

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ciencias Agrícolas

Respuesta del cultivo de la caña de azúcar  
(*Saccharum officinarum* L. Var. CP-722086) a la aplicación de  
Ca, Mg, S y Zn en el municipio de Tiquisate,  
Escuintla, Guatemala.

Trabajo de investigación presentado  
para optar al título de Ingeniero Agrónomo  
en grado de Licenciatura en Ciencias Agrícolas

Juan Manuel Obiols Estévez

Guatemala  
2005



Respuesta del cultivo de la caña de azúcar  
(*Saccharum officinarum* L. Var. CP-722086) a la aplicación de  
Ca, Mg, S y Zn en el municipio de Tiquisate,  
Escuintla, Guatemala.

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ciencias Agrícolas

Respuesta del cultivo de la caña de azúcar  
(*Saccharum officinarum* L. Var. CP-722086) a la aplicación de  
Ca, Mg, S y Zn en el municipio de Tiquisate,  
Escuintla, Guatemala.

Trabajo de investigación presentado  
para optar al título de Ingeniero Agrónomo  
en grado de Licenciatura en Ciencias Agrícolas

Juan Manuel Obiols Estévez

Guatemala  
2005

DEDICO ESTA TESIS A:

Dios.  
La Virgen María.  
Mis padres.  
Mis hermanos y hermanas.  
Mis amigos.  
Mis colegas.

## AGRADECIMIENTOS:

Dios.	Por regalarme un respiro más de vida cada día.
La Virgen María.	Por ser una guía en mi trabajo diario y un ejemplo de adoración y obediencia a Dios Padre.
Mi padre.	José Felipe. Por su apoyo incondicional siempre y por ser siempre un gran ejemplo de trabajo, dedicación, honestidad y servicio a los demás.
Mi madre.	Rita María. Un acto de remuneración a sus tantas preocupaciones por mis estudios. Lo logramos madre.
Mis hermanos y hermanas.	José Felipe y Gabriela, María José, Rita María, Rodrigo, Álvaro, Diego, Alejandro y Jimena. Espero que sepan aprovechar los buenos ejemplos familiares como lo supe hacer yo. Cuenten con todo mi apoyo siempre.
Lic. Marco Tulio Urizar.	Por su ayuda en la realización de esta Tesis.
Personal de TIGSA.	Por su apoyo en la realización de este trabajo y las enseñanzas que obtuve al realizarlo.
Mis compañeros de promoción.	Cada uno fue una influencia positiva en mi vida que me ayudó a ser quien soy ahora, suerte en la vida.
Mis amigos.	Difícil nombrarlos a todos, gracias por su amistad.

Vo.Bo.

---

Licenciado Marco Tulio Urizar.  
Asesor.

---

Doctor Rolando Cifuentes.  
Director Departamento Ciencias Agrícolas.

Tribunal examinador.

---

Ingeniero Eduardo Mendoza.

---

Doctor Rolando Cifuentes.

---

Licenciado Marco Tulio Urizar.

Fecha de aprobación: 20 de Enero del 2005.

## **PREFACIO**

Este trabajo se realizó gracias a la colaboración de Tecnología Industrial de Granulados, S.A. y del Ingenio El Pilar. El mismo se planificó con el objetivo primordial de brindar apoyo al gremio cañero de Guatemala en encontrar herramientas rentables con las que se puedan incrementar los rendimientos de la producción de la caña de azúcar, presentando como resultado final una mejor opción de fertilización. Los resultados que aquí se presentan demuestran que al fertilizar la caña de azúcar con una mezcla balanceada de nutrientes, se logra incrementar la producción y la relación beneficio / costo del área cultivada, haciendo más eficiente la producción en campo.

## RESUMEN

El cultivo de la caña de azúcar es una de las actividades agrícolas más importantes del país, debido a la generación del Producto Interno Bruto es fuente de divisas por exportación y de trabajo para miles de personas que dependen de ella directa e indirectamente. El presente trabajo pretende plantear una solución al problema actual con que se enfrentan los productores de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. var. CP-722086) en el municipio de Tiquisate, Escuintla, ya que debido a la escasez de tierra para la expansión de las zonas azucareras y la diversificación de cultivos por la cual están optando muchos agricultores, éstos se ven obligados a incrementar su productividad en la misma cantidad de área. Para llevar a cabo este trabajo, se aplicaron cinco mezclas de fertilizantes granulados al suelo para compararlos con la fertilización tradicional aplicada a la caña de azúcar, dichas mezclas contenían las mismas cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio y en distintas concentraciones el calcio, magnesio, azufre, zinc y boro. La fertilización tradicional consistió únicamente de nitrógeno, fósforo y potasio. Con el fin de demostrar la respuesta del cultivo a la fertilización con una mezcla balanceada, se evaluó el rendimiento por hectárea de caña de azúcar para cada tratamiento, y en base a esto se determinó la relación beneficio/costo de cada una de las mezclas. Como resultados se tuvo una respuesta positiva en cada una de las mezclas, siendo significativa la relación beneficio/costo en únicamente dos de ellas, Mezcla 1 (115 Kg N/ha, 42 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 27 Kg CaO/ha, 6.5 Kg MgO/ha, 16.5 Kg SO<sub>4</sub>/ha y 2 Kg ZnO/ha) y Mezcla 3 (115 Kg N/ha, 42 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 27 Kg CaO/ha, 33 Kg SO<sub>4</sub>/ha y 2 Kg ZnO/ha), por lo que se concluye que la fertilización en caña de azúcar con una mezcla balanceada tiene respuesta positiva en la producción, mejorando la relación beneficio/costo del cultivo.

## CONTENIDO

	Página
Prefacio.....	ix
Resumen.....	x
Lista de cuadros.....	xiv
Lista de gráficas.....	xv
Lista de apéndices.....	xvi
Introducción.....	1
Justificación.....	3
Objetivos.....	5
Hipótesis.....	6
Revisión de literatura	
A. La región cañera de Guatemala.....	7
1. Suelos de la región cañera de Guatemala.....	8
2. Propiedades químicas y físicas de los Suelos Andisoles.....	12
B. El cultivo de la caña de azúcar.....	14
1. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar.....	14
2. Morfología y desarrollo de la caña de azúcar.....	15
3. Variedades utilizadas en la caña de azúcar.....	16
C. Fertilización de la caña de azúcar.....	16

1. Fertilizantes.....	16
a. Definición.....	17
b. Fertilización balanceada.....	17
2. Aspectos generales de la fertilización del cultivo.....	18
a. La ley del mínimo.....	18
3. Papel de los elementos esenciales evaluados en el cultivo.....	18
a. Elementos primarios.....	18
b. Elementos secundarios.....	19
1) El calcio en las plantas.....	19
a) El calcio en la nutrición de la caña de azúcar.....	20
2) El magnesio en las plantas.....	21
a) El magnesio en la nutrición de la caña de azúcar.....	22
3) El azufre en las plantas.....	22
a) Azufre y nitrógeno.....	23
b) El azufre en la nutrición de la caña de azúcar.....	23
c. Microelementos.....	24
1) El zinc en las plantas.....	24
a) El zinc en la nutrición de la caña de azúcar.....	24
Materiales y métodos.....	25
A. Localización.....	25
B. Clima.....	25

C. Suelo.....	25
D. Variedad utilizada.....	26
E. Programa de fertilización.....	26
F. Plan experimental.....	27
G. Variables de respuesta.....	28
H. Análisis.....	28
Cronograma de actividades.....	30
Resultados.....	31
Discusión de resultados.....	34
Conclusiones.....	36
Recomendaciones.....	37
Bibliografía.....	38
Apéndices.....	40

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Evolución de la producción de caña de azúcar en Guatemala durante los años 1991 – 2000.....	8
2. Variedades de caña de azúcar utilizadas en Guatemala en la zafra 2000 a 2001.....	16
3. Datos meteorológicos de la región de Tiquisate, Escuintla 2001.....	25
4. Análisis de suelo del sitio experimental.....	26
5. Programas de fertilización .....	27
6. Cronograma de actividades.....	30
7. Producción en toneladas métricas por hectárea 2003.....	31
8. Resumen del análisis estadístico.....	32
9. Prueba de medias de Tukey.....	33
10. Relación beneficio/costo de la aplicación para cada una de las mezclas propuestas.....	33

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica	Página
1. Mapa de la región cañera de Guatemala.....	7
2. Mapa de clasificación de suelos del departamento de Escuintla.....	9
3. Medias de producción en toneladas de caña por hectárea 2003.....	31

## LISTA DE APÉNDICES

Apéndice	Página
1. Distribución de los tratamientos en el ensayo de finca.....	40
2. Datos de campo.....	41
3. Preparación de las mezclas de calcio, magnesio, azufre y zinc.....	42
4. Especificaciones del amoníaco anhídrido.....	42
5. Especificaciones del Tigsamag+Zn.....	43
6. Especificaciones del Azufertil+Zn.....	44
7. Especificaciones del FGM.....	45

# I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) fue traída a América por Cristóbal Colón en su segundo viaje a las Antillas. Se plantó por primera vez en 1493 en la isla de la Española (actualmente República Dominicana y Haití) y el primer ingenio se estableció en ese mismo lugar en 1516 (Rivero, 1979).

La caña de azúcar es uno de los cultivos más importantes en la economía del país. Contribuye con el 19.4% del valor de la producción agrícola y aproximadamente el 8.36% del Producto Interno Bruto (PIB). Además representa el 65% de las exportaciones agrícolas de Guatemala. Esta actividad productiva demanda una enorme cantidad de mano de obra y provee alrededor de 40,400 empleos permanentes ([www.maga.gob.gt](http://www.maga.gob.gt)).

Actualmente se siembran alrededor de 200,000 hectáreas a nivel nacional. Los departamentos donde se encuentra presente este cultivo son: Escuintla, Suchitepéquez, Santa Rosa y Retalhuleu. Durante la zafra 2,001 – 2,002 se produjeron 15.549,700 toneladas métricas de caña de azúcar, con un rendimiento promedio de 77.8 t/ha. De la producción nacional de azúcar, el 75.15% es para exportación y el 24.85% restante es para el consumo interno. Debido a que la mayor parte del azúcar es para la exportación, este cultivo influye considerablemente en las divisas nacionales ([www.maga.gob.gt](http://www.maga.gob.gt)).

Para mantener los niveles de producción y calidad de la caña de azúcar se han utilizado diversos métodos y materiales para la fertilización, tratando de optimizar los rendimientos en la producción de este cultivo. Se han utilizado fertilizantes sólidos granulados, pulverizados solubles en agua, líquidos y gasificantes que pueden ser aplicados al suelo y a la planta en diferentes etapas de su ciclo vegetativo.

En Guatemala se han realizado investigaciones sobre el tema de fertilización en la caña de azúcar, principalmente con los nutrientes Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), así como varios factores asociados que influyen directamente en su utilización, siendo éstos de carácter genético, fisiológico y ambiental. Se han realizado muy pocos estudios con elementos secundarios (Calcio, Magnesio y Azufre) y micronutrientes (Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso, Molibdeno, Boro y Cloro).

El presente estudio evaluó la respuesta del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. Var. CP-722086) a la aplicación de calcio, magnesio, azufre y zinc en diferentes formulaciones para establecer una fórmula más adecuada para la fertilización de este cultivo en la región de Tiquisate, Escuintla. De esta manera se pudo establecer cuál de las mezclas de fertilizantes presenta una mejor relación beneficio/costo.

## II. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo que representa el 65% de la producción agrícola de Guatemala, influyendo enormemente en el PIB. Con este cultivo se generan alrededor de 40,400 empleos directos en las regiones cañeras de Guatemala. No es muy exigente en suelos de primera clase; sin embargo los resultados en rendimiento y calidad pueden ser extraordinarios si es plantado en suelos fértiles, profundos y de buen drenaje. Se adapta a diversos tipos de suelos; desde suelos arenosos a suelos arcillosos y suelos con valores de pH de fuertemente ácidos (pH=4.5) a suelos alcalinos (pH=8), sin embargo se logra un desarrollo excelente en suelos de pH 6.0 a 6.5. Es evidente que el rango adecuado de pH depende si la caña, a un pH bajo, pueda cubrir su demanda de calcio y magnesio o por el contrario la de hierro y otros micronutrientes en caso de pH alto. La elevada exigencia de nutrientes de la caña de azúcar produce el rápido agotamiento del suelo especialmente cuando se maneja como monocultivo; por lo que el requisito primordial para obtener mayores rendimientos es proporcionar una fertilización balanceada.

Para formular un plan balanceado de fertilización para la caña de azúcar es recomendable realizar un análisis de suelo. Se debe evitar suministrar dosis de fertilización demasiado pequeñas, incapaces de satisfacer la demanda nutricional para una determinada meta de rendimiento, o bien suministrar cantidades excesivas. Esto hace del análisis de suelo una de las mejores herramientas para determinar qué nutrientes y en qué cantidad deberían ser aplicados.

La fertilización balanceada de la plantación es de mucha importancia para obtener óptimos rendimientos de producción caña y de azúcar por unidad de área.

Debido a que no se cuenta con información sobre el efecto que puedan ejercer los elementos calcio, magnesio, azufre y zinc en el desarrollo y producción de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. Var. CP- 722086), se hizo necesario realizar este trabajo de investigación con la finalidad de establecer la mezcla que rinda los mejores resultados en producción de biomasa y una relación beneficio/costo más eficiente.

### III. OBJETIVOS

#### A. GENERAL

Encontrar una mejor opción de manejo de la fertilización de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. Var. CP-722086) para incrementar su productividad en suelos del municipio de Tiquisate, Escuintla.

#### B. ESPECÍFICOS

1. Determinar el efecto de la aplicación de cinco programas o mezclas de fertilizantes a base de calcio, magnesio, azufre y zinc sobre la productividad (t/ha) de la caña de azúcar en la región de Tiquisate, Escuintla.
2. Establecer qué mezcla de fertilizante es la que incide mejor en el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. Var. 722086) en esta región.
3. Determinar, mediante la relación beneficio/costo, cuál es la mejor mezcla de fertilizantes para incorporarla al plan de fertilización de la caña de azúcar.

## IV. HIPÓTESIS

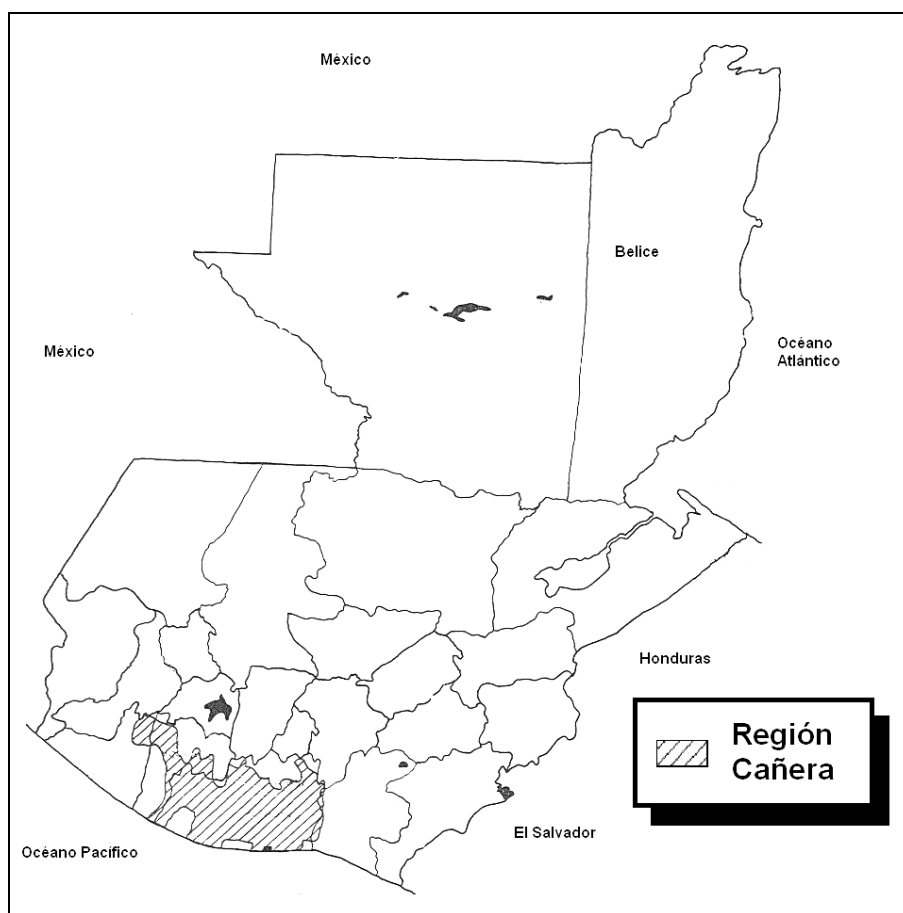
La aplicación de una mezcla balanceada de nutrientes a base de calcio, magnesio, azufre y zinc al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L. Var. CP-722086) produce un incremento en la producción y una mejor relación beneficio/costo.

## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. La región cañera de Guatemala

De acuerdo a García et al (1996), la región cañera de Guatemala se localiza en la costa sur del país. Incluye los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez, Santa Rosa y Retalhuleu (Figura 1).

**Figura No. 1.** Mapa de la región cañera de Guatemala.



(García et al 1996)

Actualmente se siembran alrededor de 200,000 hectáreas de caña a nivel nacional. Durante la zafra 2001 – 2002 se produjeron 15.549,700 toneladas métricas de caña de azúcar, obteniendo un rendimiento medio de 77.8 toneladas por hectárea. Algunos datos históricos muestran la producción de caña en los últimos años. En el mismo se aprecia que el incremento en la producción es el resultado del incremento en superficie plantada, ya que la productividad se ha mantenido igual a lo largo de los años (Cuadro No. 1) (MAGA,2004).

**Cuadro No. 1.** Evolución de la producción de caña de azúcar en Guatemala durante los años 1991 – 2000

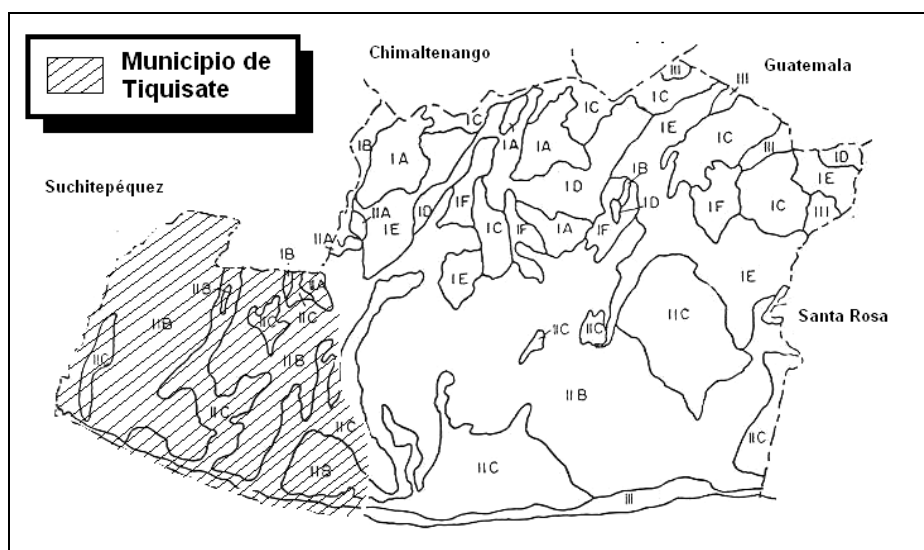
Año	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
91-92	125,700	10,403,000	82.8
92-93	128,900	10,519,500	81.6
93-4	129,300	10,848,000	83.9
94-95	138,400	12,916,600	93.4
95-96	149,700	1,303,300	87.0
96-97	174,700	14,792,800	84.7
97-98	175,000	14,617,400	83.5
98-99	180,000	17,456,400	97.0
99-00	182,000	15,459,200	84.9

FUENTE: Asazgua.

### 1. Suelos de la región cañera de Guatemala

El material sobre el cual se han desarrollado los suelos de la zona cañera de Guatemala está constituido principalmente por cenizas, lapillo, pómez y otros materiales piroclásticos, materiales aportados por las erupciones volcánicas ocurridas en diferentes épocas, principalmente durante la Época Cuaternaria. Estos materiales de cenizas han sido transportados por el viento o removidos por las aguas de escorrentía y luego transportados por los ríos que descienden de la montaña, formando depósitos recientes o antiguos, gruesos o delgados, según como haya sido la dinámica eólica o aluvial durante el depósito y la relación con las emisiones volcánicas de los piroclastos (García et al 1996).

**Figura No. 2.** Mapa de clasificación de Suelos del departamento de Escuintla<sup>1</sup>.



De acuerdo a la clasificación local realizada por Simmons et. al (1959), dentro de los suelos del Litoral del Pacífico se incluyen suelos arenosos y bien drenados del grupo IIB como las series: Achiguate, Paxinamá, Tiquisate franco y Tiquisate franco arenoso fino, así como algunos suelos mal drenados de textura pesada del grupo IIC como las series: Bucul y Tecojate (Figura No. 2).

De acuerdo con la clasificación de los suelos de la región cañera realizada por CENGICAÑA (García et. al, 1996), en la región costera de Guatemala están reconocidos seis órdenes de suelos: Entisoles, Inceptisoles, Mollisoles, Andisoles, Alfisoles y Vertisoles, los cuales se dividen en 9 subórdenes, 13 grandes grupos, 25 subgrupos y 37 familias. Algunas características generales de cada orden de suelo incluyen:

- Entisoles: Estos suelos representan el 14.8% de los suelos de la región cañera de Guatemala. La mayoría de estos suelos forman parte de los explayamientos de los ríos y demás paisajes recientes; presentan texturas muy gruesas, carecen de arcilla y materia orgánica, por lo tanto la capacidad de intercambio catiónico es baja; la saturación de bases es alta. La relación es ligeramente ácida a casi neutra, la saturación de calcio, magnesio y potasio es normal. Se caracterizan por presentar texturas gruesas: franca arenosa, arenosa franca, arenosa y a veces gravillosa. El drenaje es excesivo y la saturación de humedad es muy baja; la profundidad efectiva es superficial a poco profunda limitada por capas de texturas arenosas. No presentan desarrollo de estructura, son de grano simple y la consistencia es muy suelta. (García et al 1,996).

- Inceptisoles: Estos suelos representan el 11.4% de los suelos de la región cañera de Guatemala. Estos suelos predominan en el cuerpo y pie de los abanicos, presentan características físicas y morfológicas muy similares a los Mollisoles, por lo que se hace difícil su separación en el campo. En el cuerpo de los abanicos el clima es un poco más seco y las posibilidades de lavado disminuyen, por ello la reacción de los suelos es ligeramente ácida y tiende a neutra, la saturación de bases es moderada. El contenido de potasio es alto en la mayoría de estos suelos, lo mismo que el calcio y el magnesio. Su estructura es en bloques subangulares moderadamente desarrolladas y la consistencia friable, características favorecidas por el contenido de materia orgánica y el incremento de minerales arcillosos. Las características físicas dependen del gran grupo de suelo. Por ejemplo, el gran grupo de los Humitropepts ocupan la posición de cuerpo de los abanicos entre los andisoles y los mollisoles por lo que presentan ciertas características comunes con los andisoles, como son las texturas medias a gruesas, buena permeabilidad, buena aireación y buena retención de humedad. El drenaje es bueno, favorecido por las texturas medianas, la posición relativamente alta y la pendiente suave (García et al 1996).

- Mollisoles: Estos suelos representan el 46.4% de los suelos de la región cañera de Guatemala. De acuerdo con García et al (1996), las propiedades químicas de los mollisoles son similares a la de los Inceptisoles previamente descritos. Las propiedades físicas dependen del gran grupo de suelos. Por ejemplo, el gran grupo de los Hapludolls son de origen aluvial y coluvio-aluvial de materiales de origen volcánico retransportado y retrabajado, procesos que permiten mayor alteración de los materiales, por lo cual sus texturas son variables, aunque predominan las francas y franca finas. La permeabilidad y la aireación de

estos suelos son muy buenas. La retención de humedad es alta y está favorecida por la cantidad de materia orgánica, los materiales amorfos y por encontrarse en una pendiente plana a casi plana (García et al 1996).

- Alfisolos: Representan solamente el 1.6% de los suelos de la región cañera de Guatemala. Estos suelos presentan textura franca fina a fina y en ellos predominan las arcillas tipo 2:1. La capacidad de intercambio es alta y está determinada por la cantidad y el tipo de arcilla. La saturación de sales esta relacionada con el clima y la posición dentro del paisaje; en las partes más húmedas e inclinadas la saturación de bases es baja, en cambio en las áreas más secas y planas aumenta la saturación de bases y aun pueden presentar suelos salinos. En las partes más inclinadas la reacción tiende a ser ácida o neutra y en las zonas planas y secas tiende a ser alcalina (García et al 1996).

- Vertisoles: Estos suelos representan únicamente el 0.4% de los suelos de la región cañera de Guatemala. Las características son similares a las descritas para los Alfisolos. Las características químicas y físicas dependen del grupo de suelos. Por ejemplo, el Conjunto Yucales presenta una reacción moderada a ligeramente ácida y muy baja en los demás. La capacidad de intercambio catiónico es alta en todo el perfil. La saturación de bases es alta y la relación calcio/magnesio es normal. El contenido de potasio es muy bajo en todo el perfil, lo mismo que el fósforo aprovechable. En cuanto a elementos menores, el contenido de cobre y hierro se presenta muy bajo, en tanto que el de manganeso y zinc muy alto (García et al 1996).

- Andisoles: Representan el 25.4% de los suelos de la región cañera de Guatemala. Estos suelos se han desarrollado sobre cenizas en un clima cálido y húmedo. Se ubican en el ápice y cuerpo de los abanicos, condiciones que determinan posibilidades de lavado, dando origen a bajas saturaciones de bases y pH con fluoruro de sodio alto, mayores que 9.5. Tienen una capacidad de intercambio catiónico que va de alta a muy alta y es altamente fijador de fósforo. El contenido de potasio es alto y los contenidos de azufre y magnesio se consideran normales. Algunas características físicas de estos suelos incluyen: muy baja densidad aparente ( $<0.9 \text{ g/cm}^3$ ), alta retención de humedad, textura franca a franco arenosa y color de pardo oscuro a negro (García et al 1996).

## 2. Propiedades químicas y físicas de suelos Andisoles

Debido a que los suelos Andisoles son ricos en materia orgánica y los minerales que contienen son amorfos (alófana), éstos presentan una capacidad de intercambio catiónico alta a muy alta. Estos suelos son altamente fijadores de fósforo, razón por la cual las cantidades de este elemento en forma asimilable se presentan muy bajas. Esta propiedad es muy importante tenerla en cuenta para la fertilización fosforada, evitando el empleo de productos muy solubles, que liberan el fósforo rápidamente y permiten la fijación del misma (García et al 1996).

El contenido de potasio es alto en la mayoría de los casos, debido a la poca alteración de los materiales volcánicos que dan origen a los suelos. El calcio y el magnesio se encuentran en niveles adecuados a pesar de que son elementos fácilmente lavables y el medio en que se encuentran los suelos permite el lavado.

Los suelos ándicos como los *Haplidands*, *Melanudands*, *Fulvudands*, y con características ándicas como los *Andic Humitropepts*, *Andic Haplistolls*, tienen como característica común, ser derivados de cenizas volcánicas. Estos suelos heredan de las cenizas algunas características especiales tales como:

- Densidad aparente muy baja ( $<0.9 \text{ g/cm}^3$ ). La baja densidad es debida a la alta porosidad y al alto contenido de materia orgánica, por lo tanto los suelos presentan una buena aireación y buen drenaje.
- Retención de humedad alta debido principalmente a la formación de complejos arcillo–húmicos muy estables. Estos complejos protegen a la materia orgánica de posterior mineralización, originando alta concentración de sustancias orgánicas a pesar del clima cálido–húmedo.
- Estos suelos por derivarse de materiales piroclásticos relativamente gruesos presentan texturas franca a franco arenosas. Por otro lado, por formar complejos órgano–minerales muy estables presentan baja dispersión. Esto se traduce en que las texturas de laboratorio muchas veces no coinciden con las obtenidas en el campo, y que al no dispersar, aparecen partículas gruesas similares a las arenas, y los resultados tienden a ser texturas arenosas.
- El color en estos suelos varía de pardo oscuro hasta negro, principalmente en los horizontes superficiales debido al contenido alto de materia orgánica y a la forma en que ésta se presenta. En los horizontes inferiores los colores son pardos amarillentos, heredados del material parental.

La profundidad efectiva varía de acuerdo en la posición en que se encuentran. En las partes con pendientes fuertes pueden ser superficiales a poco profundas debido principalmente a procesos de erosión que en la mayoría de los casos puede ser muy severa. En cambio en las áreas de relieve más suave, los suelos tienden a ser más profundos pues los procesos erosivos son menores y aún pueden presentarse procesos que aporten material proveniente de las áreas más altas.

Otro limitante que presentan estos suelos es la presencia de bloques rocosos y cantos rodados principalmente en las áreas cercanas a los ápices de los abanicos.

La presencia de una colada de barro volcánico que se consolidó (talpetate) en algunas áreas también limita la profundidad efectiva, aunque su presencia es muy localizada y hace parte de los ápices de los abanicos. Como estos materiales de origen volcánico se han depositado sobre suelos o materiales pre – existentes, pueden presentarse cambios de textura contrastantes, los cuales también limitan la profundidad efectiva (García et al 1996).

## B. El cultivo de la caña de azúcar

### 1. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar

Tipo:	Fanerógamas
Sub – Tipo:	Angiospermas
Clase:	Monocotiledóneas
Orden:	Glumales
Familia:	Gramíneas
Tribu:	Andropogoneas
Género:	Saccharum
Especie:	<i>Saccharum officinarum</i> L.

(Hugot 1982)

## 2. Morfología y desarrollo de la caña de azúcar

La caña de azúcar es una planta gramínea que se caracteriza porque durante su desarrollo forma un sistema vegetativo subterráneo del cual nacen muchos tallos. A todo este conjunto se le conoce con el nombre de cepa. El tallo está formado por una serie de canutos o entrenudos y en el extremo de cada uno de ellos están insertadas las hojas en posición alterna.

El ciclo vegetativo de la caña de azúcar comprende tres etapas:

- Población del campo: corresponde al desarrollo de las cepas y abarca desde la brotación de la primera hoja hasta que el follaje de la plantación en el campo se cierra (5 a 6 meses de edad). Esta etapa es la de mayor requerimiento de agua y la humedad en la planta debe de estar por encima del 85%.
- Formación del follaje: esta etapa se refiere a la formación de sacarosa y va del final de la primera etapa hasta el inicio de la maduración. La humedad aquí debe estar entre 78 – 80%.
- Maduración: se inicia más o menos a los 9 meses de edad. Para que se obtenga una buena maduración la humedad debe bajar a un 73 – 75% en la planta.

La caña de azúcar ha sido considerada como el organismo más eficiente en el proceso de almacenar la energía lumínica del sol. Si se desea optimizar ese proceso es necesario lograr que las relaciones suelo – planta sean maximizadas. Los principales factores que controlan el desarrollo de la planta deben ser reunidos para integrar un ambiente óptimo (Fors 1985).

## 3. Variedades utilizadas en Guatemala

El género *Saccharum* comprende seis especies que difieren en su desarrollo vegetativo, su riqueza en azúcar y su resistencia a las enfermedades. Los híbridos producidos son designados por la sigla de la estación seleccionadora seguida a menudo del año de cruzamiento y del número de clon.

Las principales estaciones experimentales que realizan mejoramiento genético en caña de azúcar y sus siglas son: Barbados, Antillas Británicas (B); Canal Point y Luisiana, USA (CP); India, Coimbatore (Co); Hawai (H); Natal, África del Sur (N); Natal – Coimbatore (Nco); Proefstation Oost Java (POJ); Queensland (Q); Reunión (R); Cuba (U.C.W.) (Orozco et al 2001).

Los principales materiales utilizados en Guatemala se presentan en el Cuadro No. 2. Es evidente que la variedad más popular en nuestro país es la CP-722086.

**Cuadro No. 2.** Variedades de caña de azúcar utilizadas en Guatemala en la zafra 2000 – 2001.

Variedad utilizada	Porcentaje del área cultivada
CP – 731547	3.13
CP – 722086	72.29
CP – 721210	2.08
MEX – 68P23	4.33
PGM – 89968	2.43
PR – 872080	4.98
Otras variedades	10.76

## C. Fertilización de la caña de azúcar

1. **Fertilizantes.** Desde el comienzo de la agricultura el hombre ha tratado de mejorar sus cosechas añadiendo varios tipos de materiales al suelo, pero fue hasta el Siglo XVIII que se popularizó la aplicación de yeso (sulfato de calcio) en Europa y Estados Unidos. Conforme la ciencia fue avanzando a principios del Siglo XIX los científicos se interesaron en la química, el crecimiento de las plantas y su nutrición (Young et al 1982).

a. **Definición.** Fertilizante es cualquier material producido aplicado al suelo el cual suple las necesidades nutritivas de las plantas. Pueden ser restos de cosechas anteriores, estiércol de animales, cenizas y productos químicos (Young et al 1982).

Un fertilizante también es cualquier material procesado industrialmente que contenga uno o más nutrientes esenciales para la planta, a este fertilizante procesado se le llama “fertilizante comercial”, el cual puede ser fuente de macro y micronutrientes (Young et al 1982).

b. **Fertilización balanceada.** El término *Fertilización Balanceada* es fácil de definir pero difícil de practicar. Significa una continua disponibilidad de los 16 elementos esenciales para la planta, con ninguno de ellos en cantidades excesivas y ninguno de ellos en cantidades deficientes. Nutrición Balanceada puede significar aplicar fertilizantes para incrementar el valor nutricional de la alimentación de las plantas (Allaway 1975).

Las plantas varían sus requerimientos de un cultivo a otro, de una especie a otra y de una etapa fisiológica a otra. Algunos agricultores dicen que una fertilización balanceada es aplicar como fertilizante todos los nutrientes extraídos por la planta en el último ciclo de cultivo. El concepto de la relación planta – suelo establecido por von Liebig en 1,840 ignora completamente la capacidad del suelo de suplir nutrientes. Esta capacidad del suelo se puede determinar mediante el análisis de suelo y la planta estableciendo los niveles actuales (Beeson 1976).

2. **Aspectos generales de la fertilización del cultivo.** La caña de azúcar al igual que el resto de plantas superiores requiere de los 16 elementos esenciales (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, B, Fe, Mn, Mo, Cu y Cl) para su nutrición. De estos elementos, el C es tomado principalmente del CO<sub>2</sub> de la atmósfera y el H y O son tomados principalmente del agua. El resto de nutrientes deberán ser aportados por el suelo y en caso contrario por medio de fertilizantes químicos y orgánicos. El Silicio también se reporta como un elemento benéfico en caña de azúcar. La aplicación de los diferentes elementos se fundamenta en la ley del mínimo de Liebig.

a. **La ley del mínimo.** Justus von Liebig (1802 – 1873) propuso la “ley del mínimo”, la cual establece que “*si uno de los elementos nutritivos de la planta es deficiente en el suelo donde se encuentre dicha planta, su desarrollo será pobre no importando si los demás elementos están en abundancia*”. Basándose en esta teoría el autor concluye que si el elemento en deficiencia es aplicado por cualquier medio al suelo, el crecimiento será incrementado al punto donde este elemento deje de ser un factor

limitante. Incrementar el nivel de este fertilizante más allá de este punto no es del todo útil, ya que otro elemento puede convertirse entonces en un factor limitante (Young et al 1982).

### 3. Papel de los elementos esenciales evaluados en el cultivo:

a. Elementos Primarios. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio son los tres nutrientes que más frecuentemente se encuentran en cantidades deficientes en la mayoría de suelos y regularmente son aplicadas en forma de fertilizantes para la producción de cultivos.

El nitrógeno constituye la unidad estructural de la molécula de la proteína, forma parte integral de la clorofila y es un elemento indispensable en numerosos compuestos como aminoácidos, ácidos nucleicos, porfirinas y otros (Mengel et. al 1982). El requerimiento de N en la caña de azúcar es de 0.56 a 1.2 Kg N/t de caña producida (Zende 1990).

El fósforo es un componente estructural de los ácidos nucleicos, azúcares fosforilados y los fosfolípidos. También está involucrado en todos los procesos de transformación de energía (Galston 1961). El requerimiento de P en la caña de azúcar es de 0.38 a 0.82 Kg P/t de caña producida (Zende 1990).

El potasio actúa principalmente como un activador en el metabolismo de las proteínas y carbohidratos, participa en el movimiento de estomas y tiene funciones de regulación osmótica (Anderson, 1990). En la caña de azúcar estimula la actividad de la invertasa, peptasa y catalasa, promueve la formación y traslocación de azúcares y da resistencia a enfermedades (Kilmer et. al 1968). El requerimiento de K en la caña de azúcar es de 1.0 a 2.5 Kg K/t de caña producida (Zende 1990).

b. Elementos secundarios. El calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el azufre (S) son los macroelementos secundarios. Se denominan así ya que son requeridas por las plantas en menor cantidad que el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Sin embargo, son tan importantes como los macroelementos primarios y sus deficiencias afectan el crecimiento de la planta tanto como cualquier otro elemento esencial (Cuéllar et. al 2002).

1) El calcio en las plantas. El calcio juega un importante papel en el metabolismo del nitrógeno ya que contribuye en la reducción del nitrato para la formación de aminoácidos, interviene en la división celular, forma parte de compuestos (pectatos de calcio) en las paredes y las membranas celulares, participa en la activación de numerosas enzimas como amilasa, nucleasa y otras vinculadas con los fosfolípidos y a la adenosina trifosfato (ATP), es esencial para el crecimiento y desarrollo de las hojas y raíces y ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos (Cuéllar et. al 2002).

a) El calcio en la nutrición de la caña de azúcar. La deficiencia de calcio en la caña de azúcar puede presentarse en las hojas viejas y en las hojas jóvenes debido a que es un nutriente relativamente inmóvil dentro de la planta. En las hojas viejas se presenta como manchas cloróticas que pueden presentar síntomas similares a los de roya, por lo que éstas pueden morir prematuramente. En las hojas jóvenes pueden verse afectados los meristemos apicales, por lo que se tienen hojas inmaduras distorsionadas y necróticas. Las puntas de las hojas jóvenes se curvan hacia abajo dando una apariencia de gancho. Las puntas de las hojas apicales son a menudo necróticas y cuando la deficiencia es severa también afecta los márgenes. Se tiene presencia de pequeñas lesiones cloróticas en el centro de las áreas necróticas

que luego toman un color café rojizo oscuro. Los tallos se tornan suaves y delgados disminuyendo su diámetro hacia el punto de crecimiento (Anderson 1990).

No es común que la deficiencia de calcio en las plantas aparezca por falta de este elemento en el suelo ya que existen otras causas. Una de ellas está dada por la limitada capacidad de las plantas para absorber calcio, proceso que sólo se realiza a través de los extremos jóvenes aún no suberizados de las raíces. Debido a esto, cualquier condición que limite el crecimiento radical, restringirá la absorción de este nutriente (Cuéllar et. al 2002).

Por otra parte, el calcio ya en el interior de la planta sólo tiene movilidad acrópeta, siguiendo la dirección de la corriente transpiratoria (rara vez los iones calcio penetran desde el xilema al floema), por lo que de presentarse una deficiencia del nutriente en los puntos de crecimiento, éste no se trasladará desde los tejidos más viejos hacia el tejido deficiente. También es de destacar la competencia del calcio con otros elementos en su absorción por las plantas, particularmente con el nitrógeno amoniacal, el magnesio y el potasio. Resulta especialmente interesante la interacción entre el calcio y el nitrógeno, pues el ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) reduce la absorción del calcio, mientras que el ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) no sólo no muestra ese efecto, sino que ocasionalmente la favorece (Cuéllar et. al 2002). El requerimiento de Ca en la caña de azúcar es de 0.25 – 0.60 Kg Ca/t de caña producida (Zende 1984).

2) El magnesio en las plantas. El magnesio es el átomo central en la molécula de clorofila, por lo que participa activamente en la fotosíntesis. Es un activador de enzimas implicadas en la respiración, la fotosíntesis, el metabolismo de los carbohidratos, síntesis de los ácidos nucleicos y de las proteínas. Participa en el proceso de respiración, metabolismo y transporte interno del fósforo. Interviene además en el balance electrolítico dentro de la planta (Cuéllar et. al 2002).

a) El magnesio en la nutrición de la caña de azúcar. Los síntomas de deficiencia de magnesio en la planta se presentan en las hojas viejas como una mancha clorótica iniciándose en la punta y a lo largo de los márgenes. También se dan lesiones necróticas rojas que resultan en síntomas similares a los de la roya y la corteza del tallo puede exhibir un color café en el interior (Anderson 1990).

Sobre la asimilación de este nutriente, al igual que para los otros cationes, influyen fundamentalmente: la cantidad presente de su forma intercambiable, el porcentaje de saturación de bases, el tipo de arcilla predominante y los restantes cationes acompañantes. El antagonismo del magnesio con otros cationes, además de su significativa expresión con el potasio, se manifiesta también con el hidrógeno, el calcio y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), no así con el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) que le es sinérgico. Tanto la insuficiencia como el exceso de calcio pueden dar lugar a una carencia de magnesio (Cuéllar et. al 2002). El requerimiento de Mg en la caña de azúcar es de 0.20 – 0.35 Kg Mg/t de caña producida (Zende 1984).

3) Azufre en las plantas. El azufre se absorbe casi completamente como sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), aunque pequeñas cantidades de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) se pueden absorber por los estomas de las hojas. Este elemento forma parte de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, es constituyente de enzimas que participan en el metabolismo de azúcares, grasas, proteínas, vitaminas (biotina y tiamina) y la coenzima A.

Resulta esencial para la formación de clorofila, activa la enzima nitrato reductasa, promueve la formación de nódulos de las leguminosas e interviene en la fijación no fotosintética de CO<sub>2</sub> (Cuéllar et. al 2002).

a) Azufre y nitrógeno. Se ha sugerido que la necesidad de azufre está relacionada con la de nitrógeno disponible para las plantas, probablemente debido a que ambos son constituyentes de las proteínas, están asociados a la formación de clorofila y porque el azufre juega un papel importante en la activación de la enzima nitrato reductasa que es imprescindible para la conversión de nitrato a aminoácidos en las plantas. Análisis foliares muestran que la mayoría de las plantas contienen nitrógeno y azufre en relación 15:1, pero la caña de azúcar muestra relación 4:1; sin embargo, al desarrollar un plan de fertilización la relación entre el nitrógeno y el azufre (N:S) a aplicar se considera entre 10 y 15 (Kanwar et. al 1986).

b) Azufre en la nutrición de la caña de azúcar. Los síntomas de deficiencia de azufre en las plantas son similares a los de nitrógeno, con la diferencia que el azufre se presenta en las hojas jóvenes ya que es un elemento poco móvil dentro de la planta, mientras la deficiencia de nitrógeno suele iniciarse en hojas viejas por ser un elemento móvil dentro de la planta. En las hojas jóvenes de las plantas deficientes en S los meristemos apicales permanecen vivos, las hojas inmaduras presentan varios grados de clorosis pero no se marchitan. Las hojas jóvenes presentan una clorosis uniforme (verde tierno), puede desarrollarse un ligero color púrpura, las hojas son angostas y más pequeñas de lo normal. Además, los tallos son muy delgados (Anderson 1990).

La caña de azúcar por lo general cubre sus necesidades de azufre a partir de las reservas naturales del suelo, principalmente por mineralización de la materia orgánica, por el aporte que realizan las lluvias y el agua de riego. Por otra parte, durante algún tiempo se utilizaron fertilizantes nitrogenados y fosfóricos (sulfato de amonio y superfosfato sencillo) de los que el azufre forma parte. Por consiguiente, no ha sido usual la atención del agricultor hacia los requerimientos de azufre (Bornemisza 1990). El requerimiento de S en la caña de azúcar es de 2.0 – 2.7 Kg SO<sub>4</sub>/t de caña producida (Zende 1984).

### c. Microelementos

1) Zinc en las plantas. El zinc es esencial en la planta como regulador del ácido indol-3-acético (IAA) que es una hormona de crecimiento. La actividad de varias enzimas como anhidrasa carbónica, alcohol de deshidrogenasa y piridina nucleótica de hidrogenasa dependen de la presencia de este elemento. También participa en la formación de clorofila, uso eficiente del agua, síntesis proteica y equilibrio ácido – base. El zinc es un elemento más o menos móvil en la planta (Anderson 1990).

a) Zinc en la nutrición de la caña de azúcar. Las deficiencias de zinc en la caña de azúcar se muestran como rayas cloróticas en la lámina de las hojas permaneciendo verdes los márgenes y la nervadura central. Los entrenudos se acortan y los tallos se vuelven finos y elásticos (Anderson 1990).

La deficiencia de zinc puede acentuarse en suelos calcáreos o alcalinos, así como en suelos altamente sódicos bajo condiciones de sequía que han recibido altas aplicaciones de fósforo y muriato de potasio (KCl) en bandas (Anderson 1990). El requerimiento de Zn en la caña de azúcar es de 2.5 a 6.0 gramos Zn/t de caña producida (Zende 1984).

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Localización del estudio

El estudio se realizó en la Finca Camelias Norte ubicada en el Km. 107 carretera a de Tiquisate, Escuintla. Se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas:

14°18'17.84"      Latitud Norte  
91°19'30"      Longitud Oeste

### B. Clima

El municipio de Tiquisate se encuentra en lo que se denomina la Planicie Costera del Pacífico. Esta región se extiende desde el departamento de San Marcos hasta Jutiapa, con elevaciones de 0 a 300 metros sobre el nivel del mar. Las lluvias tienden a disminuir conforme se llega al litoral marítimo y algunas veces se presentan deficiencias durante parte del año. Las temperaturas de la región son usualmente altas (Cuadro No. 3).

En esta región existen climas de tipo cálido sin estación fría bien definida, con carácter húmedo y con invierno seco a semiseco (INSIVUMEH 2004).

Cuadro No. 3. Datos meteorológicos de la región de Tiquisate, Escuintla. 2001.

Elevación	Temperaturas absolutas	Precipitación	Humedad relativa
m.s.n.m.	min. – máx. (°C)	milímetros	(%)
70	34.1 – 18.1	2,016	75

### C. Suelo

El suelo de la Finca Camelias Norte pertenece a la franja de los Suelos de Litoral del Pacífico de Guatemala. Estos son suelos profundos que se desarrollaron sobre depósitos marinos aluviales de color oscuro, en un clima cálido, húmedo – seco. De acuerdo a García et al (1996), el suelos pertenece al grupo de los suelos Andisoles.

Cuadro No. 4. Análisis de suelo del sitio experimental.

Textura	pH	meq/100 ml suelo				ug/ ml suelo					%
		Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	S	
Franco arenoso	6.4	-	4.0	0.6	0.4	71	-	-	-	8.0	8.5
<i>NIVEL ADECUADO</i>	<i>5.5-6.5</i>	<i>&lt;1</i>	<i>4.5</i>	<i>1.2</i>	<i>0.3</i>	<i>12</i>	<i>2-4</i>	<i>5-20</i>	<i>1-3</i>	<i>10-100</i>	<i>3-6</i>

NOTA: Los niveles adecuados del análisis de suelo fueron proporcionados por Analab.

Los resultados del análisis de suelo se presentan en el Cuadro 4. Se puede apreciar que el suelo es ligeramente ácido, las bases intercambiables están en desbalance: niveles bajos de calcio y magnesio y niveles muy altos de potasio. Los niveles de fósforo se encuentran medianamente altos y el porcentaje de materia orgánica en el suelo es ligeramente alto.

## D. Variedad de la caña de azúcar

La variedad con la que se trabajó fue la CP- 722086.

## E. Programa de fertilización

La fertilización general se siguió de acuerdo al plan general de la finca y estuvo basado en un análisis de suelo de la Finca Camelias Norte. El programa de fertilización consistió en:

Fertilización base:	90 Kg/ha de triple super fosfato (0-46-0) Granulado al momento de la siembra.
Primera aplicación:	70 Kg/ha de amoníaco anhidro (82-0-0) Inyectado al suelo 75 días después de la siembra
Segunda aplicación :	70 Kg/ha de amoníaco anhidro (82-0-0) Inyectado al suelo 105 días después de la siembra

Los programas de fertilización evaluados consistieron de 5 mezclas granuladas a base de Ca, Mg, S y Zn (Cuadro No. 5), las cuales se aplicaron al suelo a los 85 días después de la siembra.

Cuadro No. 5. Programas de fertilización (Kg/ha).

Número de mezcla	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SO <sub>4</sub>	ZnO
1	115	42	-	27.0	6.5	16.5	2.0
2	115	42	-	-	50.0	-	-
3	115	42	-	27.0	-	33.0	2.0
4	115	42	-	27.0	13.0	-	2.0
5	115	42	-	27.0	9.1	9.9	2.0
6 (control)	115	42	-	-	-	-	-

La preparación de cada mezcla puede observarse en el Apéndice No. 3. Los productos utilizados para la preparación de las mezclas de fertilizantes fueron:

Amoníaco anhídrido	82% N (82-0-0) (Apéndice 4)
Triple súper fosfato	46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (0-46-0)
Tigsamag+Zn	27% CaO, 13% MgO, 2% ZnO (Apéndice 5)
Azufertil+Zn	27% CaO, 33% SO <sub>4</sub> , 2% ZnO (Apéndice 6)
FGM	50% MgO (Apéndice 7)

## F. Plan experimental

1. Tratamientos y diseño experimental. Se evaluaron 6 tratamientos: 5 con mezclas de fertilizantes y uno con la fertilización tradicional de N-P-K que se utilizó como control. Cada tratamiento tuvo 3 repeticiones y los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de bloques al azar (Apéndice 1).

Cada unidad experimental consistió de 10 surcos de 303 metros de largo x 1.50 metros de ancho. La parcela bruta fue de 4,545 m<sup>2</sup>. Como parte de la parcela neta se cosecharon todos los surcos ya que no se dejaron surcos bordes.

2. **Manejo agronómico del cultivo y aplicación de los tratamientos.** Aunque el trazado del ensayo de campo, la aplicación de los tratamientos y la toma de datos estuvo a mi cargo, el manejo agronómico del cultivo se ejecutó de acuerdo al calendario de actividades del personal de la Finca, quienes realizaron las actividades de: muestreo de suelos, siembra, riego, monitoreo de plagas, fertilización general y cosecha. Estas actividades no estuvieron contempladas dentro de los resultados del estudio por lo que no se intervino en ello.

## G. Variables de respuesta

La variable dependiente del estudio fue la producción de biomasa expresada en toneladas métricas por hectárea (t/ha). La variable independiente fue las mezclas de fertilizantes aplicadas.

Las variables que se evaluaron para determinar la relación beneficio/costo fueron: el costo extra por aplicación, ingreso en US \$/ha por venta de caña y beneficio en US \$/ha a al fertilizar con las mezclas propuestas.

## H. Análisis

1. **Estadístico.** Se determinó la media aritmética de la biomasa al momento de la cosecha como medida de tendencia central para cada una de las parcelas experimentales. Para establecer si existían diferencias estadísticamente significativas se utilizó el análisis de varianza con  $P\alpha=0.05$  de error y 95% de confianza para evitar Error de tipo I. Para discriminar entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey.

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete PHStat Statistical Add-in para Microsoft Excel.

2. **Económico.** Cada tratamiento se evaluó desde el punto de vista económico con el fin de establecer la relación beneficio/costo y de esa forma determinar el plan más atractivo para el productor.



## VII. RESULTADOS

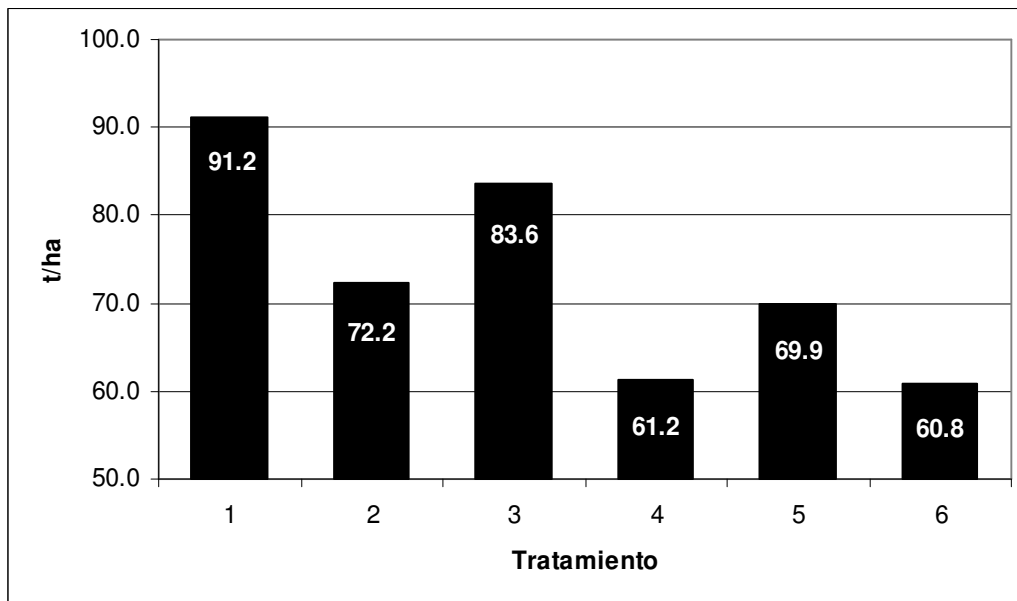
Los resultados obtenidos en el estudio se presentan en el Cuadro No. 7.

Cuadro No. 7. Producción en toneladas métricas por hectárea. 2003.

Tratamiento	Repeticiones			Media
	A	B	C	
1	95.6	97.1	81.0	91.2
2	86.2	73.7	56.7	72.2
3	103.1	85.9	61.8	83.6
4	79.4	55.5	48.6	61.2
5	74.5	83.7	51.6	69.9
6 (control)	68.9	64.5	49.1	60.8

Con base en las medias aritméticas de producción de cada tratamiento se presenta la distribución histográfica en la Gráfica No. 1.

Gráfica No. 1. Medias de producción en toneladas métricas de caña por hectárea. 2003



## A. Análisis estadístico

A continuación (Cuadro No. 8) se presenta el resumen del análisis estadístico.

Cuadro No. 8. Resumen del análisis estadístico.

### TABLA DE DATOS

VARIABLE: Rendimiento (t/ha)

<i>Tratamiento</i>	BLOQUES		
	1	2	3
1	95.6	97.1	81.0
2	86.3	73.7	56.7
3	103.1	85.9	61.8
4	79.4	55.5	48.6
5	74.5	83.7	51.6
6	68.9	64.5	49.1

### ANALISIS DE VARIANZA

<i>Fuente de Variación</i>	<i>gl</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P&gt;F</i>
Tratamientos	5	2228.273	445.654	8.509	0.003
Bloques	2	2218.938	1109.469	21.185	0.000
Error	10	523.711	52.371		
Total	17	4870.922			

C.V.= 9.9%

### TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA (t/ha)
1	91.2
2	72.2
3	83.6
4	61.2
5	69.9
6	60.8

Con el fin de establecer las diferencias entre las mezclas aplicadas y con el control se realizó la prueba de Tukey. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 9. Prueba de medias de Tukey.

<i>Tratamiento</i>	<i>Media (t/ha)</i>	
1	91.2	A
3	83.6	AB
2	72.2	ABC
5	69.9	BC
4	61.2	C
6 (Control)	60.8	C

NOTA: los tratamientos con la misma letra son iguales entre sí ( $p > 0.05$ ,  $w = 20.5$  t/ha).

## B. Análisis Económico

En el Cuadro No. 10 se presenta la relación beneficio/costo para cada una de las mezclas aplicadas.

Cuadro No. 10. Relación beneficio/costo de la aplicación para cada una de las mezclas propuestas<sup>1</sup>.

Mezcla	Costo extra por mezcla US\$/ha	Rendimiento obtenido en t/ha	Ingreso por venta de caña (US\$/ha)	Beneficio extra de cada mezcla (US\$/ha)	Relación B/C
1	15.5	91.2	833.57	277.86	17.9 / 1
2	36	72.2	659.91	104.20	2.9 / 1
3	16	83.6	764.10	208.39	13.0 / 1
4	15	61.2	559.37	3.66	0.2 / 1
5	15.3	69.9	638.89	83.18	5.4 / 1
6 (Control)	0	60.8	555.71	-	-

<sup>1</sup> Precio de venta de caña puesta en la finca: US \$ 9.14 / t.

## VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El plan de fertilización se desarrolló a partir del análisis de suelo. Con esta base se decidió aplicar el 100% de la dosis de nitrógeno (N). A pesar del nivel ligeramente alto de fósforo (P) en el suelo, debido a su poca movilidad se aplicaron 18.1 Kg/ha de este elemento. No se consideró la aplicación de potasio (K) ya que dicho elemento se encuentra en un nivel muy alto y su movilidad es aceptable en el suelo. Las concentraciones de calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y zinc (Zn) variaron en los cinco tratamientos para apreciar la respuesta en el rendimiento del cultivo. En los tratamientos en los que se aplicó calcio la dosis fue de 27 Kg CaO /ha ya que este elemento se encuentra en niveles bajos. El magnesio se aplicó de 6.5 Kg MgO/ha a 50 Kg MgO/ha para mantener la relación de bases intercambiables y aportar este elemento debido a su importancia en la formación de la clorofila. El azufre se aplicó de 9.9 Kg SO<sub>4</sub>/ha a 33 Kg SO<sub>4</sub>/ha, ya que el nivel en el suelo es bajo. Este elemento mejora la absorción del nitrógeno. El zinc se aplicó a una dosis de 2 Kg ZnO/ha debido a su buena respuesta en el desarrollo del tallo en las gramíneas.

En el cuadro No. 7 se presentan los rendimientos en toneladas métricas por hectárea para cada una de las unidades experimentales. Se puede observar que el tratamiento con la mezcla 1 fue el que aumentó más la producción, obteniendo 91.2 t/ha. Esto es un incremento de biomasa del 50,0% con respecto al control. El tratamiento con la mezcla 2 presentó un promedio de 83.6 t/ha, incrementando la producción de biomasa en un 37.5% con respecto al control. Las demás mezclas de fertilización también presentaron ligeros incrementos respecto al control. La gráfica 1 muestra las medias de producción de cada uno de las mezclas para una mejor comprensión de los resultados.

El resumen del análisis estadístico presenta un valor de fósforo mucho menor de 0.05, por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

En el cuadro No. 9 se presentan los resultados de la prueba de Tukey. Se observa que únicamente las mezclas 1 y 3 son las que presentan diferencias significativas con respecto a la mezcla control; sin embargo, al compararlas entre sí no muestran diferencia significativa entre ellas, por lo que la decisión de aplicar alguna de estas dos mezclas depende del análisis económico.

Para el análisis económico (cuadro 10) se estimó un precio de venta de la caña de azúcar de US \$9.14/t puesto en la finca, sin considerar el costo de acarreo y transporte. Se consideró el costo extra por la aplicación de cada mezcla tomando como referencias el costo del producto en sí y el costo de aplicación. Se calculó el ingreso extra que se obtiene con cada una de las mezclas. La mejor relación beneficio/costo la presentó la mezcla No. 1 con una relación de 17.9 / 1. Con esta mezcla se aplicaron 115 Kg N/ha, 42 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 27 Kg CaO/ha, 6.5 Kg MgO/ha, 16.5 Kg SO<sub>4</sub>/ha y 2 Kg ZnO/ha. Lo anterior hace evidente la aplicación de la mezcla 1 dentro del plan de fertilización ya que aparte de producir un incremento en la productividad del cultivo también presenta una mejor relación beneficio/costo, siendo por lo tanto, el tratamiento de mayor atractivo económico para el productor.

## IX. CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis de varianza se encontró que la respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de una mezcla balanceada de nutrientes fue positiva, incrementando significativamente el rendimiento por unidad de área.
- De acuerdo a la prueba de Tukey, el empleo de la mezcla No. 1 (115 Kg N/ha, 42 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 27 Kg CaO/ha, 6.5 Kg MgO/ha, 16.5 Kg SO<sub>4</sub>/ha y 2 Kg ZnO/ha) dentro del plan de fertilización presentó la mayor diferencia estadísticamente significativa de los tratamientos con relación al control en un 50% respecto al control (60.8 t/ha).
- Con base en el análisis económico la aplicación de la mezcla No. 1 presentó la mejor relación beneficio/costo (B/C = 17.9/1).

## X. RECOMENDACIONES

- La mezcla No. 1 es la mejor opción a aplicar al cultivo en adición a la fertilización tradicional de N-P-K en la región de Tiquisate, departamento de Escuintla, Guatemala.
- Se recomienda continuar con este tipo de estudios que contribuyan al mejoramiento de la producción cañera y un aumento en las utilidades de los productores, para brindar una mejor calidad de vida de los sectores poblacionales relacionados directa e indirectamente con este cultivo.

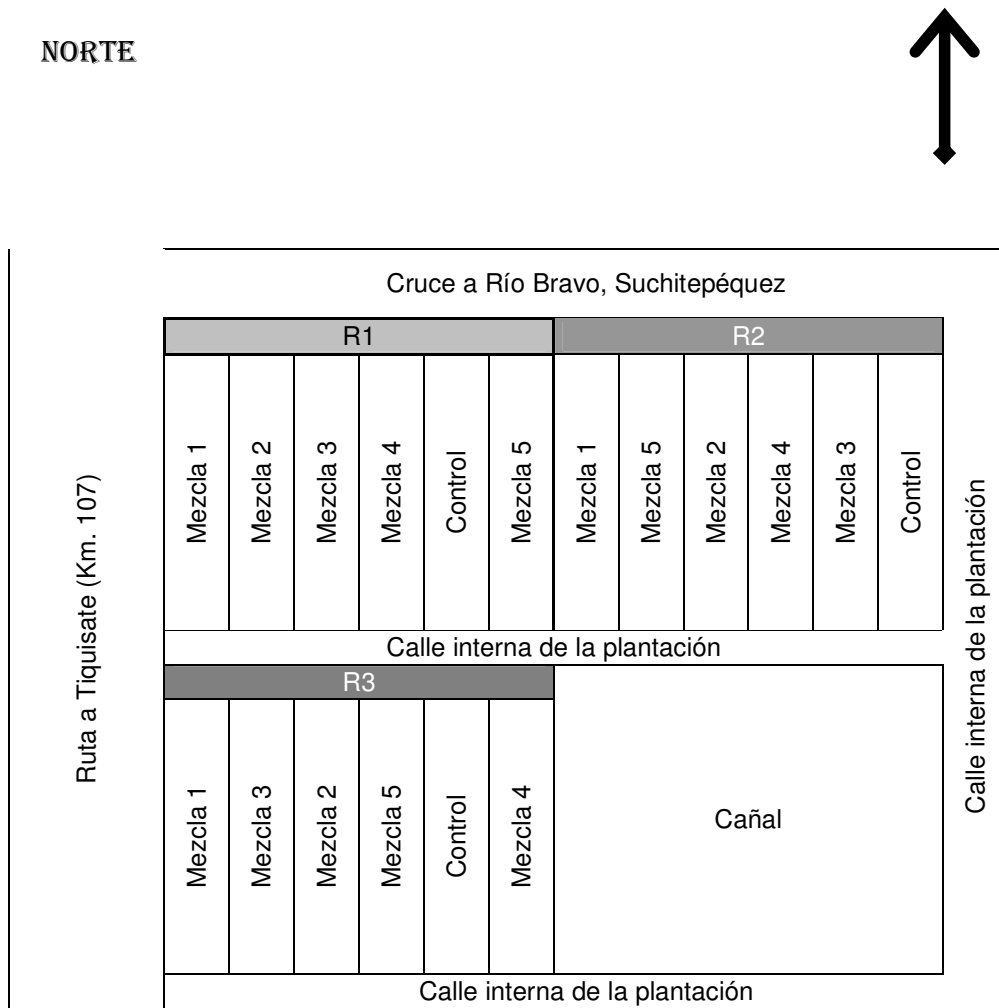
## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Allaway, W.H. The Effect of Soils and Fertilizers on Human and Animal Nutrition. Agriculture Information Bulletin No. 378, 1,975. USDA – Agricultural Research Service, USDA – Soil Conservation Service and Cornell University Agricultural Experiment Station. Supt. of Documents, Washington, D.C.
- Anderson, D.L.; Bowen, J.E. 1990. Sugarcane Nutrition. Potash & Phosphate Institute. Atlanta, USA. 39 pp.
- Beeson, K.C.; Gerard, M. 1976. The Soil Factor in Nutrition: Animal and Human. Marcel Dekker, Inc. New York. 147 pp.
- Bornemisza, E. 1990. Problemas del azufre en suelos y cultivos de Mesoamérica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 104 pp.
- Cuéllar, I.; Villegas, R.; De León, M.; Pérez, H. 2002. Manual de Fertilización de la Caña de Azúcar en Cuba. Editorial Publinca. Ciudad de la Habana, Cuba. 127 pp.
- Galston, A.W. 1961. The Life of the Green Plant. Prentice Hall. Foundation of Modern Biology Series. New Jersey, USA. 47 pp.
- García, A.; Martínez, F.; Ruiz, E.; Rodríguez, I.; Varela, J. 1996. Estudio Semidetallado de Suelos de la Zona Cañera del Sur de Guatemala. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. Segunda Edición. Guatemala, C.A. 216 pp.
- Fors, A. 1985. La madurez de la caña de azúcar. Memorias del VI congreso azucarero de ATACA. Guatemala. 203 pp.
- Young, R.; Johnson, F.; Hignett, T.P. 1982. The Fertilizer Handbook. The Fertilizer Institute. Washington, D.C. 274 pp.
- Hugot, E. 1982. Manual para Ingenieros Azucareros. Editorial Continental. 756 pp.
- Kanwar, J.S., Mudahar, M.S. 1986. Fertilizer sulfur and food production. M. Nijhoff/Dr. W. Junk Publ. Dordrecht, Holland. 247 pp.
- Kilmer, V.J.; Younts, S.E.; Brady, N.C. 1968. The Role of Potassium in Agriculture. Proceedings of Symposium Alabama, USA. 384 pp.
- Mengel, K.; Kirkby, E.A. 1982. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. 3<sup>rd</sup> Edition. Worblauten Bern, Switzerland. 436 pp.
- Orozco, H.; Ceballos, L. 2001. Dinámica varietal de la agroindustria y composición de variedades por estrato altitudinal. En memoria de la presentación de resultados de investigación, zafra 2,000 – 2,001. Censo de variedades de caña de azúcar en Guatemala. Cengicaña. 6 – 20 pp.
- Penagos S. 1999. Aseguramiento de la Calidad en la Caña de Azúcar. Tesis Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, C.A.
- Pagano, R. 1998. Estadística para las Ciencias del Comportamiento. Quinta edición. Internacional Thomson Editores. México, DF. 548 pp.

- Rivero, N. 1979. El mundo de la política azucarera. Sugar yearbook. 170 pp.
- Salazar, Carlota. 2003. Evaluación espectrofotométrica del color de soluciones acuosas de azúcar de caña de los tipos refino, patrón y superior provenientes de los ingenios de Guatemala. Tesis Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, C.A.
- Simmons, Ch.; Tárano, J.; Pinto, J. 1959. Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala. Editorial del Ministerio de Educación Pública “José de Pineda Ibarra”. Guatemala, C.A.
- United Nations Industrial Development Organization. “Draft Worldwide Study of the Fertilizer Industry, 1975 – 2000”. International Centre for Industrial Studies. Vienna, Austria. Nov.16 – 18, 1976.
- INSIVUMEH. *Datos meteorológicos de las cabeceras departamentales de Guatemala*. [en línea]. 2004. <<http://www.insivumeh.gob.gt/metereología/ESTADISTICAS.htm>> [Consulta: Julio 2004].
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. *El cultivo de la caña de azúcar*. [en línea]. 2004. <[www.maga.gob.gt/download/UPIE/fichas/caña.pdf](http://www.maga.gob.gt/download/UPIE/fichas/caña.pdf)> [Consulta: Marzo 2004].
- Zende, G.K. 1984. Efficient use of Fertilizers for Increasing Sugarcane Productivity. 34th Convention of D.S.T.A., Pune, India.

## XII. APÉNDICES

APÉNDICE 1. Distribución de los tratamientos en el ensayo de finca.



## APÉNDICE 2. Datos de campo

Repetición	Surcos	Número de mezcla	Peso parcela	Rendimiento extrapolado
			t/unidad experimental	t/ha
A	1 - 10	1	43.04	95.6
A	11 - 20	2	39.27	87.3
A	21 - 30	3	46.91	104.2
A	31 - 40	6 (control)	36.14	80.3
A	41 - 50	4	31.51	70.0
A	51 - 60	5	31.20	69.3
B	61 - 70	1	43.71	97.1
B	71 - 80	5	37.90	84.2
B	81 - 90	2	33.56	74.6
B	91 - 100	4	29.34	65.2
B	101 - 110	3	39.10	86.9
B	111 - 120	6 (control)	25.28	56.2
C	1 - 10	1	36.43	81.0
C	11 - 20	6 (control)	34.40	76.4
C	21 - 30	2	39.69	88.2
C	31 - 40	5	36.10	80.2
C	41 - 50	4	34.01	75.6
C	51 - 60	3	43.29	96.2

NOTA: Área de cada parcela = 4,545 m<sup>2</sup> = 0.45 Has.

## APÉNDICE 3. Preparación de las mezclas de Ca, Mg, S y Zn

Mezcla	Tigsamag+Zn	Azufertil+Zn	FGM
	%		
1	50	50	-
2	-	-	100
3	-	100	-
4	100	-	-
5	70	30	-
6 (control)	-	-	-

## APÉNDICE 4. Especificaciones del amoníaco anhídrido

Punto de licuefacción:	A 20 °C su punto de licuefacción es 8,4 Kg./cm <sup>2</sup> . A temperatura y presión ambiente, 1L de NH <sub>3</sub> licuado produce 486 L de vapor (8m <sup>3</sup> ). En un tanque se establecen fases (líquida y gaseosa) por lo que no se debe llenar a más de 85% de su capacidad.
Alta higroscopicidad	A 20°C en una unidad de agua pueden disolverse 684 unidades de amoníaco gaseoso.
Alto contenido de N	Contiene 82% de N, casi dos veces el nitrógeno de la urea, tres el del nitrato de amonio y más de cuatro el del sulfato de amonio.
Reacción alcalina	En NH <sub>3</sub> al disolverse en agua forma una disolución alcalina (hidróxido amónico), con concentraciones débiles de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> y OH <sup>-</sup> . Reacciona con el cobre, por lo que no deben utilizarse en su manipulación tuberías de ese metal.
Olor irritante	Se identifica con facilidad.
Punto de ebullición	Es en -33°C. Cuando se inyecta al suelo en forma de gas licuado, se gasifica casi instantáneamente y ocupa un volumen mucho mayor.
Densidad	Más ligero que el aire, los operadores deben colocarse con el aire a la espalda. Su densidad a 15°C es de 0,616 g/cm <sup>3</sup>
Color	es incoloro. Cuando escapa a la atmósfera en forma líquida adquiere un color blanco debido al agua que absorbe.
Es una refrigerante	Al evaporarse un g de amoníaco absorbe 317,6 calorías, calor suficiente para congelar 4 g de agua.
No es inflamable	Sólo es inflamable a 645°C y con 16 a 25% de O <sub>2</sub> .

## APÉNDICE 5. Especificaciones del Tigsamag+Zn



### HOJA DE INFORMACIÓN TÉCNICA

#### Fabricante:

- Tecnología Industrial de Granulados, S.A.
- PBX: (502) 23602614, Fax: (502) 23391663
- e-mail: [tigsa@tigsa.com.gt](mailto:tigsa@tigsa.com.gt)
- [www.tigsa.com.gt](http://www.tigsa.com.gt)

#### Descripción General:

- Fertilizante 100% Natural
- Gránulos Dispersables

#### Propiedades Químicas y Físicas:

- Calcio (CaO): 27 – 28%
- Magnesio (MgO): 13 – 14%
- Zinc (ZnO): 2%
- Forma: Granulados Esféricos
- Granulometría: 90% 2 – 4mm
- Color: Café
- Densidad: 70 lb./cf.
- Resistencia: > 2kg./grano
- Dispersabilidad en el suelo: 100% (mesh >200)
- Humedad: máx. 1.5%

#### Ingredientes Activos:

- Magnesio y Calcio como Carbonato: 55%
- Magnesio y Calcio como Oxido: 25%
- Oxido de Zinc: 10%
- Encapsulador Orgánico: 2%
- Estabilizador y Material de Enlace (Orgánico): 8%

#### Función General:

- Fertilizante 100% natural en gránulos dispersables que funciona como fuente de Calcio, Magnesio y Zinc; así como enmendador de suelos ácidos.

#### Usos Principales:

- Aplicación directa al suelo.
- Incorporación a fertilizantes sólidos formulados mediante "blending" o mezcla física.

#### Ventajas:

##### Granulometría Uniforme

- El tamaño de las partículas es uniforme e ideal para "blending" o mezclas físicas.

##### Resistencia al Rompimiento

- Todos los fertilizantes Tigsa, tienen una resistencia a la rotura mayor a 2kg./grano, ideal para soportar operaciones de transporte, manejo y aplicación.

##### Buena Asimilación

- Se disuelve fácilmente en el suelo, para hacerse rápidamente disponible por las plantas.

#### Sin generación de Polvo

- Por su encapsulador orgánico, evita la generación de polvo, permitiendo aplicaciones limpias y seguras para la salud del aplicador.

#### Presentación:

- Bolsas de polipropileno de 25 Kg.

#### Almacenamiento:

- Almacenarlo en su empaque original cerrado en un lugar fresco y bajo techo.

#### Precauciones:

- Lea cuidadosamente las instrucciones.
- No se transporte ni almacene junto a productos alimenticios o forrajes.
- Personas menores de 18 años de edad no deben manejar este producto.
- No coma, fume o beba durante la aplicación de este producto.
- Evite contaminar depósitos de agua, abrevaderos o agua corriente.
- Al terminar sus labores, báñese y póngase ropa limpia.

#### Instrucciones para su uso:

- Puede ser aplicado en cualquier cultivo: cereales, hortalizas, leguminosas, oleaginosas, cultivos perennes y frutales caducifolios o tropicales, aplicado solo al suelo, con el sustrato en invernaderos, con el suelo del almácigo, o en mezcla con los fertilizantes sólidos utilizados, ya sea en presiembra, al momento de la siembra o después de la emergencia del cultivo.

#### Compatibilidad:

- Es compatible con todo fertilizante sólido para aplicarse al suelo.

#### Fitotoxicidad:

- No es fitotóxico en las dosis recomendadas.

#### Primeros Auxilios:

- En caso de ingestión accidental y si el paciente está conciente, provoque el vómito dándole un vaso de agua tibia agregándole una cucharada de sal e introduzca un dedo en la garganta. En caso de contacto con la piel para evitar irritación, lavar las partes afectadas con abundante agua y jabón.

#### Aviso de Garantía:

Fabricante y vendedor limitan su responsabilidad a la reposición del producto utilizado.

Ni el fabricante ni el vendedor, se responsabilizan por daño o pérdida que directa o indirectamente, pueda ocasionarle el mal uso del producto, ya que la aplicación del mismo está fuera de su control.

Cualquier otra garantía, expresa o implícita, que no sea otorgada en forma escrita por el fabricante, será automáticamente desechada.

## APÉNDICE 6. Especificaciones del Azufertil+Zn



### HOJA DE INFORMACIÓN TÉCNICA

#### Fabricante:

- Tecnología Industrial de Granulados, S.A.
- PBX: (502) 23602614, Fax: (502) 23391663
- e-mail: [tgsa@tgsa.com.gt](mailto:tgsa@tgsa.com.gt)
- [www.tgsa.com.gt](http://www.tgsa.com.gt)

#### Descripción General:

- Fertilizante 100% Natural
- Gránulos Solubles

#### Propiedades Químicas y Físicas:

- Calcio (CaO): 27 – 28%
- Azufre (SO<sub>4</sub>): 33 – 35%
- Zinc (ZnO): 2%
- Forma: Granulados Esféricos
- Granulometría: 90% 2 – 4mm
- Color: Café
- Densidad: 65 lb./cf.
- Resistencia: > 2kg./grano
- Dispersabilidad en el suelo: 100% (mesh >200)
- Humedad: máx.. 1.5%

#### Ingredientes Activos:

- Sulfato de Calcio Dihidratado: 87%
- Oxido de Zinc: 5%
- Encapsulador Orgánico: 2%
- Estabilizador y Material de Enlace (Orgánico): 6%

#### Función General:

- Fertilizante 100% natural en gránulos solubles que funciona como fuente de Calcio, Azufre y Zinc; no alterando el pH del suelo.

#### Usos Principales:

- Aplicación directa al suelo.
- Incorporación a fertilizantes sólidos formulados mediante "blending" o mezcla física.

#### Ventajas:

##### Granulometría Uniforme

- El tamaño de las partículas es uniforme e ideal para "blending" o mezclas físicas.

##### Resistencia al Rompimiento

- Todos los fertilizantes Tgsa, tienen una resistencia a la rotura mayor a 2kg./grano, ideal para soportar operaciones de transporte, manejo y aplicación.

##### Buena Asimilación

- Se disuelve fácilmente en el suelo, para hacerse rápidamente disponible por las plantas.

#### Sin generación de Polvo

- Por su encapsulador orgánico, evita la generación de polvo, permitiendo aplicaciones limpias y seguras para la salud del aplicador.

#### Presentación:

- Bolsas de polipropileno de 25 Kg.

#### Almacenamiento:

- Almacenarlo en su empaque original cerrado en un lugar fresco y bajo techo.

#### Precauciones:

- Lea cuidadosamente las instrucciones.
- No se transporte ni almacene junto a productos alimenticios o forrajes.
- Personas menores de 18 años de edad no deben manejar este producto.
- No coma, fume o beba durante la aplicación de este producto.
- Evite contaminar depósitos de agua, abrevaderos o agua corriente.
- Al terminar sus labores, báñese y póngase ropa limpia.

#### Instrucciones para su uso:

- Puede ser aplicado en cualquier cultivo: cereales, hortalizas, leguminosas, oleaginosas, cultivos perennes y frutales caducifolios o tropicales, aplicado solo al suelo, con el sustrato en invernaderos, con el suelo del almácigo, o en mezcla con los fertilizantes sólidos utilizados, ya sea en presiembra, al momento de la siembra o después de la emergencia del cultivo.

#### Compatibilidad:

- Es compatible con todo fertilizante sólido para aplicarse al suelo.

#### Fitotoxicidad:

- No es fitotóxico en las dosis recomendadas.

#### Primeros Auxilios:

- En caso de ingestión accidental y si el paciente está consciente, provoque el vómito dándole un vaso de agua tibia agregándole una cucharada de sal e introduzca un dedo en la garganta. En caso de contacto con la piel para evitar irritación, lavar las partes afectadas con abundante agua y jabón.

#### Aviso de Garantía:

Fabricante y vendedor limitan su responsabilidad a la reposición del producto utilizado.

Ni el fabricante ni el vendedor, se responsabilizan por daño o pérdida que directa o indirectamente, pueda ocasionarle el mal uso del producto, ya que la aplicación del mismo está fuera de su control.

Cualquier otra garantía, expresa o implícita, que no sea otorgada en forma escrita por el fabricante, será automáticamente desechada.

## APÉNDICE 7. Especificaciones del FGM



### HOJA DE INFORMACIÓN TÉCNICA

#### Fabricante:

- Tecnología Industrial de Granulados, S.A.
- PBX: (502) 23602614, Fax: (502) 23391663
- e-mail: [tigsa@tigsa.com.gt](mailto:tigsa@tigsa.com.gt)
- [www.tigsa.com.gt](http://www.tigsa.com.gt)

#### Descripción General:

- Fertilizante 100% Natural
- gránulos Dispersables

#### Propiedades Químicas y Físicas:

- Magnesio (MgO): 50 %
- Forma: Granulados Esféricos
- Granulometría: 90% 2 – 4mm
- Color: Café
- Densidad: 60 lb./cf.
- Resistencia: > 2kg./grano
- Dispersabilidad en el suelo: 100% (mesh >200)
- Humedad: máx.. 1.5%

#### Ingredientes Activos:

- Oxido de Magnesio: 90%
- Encapsulador Orgánico: 2%
- Estabilizador y Material de Enlace (Orgánico): 8%

#### Función General:

- Fertilizante 100% natural en gránulos dispersables que funciona como fuente de Magnesio.

#### Usos Principales:

- Aplicación directa al suelo.
- Incorporación a fertilizantes sólidos formulados mediante "blending" o mezcla física.

#### Ventajas:

##### Granulometría Uniforme

- El tamaño de las partículas es uniforme e ideal para "blending" o mezclas físicas.

##### Resistencia al Rompimiento

- Todos los fertilizantes Tigsa, tienen una resistencia a la rotura mayor a 2kg./grano, ideal para soportar operaciones de transporte, manejo y aplicación.

##### Buena Asimilación

- Se disuelve fácilmente en el suelo, para hacerse rápidamente disponible por las plantas.

#### Sin generación de Polvo

- Por su encapsulador orgánico, evita la generación de polvo, permitiendo aplicaciones limpias y seguras para la salud del aplicador.

#### Presentación:

- Bolsas de polipropileno de 50 Kg..

#### Almacenamiento:

- Almacenarlo en su empaque original cerrado en un lugar fresco y bajo techo.

#### Precauciones:

- Lea cuidadosamente las instrucciones.
- No se transporte ni almacene junto a productos alimenticios o forrajes.
- Personas menores de 18 años de edad no deben manejar este producto.
- No coma, fume o beba durante la aplicación de este producto.
- Evite contaminar depósitos de agua, abrevaderos o agua corriente.
- Al terminar sus labores, báñese y póngase ropa limpia.

#### Instrucciones para su uso:

- Puede ser aplicado en cualquier cultivo: cereales, hortalizas, leguminosas, oleaginosas, cultivos perennes y frutales caducifolios o tropicales, aplicado solo al suelo, con el sustrato en invernaderos, con el suelo del almácigo, o en mezcla con los fertilizantes sólidos utilizados, ya sea en presiembra, al momento de la siembra o después de la emergencia del cultivo.

#### Compatibilidad:

- Es compatible con todo fertilizante sólido, excepto con el sulfato de amonio.

#### Fitotoxicidad:

- No es fitotóxico en las dosis recomendadas.

#### Primeros Auxilios:

- En caso de ingestión accidental y si el paciente está consciente, provoque el vómito dándole un vaso de agua tibia agregándole una cucharada de sal e introduzca un dedo en la garganta. En caso de contacto con la piel para evitar irritación, lavar las partes afectadas con abundante agua y jabón.

#### Aviso de Garantía:

Fabricante y vendedor limitan su responsabilidad a la reposición del producto utilizado.

Ni el fabricante ni el vendedor, se responsabilizan por daño o pérdida que directa o indirectamente, pueda ocasionarle el mal uso del producto, ya que la aplicación del mismo está fuera de su control.

Cualquier otra garantía, expresa o implícita, que no sea otorgada en forma escrita por el fabricante, será automáticamente desechada.