

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE CUATRO FUENTES COMERCIALES DE Ca y Mg SOBRE LA
ABSORCIÓN EN EL TEJIDO VEGETAL DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris*),
Var. Sapporo, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA, FACULTAD DE AGRONOMÍA, USAC,
GUATEMALA C.A. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS.**

FÉLIX GILBERTO ALVARADO GONZÁLEZ

Guatemala, febrero 2014

**UNIVERSIDAD DE SANCARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE CUATRO FUENTES COMERCIALES DE Ca y Mg SOBRE LA
ABSORCIÓN EN EL TEJIDO VEGETAL DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris*),
Var. Sapporo, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA, FACULTAD DE AGRONOMÍA, USAC,
GUATEMALA C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA**

POR:

FELIX GILBERTO ALVARADO GONZÁLEZ

**EN EL ACRO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

Guatemala, febrero de 2014

UNIVERSIDAD DE SANCARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL I	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL II	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL III	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL IV	P. For. Sindy Benita Simón Mendoza
VOCAL V	Br. Sergio Alexander Soto Estrada
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echevarría Escobedo

Guatemala, febrero 2014

Guatemala, febrero de 2014

**Honorable junta Directiva
Honorable Tribunal examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala**

Honorable miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación: Evaluación de cuatro fuentes comerciales de Ca y Mg sobre la absorción en el tejido vegetal de ejote francés (*Phaseolus vulgaris*), var. sapporo, bajo condiciones de invernadero, diagnóstico y servicios, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Félix Gilberto Alvarado González

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Creador del cielo y la tierra, que me dio el privilegio de la vida. Por permitirme alcanzar una meta más, a quien amo y respeto con todo mi corazón que ha estado conmigo siempre en todas mis decisiones, por darme sabiduría, fortaleza y siempre ser una luz en mi camino.

A MI MADRE: María Félix González, por el cariño y el apoyo incondicional en el desarrollo de mi crecimiento personal y profesional.

MI ESPOSA E HIJA: Lisbeth De Alvarado y María Stephany Alvarado, por el propósito e inspiración de seguir adelante en esta vida.

MIS HERMANAS: Mishely Alvarado de Randall, Flor de María Alvarado de Mills, por brindar esa motivación necesaria para salir adelante en todo momento.

MIS ABUELOS: María Estela De Alvarado, Félix González, Leticia de González, por el cariño, amor y respeto que siempre les he tenido.

MIS PRIMOS:

Juan Fernando Alvarado, Lester Alvarado, Erik Alvarado, Edgar Alvarado, José David Alvarado, por el cariño que siempre les he tenido.

MIS AMIGOS

DEL RANCHO

José Antonio Godoy, Mayra Hamilton, Renato Celada, Manolo Murga, Otto Mesías, Renato Ramírez, Omar Ramírez, Jorge Ramírez, Fernando Pozuelos, Omar Polanco, Bárbara Porta, Juan Gabriel Siquinajay, Chahim Huet, Gracias por brindarme su apoyo, amistad, confianza y cariño, que esto sea un recuerdo de las experiencias vividas y compartidas durante todos estos años, los aprecio mucho.

MIS FAMILIARES:

Tíos, primos, papá y sobrinos, a todos y cada uno de ustedes por su solidaridad y afecto.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

- **Dios.**
- LUIS MARTINEZ, por confiar en mí y mi familia y ser parte de este logro académico que con su apoyo incondicional no lo hubiera alcanzado.
- Mi madre, por darme la oportunidad de alcanzar esta meta y el apoyo incondicional que siempre tuve y sobre todo por confiar en mí.
- Guatemala, país de la eterna primavera, que me vio nacer.
- La Universidad de San Carlos de Guatemala, centro de estudios que abrió sus puertas para brindarme el privilegio de una formación académica de alta calidad y amistades inolvidables.
- La Facultad de Agronomía, unidad académica que me permitió vivir y experimentar las experiencias fundamentales para el buen desarrollo profesional de la carrera.

AGRADECIMIENTOS

A:

- Dr. Lauriano Figueroa, por el asesoramiento brindado durante el Ejercicio Profesional Supervisado, EPS, y el apoyo después del mismo.
- Mis amigos: del RANCHO, Por tantos estos años de amistad y vivencias compartidas.
- Dr. Aníbal Sacbaja, por el apoyo y asesoramiento para el desarrollo final de este documento y durante el Ejercicio Profesional Supervisado, EPS.
- Ing. Agr. Juan Herrera y Manuel Martínez, por el aprecio demostrado durante toda la carrera.
- Mis suegros, Noemi de Méndez y Hugo Méndez, por el apoyo y buenos deseos en el futuro de mi familia.
- Ing. Ernesto Yac, Ing. Pedro Peláez, por el apoyo brindado en el Ejercicio Profesional Supervisado, EPS.

ÍNDICE

Contenido	Página
CONTENIDO DE FIGURAS	iv
CONTENIDO DE CUADROS	vi
RESUMEN GENERAL	viii
CAPÍTULO I DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE FERTILIZANTES TIGSA.	
	1
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 General.....	4
1.3.2 Específicos	4
1.4 METODOLOGÍA.....	5
1.4.1 Reconocimiento del área.....	6
1.4.2 Observación participante y entrevista abierta.....	6
1.4.3 Herramienta a utilizar	7
1.4.4 Materiales.....	7
1.5 RESULTADOS	8
1.5.1 Aspectos institucionales	8
1.5.1.1 Sobre los antecedentes históricos de la empresa Tigsa y certificaciones: ...	8
1.5.1.2 Tipo de valores de la empresa	9
1.5.2 Identificación del problema:.....	9
1.5.3 Priorización del problema:	10
1.6 CONCLUSIONES.....	11
1.7 RECOMENDACIONES.....	12
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	13
CAPÍTULO II EVALUACIÓN DE CUATRO FUENTES COMERCIALES DE Ca y Mg SOBRE LA ABSORCIÓN EN EL TEJIDO VEGETAL DE EJOTE FRANCÉS (<i>Phaseolus vulgaris</i>), Var. Sapporo, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMIA, FACULTAD DE AGRONOMIA, USAC, GUATEMALA C.A.	
	15
2.1 PRESENTACIÓN	16
2.2 MARCO TEÓRICO	18
2.2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	18
2.2.1.1 Ejote francés	18
2.2.1.2 Suelos ácidos	21
2.2.1.3 Encalado de suelos	22

	Página
2.2.1.4 Materiales utilizados para corregir pH	23
2.2.2 MARCO REFERENCIAL	23
2.2.2.1 Localización.....	23
2.2.2.2 Clima y zona de vida	24
2.2.2.3 Procedencia del suelo ácido.....	25
2.2.3 Otros estudios	25
2.3 OBJETIVOS	26
2.3.1 General.....	26
2.3.2 Específicos	26
2.4 METODOLOGÍA.....	27
2.4.1 Fase de laboratorio.....	27
2.4.1.1 Medición de la solubilidad y cuantificación de calcio y magnesio soluble. 27	27
2.4.2 Segunda fase prueba biológica.	27
2.4.2.1 Muestreo y preparación de suelo.	28
2.4.2.2 Diseño experimental.....	28
2.4.2.3 Unidad experimental	28
2.4.2.4 Tratamientos	28
2.4.2.5 Variables evaluadas	29
2.4.2.6 Prueba biológica.....	29
2.4.2.7 Siembra.....	30
2.4.2.8 Riego.....	30
2.4.2.9 Análisis de datos	31
2.4.2.10 Modelo estadístico	31
2.4.2.11 Determinación de la concentración de calcio y magnesio en el tejido vegetal.....	31
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
2.5.1 Etapa de laboratorio	31
2.5.1.1 Solubilidad.....	32
2.5.1.2 Concentración de calcio y magnesio soluble en agua.....	33
2.5.2 Absorción de calcio y magnesio	33
2.5.2.1 Concentración de calcio y magnesio en el tejido vegetal del ejote.....	33
2.5.3 Análisis del pH en el suelo	38
2.6 CONCLUSIONES.....	39
2.7 RECOMENDACIONES.....	40
2.8 BIBLOGRAFÍA.....	41
CAPÍTULO III EVALUACIÓN DE FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA VS FOMULACIÓN CONVENCIONAL EN LOS CULTIVOS DE EJOTE FRANCÉS VAR. SAPPORO, ZUCCHINI VAR. GREEN COMMANDER Y TOMATE, VAR.	43
3.1 PRESENTACIÓN	44
3.2 MARCO CONCEPTUAL.....	45

Página

3.3 FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA, DE LENTA LIBERACIÓN Y ESTABILIZADOS.....	45
3.4 LA MAYOR EFICIENCIA DE LOS FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA Y DE LENTA LIBERACIÓN	46
3.5 RENTABLES EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE ALTO VALOR	46
3.6 USO ÓPTIMO DE p Y k A TRAVÉS DE LIBERACIÓN CONTROLADA.....	47
3.7 MÚLTIPLES BENEFICIOS DE FERTILIZANTES MÁS EFICIENTES	48
3.8 OBJETIVOS	50
3.9 METODOLOGIA.....	51
3.9.1 Preparacion del terreno:	51
3.9.2 Modelo estadístico.....	52
3.9.3 Dimensiones del lugar de trabajo	52
3.9.4 Diseño experimental:.....	53
3.9.5 Tratamientos	54
3.9.5.1 Plan de fertilización para el primer tratamiento en el cultivo de zucchini, ejote frances y tomate	54
3.9.5.2 Plan de fertilización para el segundo tratamiento en el cultivo de zucchini, ejote frances y tomate	56
3.9.5.3 Plan de fertilización para el tercer tratamiento en el cultivo de zucchini, ejote frances y tomate	57
3.9.5.4 Plan de fertilización para el cuarto tratamiento en el cultivo de zucchini, ejote frances y tomate	58
3.9.6 Colocación de sistema de riego y el plastico	59
3.9.7 Siembra y colocación de la pita.....	60
3.9.8 Identificación y rotulación del experimento.....	61
3.10. RESULTADOS	63
3.10.1 CULTIVO DE ZUCCHINI:.....	63
3.10.2 CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS:	64
3.10.3 CULTIVO DE TOMATE:	66
3.11 CONCLUSIONES	69
3.12. RECOMENDACIONES	70
3.14. BIBLIOGRAFÍA	71

CONTENIDO DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1A. Visita a los agricultores.....	14
Figura 2A. Visita a los encargados de finca.....	14
Figura 3A y 4A. Reunión Técnica con los representantes de grupos de agricultores y el área técnica de Tigma.....	14
Figura 5A Y 6A. Visita a la planta procesadora de fertilizante.....	14
Figura 7. Localización de los campos del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CEDA).....	24
Figura 8. Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$).....	32
Figura 9. Prueba de Tukey 0.05 de la concentración de calcio a nivel de invernadero en el cultivo de ejote francés.....	35
Figura 10. Prueba de Tukey 0.05 de la concentración de magnesio a nivel de invernadero en el cultivo de ejote francés.....	37
Figura 11. Preparación del terreno.....	51
Figura 12. Delimitación de cada uno de los tratamientos.....	51
Figura 13. Dimensiones del lugar de trabajo.....	52
Figura 14. Diseño experimental de bloques al azar	53
Figura 15. Dimensiones de cada bloque.....	54
Figura16. Colocación de sistema de riego y plástico.....	60
Figura 17. Siembra y colocación de pita.....	60
Figura 18. Colocación de postes.....	61

Página

Figura 19. Identificación y rotulación.....	61
Figura 20 Rotulación de cada experimento.....	62

CONTENIDO DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Análisis químico del suelo.....	28
Cuadro 2. Análisis químico de las fuentes comerciales de calcio y magnesio.....	29
Cuadro 3. Resultados del análisis químico del suelo evaluado.....	30
Cuadro 4. Conductividad eléctrica de los productos comerciales evaluados en el tiempo ($\mu\text{s/cm}$).....	32
Cuadro 5. Contenido de calcio y magnesio soluble en agua de los productos comerciales evaluados	33
Cuadro 6. Medias de la concentración de calcio y magnesio (%), en el tejido vegetal de ejote francés a los 30 días de haberse sembrado.....	34
Cuadro 7. Análisis de varianza de la concentración de calcio a nivel de invernadero en la prueba biológica del cultivo de ejote francés	34
Cuadro 8. Prueba de Tukey (0.05) de la concentración de calcio a nivel de invernadero en la prueba biológica del cultivo de ejote francés.....	35
Cuadro 9. Análisis de varianza de la concentración de magnesio a nivel de invernadero en la prueba biológica del cultivo de ejote francés.....	36
Cuadro 10. Prueba de Tukey (0.05) de la concentración de magnesio a nivel de invernadero en la prueba biológica del cultivo de ejote francés.....	37
Cuadro 11. Análisis de varianza del pH a nivel de Invernadero en prueba biológica del cultivo de ejote francés.....	38
Cuadro 12. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento.....	55

Página

Cuadro 13. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento.....	55
Cuadro 14. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento.	56
Cuadro 15. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento dos	57
Cuadro 16. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento tres.....	58
Cuadro 17. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento cuatro.....	59
Cuadro 18. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento cuatro.	59
Cuadro 19. Análisis químico del suelo. Finca Suiza, San Lucas Sac., Guatemala. Nov. 9, 2010.....	62
Cuadro 20. Análisis Físico del suelo. Finca Suiza San Lucas Sac., Guatemala, Nov.9, 2009s.....	62
Cuadro 21. Rendimiento (kg/ha) de Zucchini var. Green Commander.....	63
Cuadro. 22. Análisis de varianza.....	63
Cuadro 23. Rendimiento promedio (kg/ha) de Zucchini var. Green Commander.....	64
Cuadro 24. Rendimiento en (kg/ha) de Ejote Francés var. Sapporo.....	65
Cuadro 25. Análisis de varianza del rendimiento del cultivo de ejote francés.....	65
Cuadro 26. Prueba de Tukey (0.05) del rendimiento promedio (kg/ha) de ejote francés.....	65
Cuadro 27 Rendimiento (kg/ha) del cultivo de tomate.....	66
Cuadro 28. Análisis de varianza del rendimiento del cultivo del tomate.....	66
Cuadro 29. Prueba de Tukey (0.05), rendimiento promedio (kg/ha) del cultivo de tomate.....	67

RESUMEN GENERAL

El programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, fue realizado en la empresa de fertilizantes Tigma estableciendo parcelas demostrativas en la Finca Suiza de la Cooperativa Cuatro Pinos y en los invernaderos de la Facultad de Agronomía ubicados en el CEDA, con el objetivo de cumplir con los servicios entre la empresa Tigma y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El estudio fue realizado en base al diagnóstico de la empresa de fertilizantes Tigma, en función de evaluar las condiciones generales con las que debe contar un centro de esta magnitud para prestar sus servicios. Esto se llevó a cabo en el período de agosto del 2009 a mayo de 2010. Teniendo como resultado un conocimiento general de los Aspectos institucionales como es la historia, certificaciones, tipos de valores, de la empresa TIGSA, en cuanto al desarrollo y promoción de sus productos, junto a esto se identificaron y priorizo los problemas particulares en el reconocimiento de los productos.

La fase de investigación tuvo como objetivo, evaluar las cuatro fuentes comerciales más comunes en el mercado como enmiendas y aporte de calcio y magnesio en un suelo ácido utilizando como planta indicadora el Ejote Francés variedad Sapporo a nivel de invernadero en los campos del centro experimental docente de la Facultad de Agronomía (CEDA), de la Universidad de San Carlos de Guatemala, durante los meses de agosto del 2009 a abril del 2010. El tratamiento que contiene $\text{CaCl} + \text{Mg SO}_4$ fue el que dio los valores más altos de concentración de calcio y magnesio en las hojas de frijol a los 30 días de haberse sembrado. Los tratamientos 1 (SOLMAG), 2 (TIGSAMAG) y 3 (Cal Dolomita), fueron estadísticamente iguales.

Los servicios realizados, consto en evaluar fertilizantes de liberación controlada en parcelas demostrativas en finca La Suiza, localizado en Santiago Sacatepéquez de la cooperativa Cuatro Pinos, evaluando los cultivos de Zucchini, Ejote y Tomate, teniendo como resultado la reducción del número de aplicaciones y cantidad de fertilizante realizando una sola aplicación al momento de la siembra y obteniendo la misma producción que con la fertilización convencional.



CAPITULO I
DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE FERTILIZANTES TIGSA
UBICADA EN LA 5A. AVENIDA 5-55 ZONA 14, EDIFICIO EURO-PLAZA TORRE 4,
OFICINA 402, CIUDAD CAPITAL, GUATEMALA, GUATEMALA.

1.1 PRESENTACIÓN

La empresa Tigma es una compañía de fertilizantes especializada en el cuidado y nutrición de los cultivos. Cuentan con un equipo de expertos en nutrición y fisiología vegetal para interpretar de mejor forma las necesidades del cultivo.

Como parte de su compromiso de garantizar siempre el mejor producto, el proceso de su producción son certificado y esto con el fin de dar una herramienta eficiente en el manejo de los mismos.

En el presente diagnóstico tuvo como objetivo definir la situación actual, aspectos institucionales e historia de dicha entidad, con el fin de analizar la infraestructura y con ello poder determinar el análisis de la empresa en que se encontraban en el período de agosto del 2009 a mayo del 2010.

La metodología ejecutada para la realización del diagnóstico consto de cuatro fases; Recolección de información primaria (fase 1), Revisión de información secundaria (fase 2), Análisis de la información (fase 3), y Priorización de problemas identificados (fase 4).

Obteniendo como resultado un conocimiento general de los Aspectos institucionales como es la historia, certificaciones, tipos de valores, de la empresa TIGSA, en cuanto al desarrollo y promoción de sus productos, junto a esto se identificaron y priorizo los problemas particulares en el reconocimiento de los productos.

Al finalizar este diagnóstico se determinó los aspectos institucionales como la historia, certificaciones y tipos de valores, de la empresa TIGSA; que con el tiempo logro, de ser una planta de granulación a ser actualmente una planta extractora de minerales para formular los procesos de refinación y granulado de fertilizantes.

Se identificó el problema, de no utilizar los fertilizantes de la empresa TIGSA y la falta de promoción de sus productos y servicios, para luego priorizar los sub problemas como el no encontrar información en el agro servicio, falta de buen uso de los fertilizantes en el campo, poca comunicación con el agricultor y poca asesoría en el campo.

1.2 MARCO REFERENCIAL

Las oficinas principales de la empresa distribuidora de fertilizantes se encuentra localizada en: 5a. Avenida 5-55 Zona 14, Edificio Euro-plaza Torre 4, Oficina 402, ciudad capital, Guatemala, Guatemala.



1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

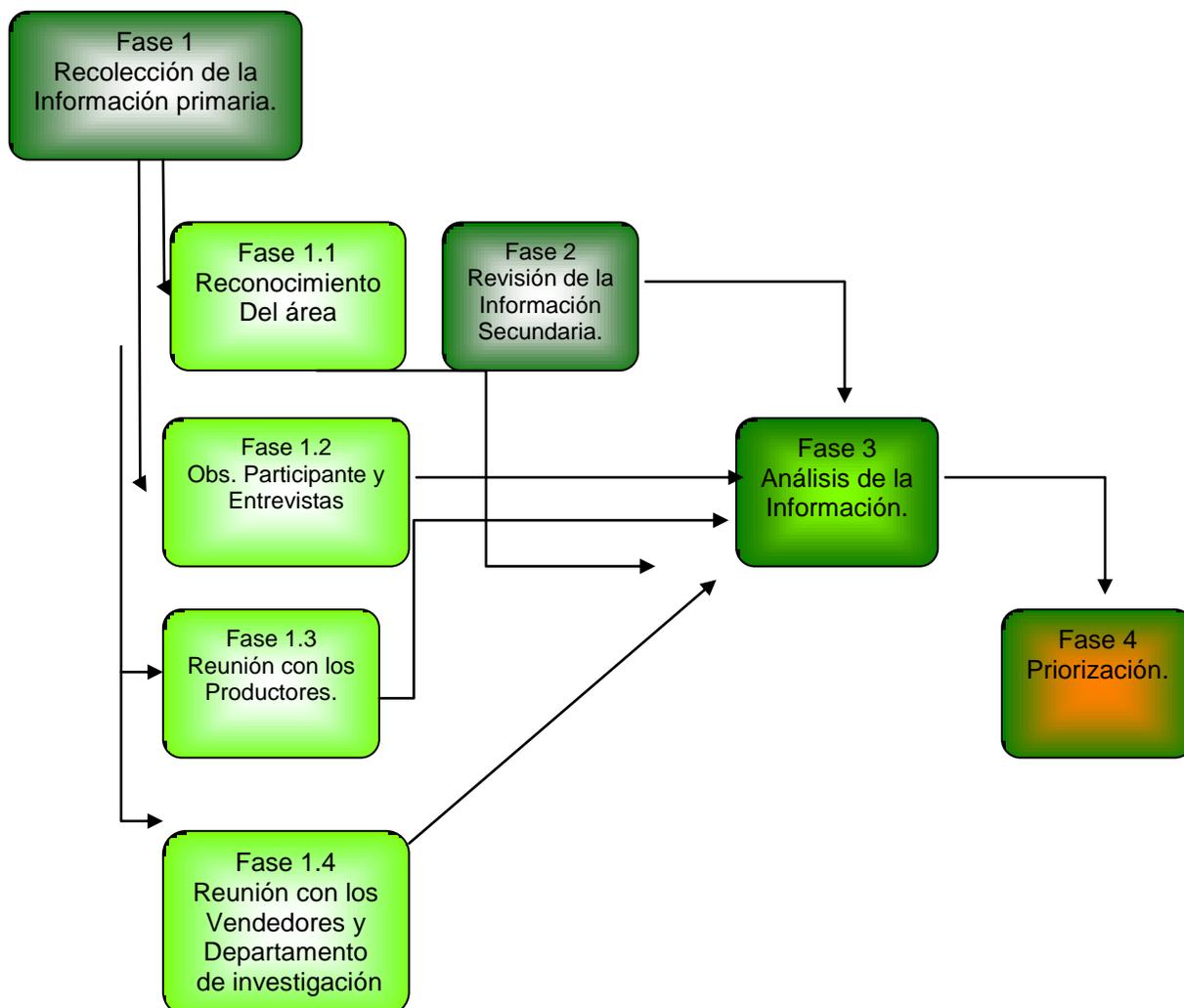
- Conocer la situación actual e histórica de la empresa TIGSA.

1.3.2 Específicos

- Conocer los aspectos institucionales de la empresa TIGSA.
- Identificar los problemas en cuanto la promoción de sus productos y servicios de la empresa.
- Priorizar los problemas detectados.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología ejecutada para la realización del diagnóstico consta de cuatro fases; Recolección de información primaria (fase 1), Revisión de información secundaria (fase 2), Análisis de la información (fase 3), y Priorización de problemas identificados (fase 4). Las cuales se describen a continuación:



Fase 1. Recolección de información primaria

Esta fase se realizó directamente con el personal del departamento de investigación de la empresa Tigma, con el equipo de vendedores de la empresa y encargado de producción del centro Experimenta Docente de Agronomía (CEDA) ciudad Universitaria zona 12 Guatemala, finca Suiza, (cooperativa cuatro pinos) en el municipio de San Lucas

departamento de Sacatepéquez, y en la finca Cabon municipio de Olotenango departamento de Sacatepéquez. Con el objeto de recabar datos importantes acerca de las principales actividades y procesos productivos que realizan los encargados de producción y condiciones edáficas de las fincas antes mencionadas, esta fase comprende tres sub.-fases que se describirán a continuación.

1.4.1 Reconocimiento del área

Para esta fase se realizó un recorrido por las tres fincas, donde se tomó información de que cultivos eran los más importantes de esa área, acompañados del personal técnico y encargados de la finca, y así establecer criterios para utilizar y evaluar los fertilizantes de la empresa.

1.4.2 Observación participante y entrevista abierta

Durante esta fase se realizó una entrevista con las siguientes personas:

1. El encargado del departamento de investigación de la empresa Tigsa, para conocer las características de los productos que ofrecen, con
2. El encargado del equipo de ventas de la empresa con el fin de conocer los métodos que utilizan para promocionar sus productos y si existe un respaldo científico para diseñar programas de fertilización.
3. El encargado de producción para conocer que protocolo utilizan para poner en práctica el plan de fertilización.

Fase 2. Revisión de información secundaria

Se realizó una revisión bibliográfica de revistas, folletos y documentos de los productos manejados por la empresa y trabajos de tesis para implementar un buen plan de fertilización conforme a las investigaciones ya realizadas y características similares.

Fase 3. Análisis de la información

Esto se realizó haciendo un ordenamiento lógico y secuencial de la información colectada en las fases de recolección primaria y revisión de la información secundaria.

Fase 4. Priorización

Con ayuda de personal del departamento de investigación, el departamento de ventas y el departamento técnico de la empresa Tigsa, se le dio prioridad a los principales problemas encontrados, y se ordenaron buscándoles una relación lógica, por medio de la metodología de análisis de problemas para la que se realizaron los siguientes pasos:

1.4.3 HERRAMIENTA A UTILIZAR

Diálogo semi-estructurado

La técnica empleada fue el diálogo semi-estructurado esto con el fin de evitar algunos de los efectos negativos de los cuestionarios formales, como son: temas cerrados, falta de diálogo, falta de adecuación a las percepciones de las personas.

Con esto se buscó entablar un dialogo con las personas claves, con lo cual se preparara un listado o serie de temas y subtemas que se trataron con los informantes claves seleccionados, en este caso a los encargados de las fincas y al equipo de ventas.

El tiempo necesario fue de 8 días hábiles, 4 días para la colecta de la información y 4 días más para la verificación en campo de la información obtenida de los informantes claves (Triangulación de la información).

1.4.4 Materiales

- Listado o serie de temas, preparados por títulos y subtítulos.
- Cuaderno, hojas, lápiz, lapicero, radio grabadora y cámara digital.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Aspectos institucionales

1.5.1.1 Sobre los antecedentes históricos de la empresa Tigma y certificaciones:

TIGSA® fue fundada por dos amigos con historial agrícola semejante y que en una u otra forma compartían inquietudes similares. La historia principia empieza desde 1,993 – 1,997 Investigación y Desarrollo, 1,997 Se establece Tecnología Industrial de Granulados S.A. 2,001 Se forma Tigma Pacífico para abastecer necesidades de Guatemala, El Salvador, Costa Rica y Panamá. 2,002 por medio de una sociedad con GBM se establece la primera planta de granulación en México. 2,003 Se forma Tigma Atlántico para abastecer necesidades de Belice, Honduras y Nicaragua. 2,004 TIGSA consolida la producción en una sola planta con capacidad para abastecer todos los mercados participantes y Se conforman 4 Líneas de Productos:

LÍNEA TIGSA: Elementos Secundarios y Micros Granulados.

LÍNEA GRANUMAX: Acondicionadores de Suelo

LÍNEA AGROFERTIL: Mezclas Físicas y Materias Primas

LÍNEA FAST: Ferti-Riego.

También se conforma el programa FERTICRÉDITO con Banrural, en el cuál se venden los fertilizantes TIGSA a través de las 400 Agencias Bancarias. 2,007 – 2,008: Se inicia con la Integración Vertical y Ampliación de la Fábrica. alianza estratégica con SCOTTS para la distribución en Centro América, de toda la línea de fertilizantes de liberación controlada.

En la actualidad, TIGSA®, ya no solo es una planta de granulación, ya que en el 2,008 inauguramos una nueva planta formada verticalmente por tres unidades de producción.

En ésta integramos la extracción de minerales, los procesos de refinación, la granulación de elementos secundarios y micronutrientes y, por último, el complejo más moderno de mezclas físicas de pre-mezcla y mezclas automatizadas, para un mejor control de contenidos porcentuales de nutrientes.

De esa manera, podemos garantizar a los agricultores más precisión en concentración de

Los productos TIGSA están certificados bajo las normas de calidad QS (Quality Service Switzerland) y CAB (American Certification Body). Asimismo, el proceso de producción de TIGSA está certificado ISO 9001 versión 2008.

1.5.1.2 Tipo de valores de la empresa

Visión

- Ser líderes del mercado en productos y servicios para el sector agroindustrial, a través de un equipo humano altamente motivado y guiado por la satisfacción de los clientes.

Misión

- Producir y comercializar productos de alta calidad, de manera eficiente y competitiva, a través de investigación y desarrollo de tecnología propia, para satisfacer las necesidades del mercado agroindustrial.

Compromiso

- Forjar un compromiso de unión con nuestros clientes para mejorar y desarrollar conjuntamente nuestros productos, ya que las tendencias y las exigencias del mercado mundial son cambiantes.

Cuidado del medio ambiente

- Recomendamos el uso de productos a través de la aplicación de dosis adecuadas de nutrientes, para optimizar el uso del suelo y mantener su productividad en el tiempo. Contamos con los elementos necesarios para fabricar productos sin poner en riesgo la salud de las personas y el medio ambiente.

1.5.2 Identificación del problema:

El problema de la empresa al reconocimiento de sus productos puede ser descompuesto en sus elementos. En esta operación facilitaremos la proyección para descubrir los pequeños problemas particulares que se ocultan tras los sub-

problemas en el reconocimiento y uso de los productos de Tigsa a los agricultores. Una vez resueltos los pequeños problemas de uno en uno, se recomponen de forma coherente a partir de todas las características funcionales de cada una de las partes y funcionales entre sí, a partir de las características materiales, psicológicas, ergonómicas, estructurales y formales, solucionaremos y ordenaremos el problema.

- Examinar efectos que provoca el problema:

Problema



Sub-problemas



1.5.3 Priorización del problema:

Con el análisis realizado del problema, el primer paso fue resolver los sub-problemas, para esto se tuvo una reunión técnica y se realizó una discusión con el equipo técnico de la empresa y se llegó a la decisión de realizar parcelas demostrativas utilizando los fertilizantes de la empresa TIGSA, en la cual se pusieron a prueba los productos en los cultivos principales utilizados en la finca Suiza, para posteriormente realizar un día de campo donde se dio información de dosis, precios, panfletos de información y se demostraron los resultados al hacer un buen uso de los fertilizantes y lograron una comunicación directa con el agricultor dando un seguimiento técnico en sus parcelas y en las que están a su alrededor.

1.6 CONCLUSIONES

- Se conoció la situación histórica y actual de la empresa TIGSA; de ser una planta de granulación, actualmente es una planta extractora de minerales para formular los procesos de refinación y granulado de fertilizantes.
- Se conoció los aspectos institucionales como la historia, certificaciones y tipos de valores, de la empresa TIGSA.
- Se identificó el problema, de no utilizar los fertilizantes de la empresa TIGSA y la falta de promoción de sus productos y servicios.
- Se priorizo los problemas como el no encontrar información en el agro servicio, falta de buen uso de los fertilizantes en el campo, poca comunicación con el agricultor y poca asesoría en el campo al utilizar los fertilizantes ya detectados.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los directivos realicen eventos sociales de integración como: reuniones internas, actividades y convivios recreativos, en los cuales se relacione de manera informal con todo el personal para la mejora de la relaciones entre compañeros de trabajo.
2. Sería conveniente realizar reuniones en base a lluvia de ideas para el mejoramiento de las actividades que realizan los trabajadores con la finalidad de que haya una mejor comunicación y trabajo en equipo.
3. Elaboración de un manual de procedimientos para que el personal pueda dar un mejor asesoramiento en cuanto a la solución de problemas y no siempre tenga que acudir al jefe para darle una solución óptima.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Alpiza, E. 2009. Evaluación de diferentes fuentes de calcio y magnesio y su aplicación fraccional en café. Revista TIGSA no. 1:5-9.
2. TIGSA, GT. 2009. Historia de TIGSA. Revista TIGSA no. 1:3.
3. _____. GT. 2014. TIGSA: fertilizantes inteligentes. (en línea). Guatemala. Consultado 20 ago 2009. Disponible en <http://tigsa.com.gt/>
4. _____. s.fa. Línea AGROFERTIL: mezclas físicas / materias primas. Guatemala. 8 p.
5. _____. s.fb. Línea TIGSA: elementos secundarios y micros. Guatemala. 8 p.
6. Ubiera, A. 2009. TIGSABLEN. Revista TIGSA no. 1:10-11.

ANEXOS

Figura 1. Visita a los agricultores



Figura 2. Visita a los encargados de finca



Figura 3 y 4. Reunión Técnica con los representantes de grupos de agricultores y el área técnica de Tigma.



Figura 5 Y 6. Visita a la planta procesadora de fertilizante.





CAPITULO II

EVALUACIÓN DE CUATRO FUENTES COMERCIALES DE Ca y Mg SOBRE LA ABSORCIÓN EN EL TEJIDO VEGETAL DE EJOTE FRANCÉS (*Phaseolus vulgaris*), Var. Sapporo, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA, FACULTAD DE AGRONOMÍA, USAC, GUATEMALA C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

En Guatemala se pueden localizar suelos ácidos en diferentes regiones del país, al norte (Izabal, Cobán, Petén), en el sur occidente (San Marcos) y en el occidente (Sololá), como consecuencia de las precipitaciones altas, lo que conlleva a que se dé la lixiviación de bases (calcio, magnesio y potasio), repercutiendo en los valores de pH menores de 6.0, saturación de bases baja, presencia de acidez intercambiables, concentraciones altas de Fe y Mn, y deficiencias de P. Los niveles bajos de los cationes básicos constituyen los limitantes más comunes en la producción de los cultivos de los suelos ácidos. En el mercado existen productos comerciales que son utilizados en la agricultura como enmiendas para neutralizar la acidez de los suelos y aportar cationes básicos como el Ca y Mg. Estos productos comerciales varían en su composición y solubilidad lo que repercute en el tiempo en que las plantas los puedan absorber. Debido a esta situación se motivó a realizar la presente investigación planteándose el objetivo de realizar la evaluación de cuatro productos comerciales de Ca y Mg y determinara la absorción de los mismos en el cultivo de ejote francés (*Phaseolus vulgaris*) en un suelo ácido bajo condiciones de invernadero.

Los productos comerciales que se evaluaron en esta investigación fueron: **Tigsamag** como fuente de calcio y magnesio derivados del mineral Dolomía con un proceso de calcinación a 700°C y molido dando como resultado óxidos de calcio y magnesio; **Solmag**, producto comercial que se utiliza como fuente de calcio y magnesio derivados de Dolomia, el cual es calentado y granulado dando como resultado óxidos de calcio y magnesio; **Cal Dolomita**, como fuente de Ca y Mg en forma de carbonatos derivado del mineral Dolomía y **Cloruro de calcio y sulfato de magnesio**, fertilizantes convencionales que aportan calcio y magnesio, utilizado como tratamiento comparador.

Las variables evaluadas fueron: concentración de calcio y magnesio en tejido vegetal a los treinta días, pH del suelo antes y después del experimento y solubilidad de las fuentes calcio y magnesio a nivel de laboratorio.

El experimento se desarrolló en dos etapas, la primera etapa se realizó a nivel de laboratorio y consistió en medir la solubilidad de las fuentes comerciales y la segunda etapa consistió en la realización de una prueba biológica utilizando como planta indicadora el cultivo del ejote francés (*Phaseolus vulgaris*). Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Como unidad experimental fue utilizado macetas de plástico con capacidad de 6.2 Kg. El suelo utilizado poseía un pH 5.1 procedente de la finca Santa María de Jesús, ubicada en el municipio de Santa Rosa.

La presente investigación, es parte del ejercicio profesional supervisado (EPS) de la Facultad de Agronomía, la cual fue realizada en el año 2009.

En esta investigación se concluyó que de las fuentes evaluadas el tratamiento cuatro que contiene cloruro de calcio y sulfato de magnesio, fue el que dio los valores más altos de concentración de Calcio y Magnesio en el análisis de tejido de las hojas de frijol a los 30 días de haberse sembrado. Los tratamientos uno (SOLMAG), dos (TIGSAMAG) y tres (Cal Dolomita), fueron estadísticamente iguales; al realizar el análisis de varianza del pH en el suelo ácido, no se encontraron diferencias estadísticas; las pruebas realizadas en el laboratorio, la mayor solubilidad se encontró a las 48 horas que fue el tratamiento que contenía sulfato de magnesio con una 100% seguido por las fuentes en forma de óxidos con 6.98% de solubilidad

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1.1 Ejote francés

Nombre científico: *Phaseolus vulgaris* L.

Nombres vulgares en español: frijol, ejote Francés

Origen

América, *Phaseolus vulgaris* L., es una especie Magniliopsida anual, perteneciente a la familia de las Fabáceas, antiguamente conocida como familia de las papilionáceas. El frijol, es una especie que presenta variabilidad genética, existiendo cultivares que producen semillas de distintos colores, formas y tamaños. En este cultivo se obtiene como producto final el grano seco, el cual tiene una importante utilización hortícola, ya sea como ejote verde o como grano de frijol (2).

Condiciones del cultivo

La primera expresión de crecimiento en la etapa de germinación, corresponde a la aparición de la radícula, la cual se convierte posteriormente en la raíz primaria o principal. En la parte alta de la radícula, pocos días después de ocurrida la germinación, se desarrollan entre tres y siete raíces secundarias (11).

El hipocótilo, que corresponde a la parte subterránea del tallo principal, comienza a expresarse uno o dos días después que la radícula y conduce a los cotiledones hacia arriba hasta posicionarlos por sobre el nivel del suelo. El término de la etapa de germinación y el comienzo a su vez de la etapa de emergencia, corresponde al momento en que el hipocótilo asoma sobre el suelo junto a los cotiledones.

Los cotiledones, por su parte, una vez que emergen y se despliegan, dan lugar al crecimiento del epicótilo; éste corresponde a la porción del tallo que se ubica entre los cotiledones y el primer par de hojas primarias o unifoliadas (11).

La plúmula, por otra parte, que viene diferenciada en la semilla, se encuentra a continuación del epicótilo, estando constituida por la yema terminal y los primordios de las primeras hojas trifoliadas (11).

Tallo principal

Las plantas poseen un tallo principal, el cual, dependiendo del cultivar, puede presentar un hábito de crecimiento erecto, semi-postrado o postrado. Los tallos pueden presentar pelos cortos, pelos largos, una combinación de pelos cortos y largos, o ser glabros. Además de lo señalado, siempre existen pequeños pelos en forma de gancho llamados insinuados, incluso en los tallos glabros (2).

La pigmentación de los tallos presenta tonalidades derivadas fundamentalmente del verde, del rosado y del morado. En algunos casos el tallo y el pecíolo tienen el mismo color, pudiendo incluso suceder que la pigmentación de los tallos se concentre solamente cerca de los nudos (2).

El primer nudo del tallo principal, corresponde a aquel en que se encuentran insertos los cotiledones; la primera porción del tallo, por lo tanto, corresponde al hipocótilo. En el segundo nudo se presentan las hojas primarias, las cuales son unifoliadas y opuestas (2).

El segundo internudo, que se desarrolla entre el nudo cotiledones y las hojas unifoliadas, corresponde al epicótilo. Los cotiledones, en tanto, se van deshidratando en forma gradual, desprendiéndose de las plantas cuando éstas están próximas a expresar su tercer nudo en el tallo principal (2).

El crecimiento del tallo principal, luego de la expresión del epicótilo, continúa manifestándose a través de la formación de una serie de nudos e inter nudos, cuyo número depende del cultivar y muy especialmente de su hábito de crecimiento. El número total de nudos en el tallo principal puede fluctuar entre 6 y 30 nudos aproximadamente (2).

Ramas

Las plantas del ejote francés poseen un número variable de ramas, las cuales presentan un menor diámetro que el tallo principal. Las ramas primarias, que comienzan habitualmente a desarrollarse cuando las plantas presentan entre tres y cuatro nudos en el tallo principal, son importantes en la producción de vainas (2).

La ramificación se inicia generalmente en la axila de la primera hoja trifoliada (tercer nudo del tallo principal) y continúa hacia la parte alta, siendo en general las dos primeras ramas en formarse (tercer y cuarto nudo), las más importantes. Las ramas primarias que se originan en nudos más altos del tallo principal y/o las ramas secundarias, en el caso de los cultivares que las producen, son de menor crecimiento y realizan un menor aporte al rendimiento.

El desarrollo de ramas en el nudo cotiledón sólo ocurre en casos en que la planta sufra algún daño importante en su crecimiento. En el segundo nudo, que corresponde al del primer par de hojas unifoliadas, tampoco es común que se produzcan ramas, aunque es más probable que en el nudo de los cotiledones (2).

El crecimiento del tallo principal y de las ramas puede terminar en una inflorescencia o en una hoja, según se trate de cultivares de hábito determinado o indeterminado, respectivamente (2).

Hojas

Las plantas de frijol (o frijol), presentan hojas simples y compuestas. Las simples, que se denominan también primarias, son las que se forman en la semilla durante la embriogénesis. Son opuestas, unifoliadas, auriculadas, acuminadas y sólo se presentan en el segundo nudo del tallo principal, a continuación del nudo cotiledón. Las hojas compuestas, en tanto, son trifoliadas y corresponden a las hojas características del frijol (2).

Las hojas trifoliadas presentan además un pecíolo y un raquis; en la base del pecíolo, y muy próximo al tallo, está el pulvínulo, estructura que se relaciona con los movimientos nictinásticos de las hojas. A cada lado del punto de inserción de las hojas trifoliadas, se presenta una pequeña estípula de forma triangular (2).

Los tres folíolos de cada hoja compuesta, uno central y dos laterales, son simétricos y acuminados; cada uno de los folíolos presenta un pecíolo que los une al raquis, observándose además la presencia de una estipela en cada folíolo lateral, y de dos estipelas en el folíolo terminal; estas estructuras se ubican en la base de los pecíolos (2).

Etapas de floración

Poco antes de iniciarse la floración, la planta presenta botones florales prominentes; en el caso de los cultivares determinados, las primeras flores en abrir son las correspondientes a los botones ubicados en la parte terminal del tallo principal y de las ramas; posteriormente, la floración se extiende sucesivamente hacia los nudos inferiores de los tallos. En el caso de los cultivares indeterminados, la floración comienza en los nudos reproductivos inferiores del tallo principal y de las ramas, para posteriormente extenderse sucesivamente hacia los nudos superiores (2).

Requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales del cultivo de ejote en kg / ha son:

120 Kg N/ha, 90 Kg P_2O_5 / ha y 60 Kg K_2O /ha (2). Para producir rendimientos promedio de 17,143 libras/ha.

2.2.1.2 Suelos ácidos

Los suelos ácidos contienen una cantidad considerable de cationes hidrógeno. La acidificación de un suelo puede ser de causas naturales (materia orgánica pobre en cationes básicos, lavado de calcio en regiones de clima lluvioso, etc.), o provocada por el hombre (incorporación de residuos o fertilizantes ácidos, lluvia ácida causada por ciertas industrias, etc.) (7).

La causa más frecuente de la acidificación del suelo, es el lavado del calcio en regiones con muchas precipitaciones pluviales. En regiones áridas y semiáridas suele haber suficiente contenido de calcio, pero no así en las regiones muy lluviosas (7).

Los suelos ácidos no son favorables para el desarrollo de la mayoría de los cultivos, por lo que es preciso corregir la acidez, tratando de sustituir los cationes hidrógeno por cationes como el calcio; esta operación se llama enmienda caliza o encalado (12).

La función de la enmienda es la de corregir las propiedades mecánicas y físicas del suelo (12).

2.2.1.3 Encalado de suelos

La práctica del encalado se realiza con el fin de obtener diversos beneficios pero es importante no aplicar corrector en exceso, el llamado sobre encalado, el cual tiene efectos indeseables sobre el suelo, pudiendo resultar más perjudicial que la propia deficiencia en cal. Se enumeran a continuación algunos de los efectos indeseables del sobre encalado.

- Disminución en la disponibilidad de Fe, P, Mn, B, Zn.
- En las áreas sobre encaladas, las plantas manifiestan un crecimiento deprimido y una coloración amarillenta.
- En general, puede aceptarse que el pH de los suelos ácidos no debe elevarse por encima de 7.
- Si el suelo es claramente ácido (pH = 5.0 y 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6) será necesario encalar.
- En una primera aplicación sólo se debe elevar el pH media unidad y, después, con uno o dos años de intervalo, se puede hacer otro encalado que eleva otra media unidad, hasta que el pH quede dentro del intervalo 6 a 6.5.
- No se sube más de media unidad cada vez para impedir el bloqueo de micro elementos que un encalado fuerte puede producir.
- Con pH > 6 y tierras ligeras con alto contenido en humus no se encala porque en estas tierras un pH superior a 6.5 puede ser perjudicial.

- Con pH > 6 o 6.5 y suelo arcilloso o de limo fino es conveniente encalar hasta alcanzar pH > 7. (disminuyendo su toxicidad y haciéndolas más sueltas).

2.2.1.4 Materiales utilizados para corregir pH

- Óxido e hidróxidos de cal.
- Dolomitas (carbonato cálcico magnésico)
- Silicatos de calcio o magnesio.
- Residuos industriales (subproductos de azucarería)
- Cenizas de madera.
- Calizas: formadas por CaCO_3 y MgCO_3 (Carbonatos de calcio y magnesio) en cantidades variables. Ej.: Calcita: 40% de Ca; Dolomita: 21.6% de Ca y 13% de Mg.
- Escorias Thomas: Producto residual de la producción del acero que contiene un 32% de Ca, (6).

2.2.2 MARCO REFERENCIAL

A continuación se describen las características generales del área que cubrió el estudio:

2.2.2.1 Localización

Los campos de Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, están situados al sur de la capital de Guatemala y de la Ciudad Universitaria zona 12, y según el INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología y Meteorología), se localiza geográficamente en las coordenadas: 14°35' 11" latitud Norte y 90°35'58" longitud oeste, y a una altura media de 1,502 msnm (8).



Figura No. 7. Localización de los campos de Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CEDA).

2.2.2.2 Clima y zona de vida

De acuerdo con el mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento de la República de Guatemala, a escala 1:600,000; publicado por el Instituto Nacional Forestal, la ciudad de Guatemala se encuentra dentro de la zona de vida: bosques húmedos subtropical templado (Bh – st) (10).

Las condiciones climáticas registradas por INSIVUMEH para área de estudio son las siguientes:

- A. Precipitación media anual: 1,216.2 mm, distribuidos en 110 días, en los meses de Mayo a Octubre.
- B. Temperatura media anual: 18.3°C
- C. Humedad relativa media: 79%
- D. Insolación promedio: 6.65 horas/día
- E. Radiación: 0.33 cal/cm²/min (10).

2.2.2.3 Procedencia del suelo ácido

El suelo se extrajo de la finca Santa María de Jesús del Departamento de Santa Rosa, Guatemala, que limita al Norte con los departamentos de Guatemala y Jalapa; al Sur con el Océano Pacífico; al Este con el departamento de Jutiapa; y al Oeste con el departamento de Escuintla.

Por su configuración geográfica, bastante variada, sus alturas oscilan entre los 214 y 1.330,25 msnm, con un clima que varía desde el frío en las montañas hasta el cálido en la Costa del Pacífico, pero generalmente templado (4).

2.2.3 Otros estudios

La evaluación del efecto de concentraciones y fuentes nutricionales de calcio sobre el tiempo de vida comercial del tomate en periodo de pos cosecha, se llevó a cabo con la finalidad de determinar el efecto del calcio a concentraciones y con formulaciones distintas sobre el tiempo de vida comercial del tomate ya cosechado. Los resultados indican que todos los tratamientos, fueron no significativos entre si y esto permite inferir que puede utilizarse cualquier de las formulaciones y concentraciones evaluadas.(18)

En la aldea El Tecomatillo ubicada en el municipio de Catarina, departamento de San Marcos se evaluaron diferentes productos de fertilizantes en suelos con contenido de calcio y magnesio los fertilizantes aplicados contienen nutrientes secundarios y menores aplicados en el cultivo de tabaco, el diseño experimental consistió en bloques al azar con siete tratamientos y cinco repeticiones; Se concluye que la utilización de boro, representa los mejores rendimientos, el experimento tuvo una duración de ocho meses. (15)

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 General

- Evaluar cuatro fuentes comerciales más comunes en el mercado como enmiendas y aporte de calcio y magnesio en un suelo ácido utilizando como planta indicadora el ejote francés variedad sapporo a nivel de invernadero en los campos del centro experimental docente de la Facultad de Agronomía (CEDA), de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.3.2 Específicos

- Determinar cuál de las fuentes comerciales de calcio y magnesio evaluadas presentan los valores mayores de absorción de calcio y magnesio en el tejido vegetal de ejote francés a los 30 días después de la siembra.
- Determinar el efecto de las fuentes de calcio y magnesio evaluadas sobre el pH del suelo ácido.
- Determinar la solubilidad de las cuatro fuentes de calcio y magnesio evaluadas a nivel de laboratorio.

2.4 METODOLOGÍA

2.4.1 Fase de laboratorio.

2.4.1.1 Medición de la solubilidad y cuantificación de calcio y magnesio soluble.

Antes de realizar el experimento a nivel de invernadero, se realizó un ensayo a nivel de laboratorio, en las instalaciones del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía, el ensayo tuvo como objetivo medir la solubilidad de los productos comerciales evaluados en agua destilada de forma indirecta, a través de un conductímetro y la cuantificación de calcio y magnesio solubles.

El procedimiento consistió en colocar 1 gramo de cada fuente de calcio y/o magnesio por duplicado en beakers de 250 mL, conteniendo 100 mL de agua destilada, con un pH de 5.5. Los beakers se mantuvieron en reposo y antes de realizar la determinación se agitaba durante 15 segundos con una varilla de vidrio.

Se tomaron las lecturas de conductividad eléctrica a las 24, 48,72 y 96 horas luego se tomó la lectura dos días después o sea 144 horas y por último a las 288 horas. Seguidamente se tomó una alícuota de 1mL del sobrenadante de cada tratamiento y se determinó a través de Espectrofotometría de Absorción Atómica la cuantificación de Ca y Mg soluble.

2.4.2 Segunda fase prueba biológica.

La investigación se realizó en los invernaderos de la Facultad de Agronomía con el objetivo de determinar que fuente comercial aportaba la mayor cantidad de Ca y Mg disponible para el cultivo de ejote francés variedad Sapporo.

2.4.2.1 Muestreo y preparación de suelo.

El suelo utilizado en la investigación se obtuvo de la capa superficial a 0.30 m de profundidad, en la preparación se extendió sobre una superficie de plástico y luego se extendió para el secado, seguidamente se tamizó con una malla de 2mm y luego se homogenizó.

Cuadro 1. Análisis químico del suelo

	Meq/100g de suelo			PPm	M.O
	pH	Ca	Mg	K	
Rangos Medios		6--8	1.5--2.5	120--150	
	5.1	6.74	1.69	480	4.55

Fuente: Datos Experimentales

El suelo utilizado para la investigación se le realizó el análisis para determinar la concentración de los elementos esenciales, pH y el contenido de materia orgánica. Como se observa en el cuadro uno el pH es ácido con un valor de 5.1, el calcio, magnesio y materia orgánica se encuentra en valores adecuados.

2.4.2.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar de 5 tratamientos con 3 repeticiones, en condiciones de temperatura y humedad homogéneas

2.4.2.3 Unidad experimental

Consistió en una maceta plástica con capacidad de 6,200 g. de suelo conteniendo dos plantas de ejote francés.

2.4.2.4 Tratamientos

T1. Fuente de cal dolomita 25% de CaO + 15% de MgO patrón comparativo. (SOLMAG)

T2. Fuente de cal dolomita con un proceso de molido, y secado a 700 °C quedando con las concentraciones de 26% de CaO + 16% de MgO (TIGSAMAG).

T3. Cal dolomita faltan las concentraciones de de Ca y Mg en forma de CO_3

T4. Cloruro de calcio (Ca = 32%) + sulfato de magnesio (Mg=11%) como testigo de fuentes de calcio y magnesio.

T5. Sin ninguna aplicación como testigo absoluto.

2.4.2.5 Variables evaluadas

- Concentración de calcio y magnesio en tejido vegetal del ejote francés a los 30 días de haberse sembrado. Se tomó el segundo foliolo para las determinaciones de calcio y magnesio.
- pH del suelo después del experimento.
- Solubilidad de las fuentes calcio y magnesio evaluadas a nivel de laboratorio.

2.4.2.6 Prueba biológica

Llenado de las macetas

Luego de haber homogeneizado el suelo se procedió al llenado de las macetas, las cuales tenían una capacidad de 6.2 kg, la cantidad de suelo fue pesado en una balanza semi-analítica.

Partiendo del análisis químico del suelo se realizó el cálculo para determinar los gramos necesarios del producto para las cantidades de calcio en el suelo ácido y con esto se logró que estas cantidades sean similares para cada tratamiento (cuadro 2).

Cuadro 2. Productos comerciales y cantidades aplicadas al suelo

PRODUCTO	Formulación	Cantidad de gramos por aplicación		
	Peso en g del producto	Ca	Mg	K
(T1) SOLMAG	8.04	1.66	0.89	0.03
(T2) TIGSA MAG	8.6	1.66	0.82	0.04
(T3) Cal Dolomita	7.34	1.66	0.57	0.01
(T4) Cloruro de calcio	8.83	1.66	0	0
(T4) Sulfato de Mg	8.22	0.004	0.80	0.008

Fuente: Datos Experimentales

Después de realizar estos cálculos de cada producto, quedarían las siguientes concentraciones en Meq/g de suelo en el suelo ácido.

Cuadro 3. Con la aplicación de los tratamientos, el comportamiento del suelo alcanzaría los siguientes niveles:

	Peso en g del producto	Cantidad de gramos por aplicación			Meq/100g de suelo	Meq/100g de suelo	Meq/100g de suelo
		Ca	Mg	K			
(T1) SOLMAG	8.04	1.66	0.89	0.03	→ 8	2.76	1.24
(T2) TIGSA MAG	8.6	1.66	0.82	0.04	→ 8	2.71	1.24
(T3) Cal Dolomita	7.34	1.66	0.57	0.01	→ 8	2.39	1.24
(T4) Cloruro de calcio	8.83	1.66	0	0	→ 8	0	0
(T4) Sulfato de Mg	8.22	0.004	0.80	0.008	→ 6.7431	2.69	1.2

Fuente: Datos Experimentales

Incubación del suelo.

La incubación consistió en la aplicación de las fuentes comerciales evaluadas al suelo según las dosis definidas, luego se humedeció a capacidad de campo con el objetivo de que reaccionaran los productos comerciales con el suelo durante cuatro días.

2.4.2.7 Siembra

Al concluir el período de incubación, se procedió a efectuar la siembra de ejote francés variedad Sapporo, colocándole 5 semillas por maceta, después de germinar se dejaron dos plantas por maceta.

2.4.2.8 Riego

Al suelo se le regó con 750 mL/maceta de agua dos veces al día para que este a capacidad de campo.

2.4.2.9 Análisis de datos

Con los resultados del tejido vegetal de cada uno de los tratamientos, se elaboró una base de datos para el análisis de varianza y prueba de comparación múltiple de medias Tukey al 5% de significancia.

2.4.2.10 Modelo estadístico

$$Y_{(ij)} = \mu + t_i + \epsilon_j(i)$$

De donde:

Y (ij) = Variable de la respuesta de la ij-ésima unidad experimental

μ = Media general

t-i = Efecto del i-ésimo tratamiento

j = j -ésima repetición de cada tratamiento

ϵ = Efecto del error experimental de la ij-ésima unidad experimental

2.4.2.11 Determinación de la concentración de calcio y magnesio en el tejido vegetal:

En el laboratorio de suelo-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía, se determinó la concentración de calcio y magnesio en el tejido vegetal del ejote francés; de cada tratamiento se tomó el segundo foliolo a los 30 días de haberse sembrado para su respectivo análisis.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Etapa de laboratorio

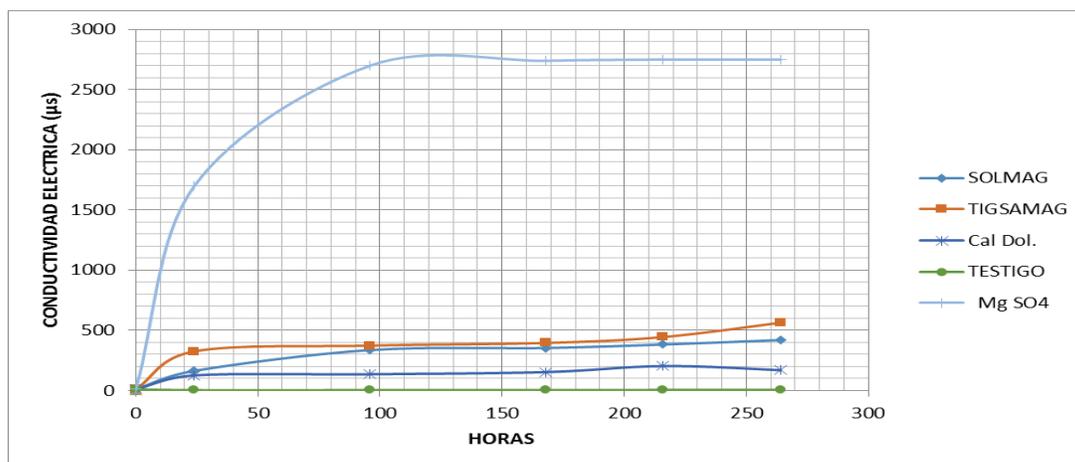
A nivel de laboratorio se midió la conductividad eléctrica de las soluciones de las fuentes evaluadas y la cuantificación de calcio y magnesio de las mismas, resultados que se presentan en los cuadros 4 y 5 respectivamente.

2.5.1.1 Solubilidad

Cuadro 4. Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$) de los productos comerciales evaluados en el tiempo.

HORAS	T 1 (SOLMAG)	T2 (TIGSAMAG)	T3 (Cal Dol)	T4 (Mg SO_4)	T5 (TESTIGO)
0	10.2	10.2	10.2	20.4	10.2
24	164	326	126.3	3400	3.2
48	337	374	135.7	5400	3.1
72	354	396	154	5480	3.9
96	383	445	204	5500	4.8
144	420	564	170	5500	5.0
192	509	720	189.3	5510	5.4
240	571	728	207	5520	5.3
288	541	637	259	5640	7.7

Fuente: Datos Experimentales



** El sulfato de magnesio tiene un factor de corrección de 0.5

Figura 8. Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Los resultados muestran que el sulfato de magnesio es la fuente que solubiliza con mayor rapidez, a los 48 horas se solubilizó el 100%. En el mismo tiempo las fuentes comerciales en forma de óxido tuvieron una solubilidad muy similar con valores de 373 y 374 $\mu\text{s}/\text{cm}$ equivalente al 6.98%, valor muy inferiores en relación al sulfato de magnesio. La cal

dolomita se solubilizó solo 2.52% en. A los 12 días (288 horas). La solubilidad del TIGSAMAG fue de 11.29%, SOLMAG 9.59%, cal dolomita 4.59%.

2.5.1.2 Concentración de calcio y magnesio soluble en agua

Cuadro 5. Contenido de calcio y magnesio soluble en agua de los productos comerciales evaluados determinados a las 288 horas.

ELEMENTO	T1	T2	T3	T4	T5 (TESTIGO)
	(SOLMAG) %	(TIGSA) %	(Cal Dol) %	(Mg SO4) %	%
Ca	1.0	1.12	0.3	0.07	0.0
Mg	0.15	0.14	0.25	11.0	0.00

Fuente: Datos Experimentales

Al terminar la evaluación de conductividad eléctrica, a cada tratamiento se determinó la concentración de calcio y magnesio usando el método de absorción atómica (Cuadro No. 5). Como era de esperarse el tratamiento cuatro como patrón comparativo presentó mayor solubilidad; al evaluar los tratamientos uno, dos y tres que son derivados de la dolomita, el que presenta la mayor tendencia fue el tratamiento dos, que la perla libera a las 288 horas 1.12% de calcio y 0.14 de magnesio que es 10.7% mayor que el tratamiento uno y 73% mayor que el tratamiento tres.

2.5.2 Absorción de calcio y magnesio

2.5.2.1 Concentración de calcio y magnesio en el tejido vegetal del ejote

Se basa en la cantidad de calcio y magnesio absorbidos en el tejido del ejote francés, a los 30 días de haberse sembrado, que se observa en el cuadro seis.

Cuadro 6. Medias de la concentración de calcio y magnesio (%), en el tejido vegetal de ejote francés a los 30 días de haberse sembrado

ELEMENTO	SOLMAG	TIGSAMAG	Cal Dolomita	CaCl + Mg SO4	TESTIGO
Ca	1.79	2.06	1.66	4.11	1.85
Mg	0.24	0.30	0.18	0.78	0.24
Peso seco (g)	2.51	1.72	2.38	1.99	2.24

Fuente: Datos Experimentales

Los resultados del análisis de tejido foliar muestran que el tratamiento cuatro el cual contiene cloruro de calcio y sulfato de magnesio fue el que obtuvo los niveles de calcio y magnesio más altos, seguido por el tratamiento dos (TIGSAMAG). Los tratamientos uno (SOLMAG) y tres (cal dolomita) fueron similares. Con las fuentes derivadas de la dolomita se comprueba que el tratamiento dos, cuando es utilizado como ingrediente de una mezcla física de fertilizante, constituye una fuente de calcio y magnesio que ya está disponible a una planta anual como el ejote francés antes de los 30 días.

Cuadro 7. Análisis de varianza de la concentración de calcio a nivel de invernadero en la prueba biológica del cultivo de ejote francés

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	12.64084	4	3.16021	33.5859076	9.0227E-06	3.47804969
ERROR	0.94093333	10	0.09409333			
Total	13.5817733	14				

Fuente: Datos Experimentales

Al elaborar un análisis de varianza para determinar el efecto de la absorción de calcio en el tejido vegetal de cada uno de los tratamientos, se determinó que los tratamientos ejercen un efecto en esta determinación (cuadro 7).

Cuadro 8. Prueba de tukey 0.05 de la concentración de calcio en tejido vegetal a nivel de invernadero

Tratamientos	Medias	
T4	4.12	A
T2	2.06	B
T5	1.85	B
T1	1.79	B
T3	1.67	B

Fuente: Datos Experimentales

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

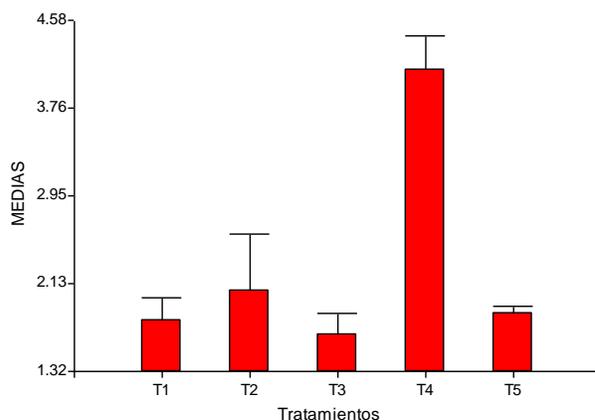


Figura 9. Prueba de tukey 0.05 de la concentración de calcio a nivel de invernadero en la prueba biológica del cultivo de ejote francés

La superioridad del tratamiento dos sobre los tratamientos uno (Solmag) y tres (Cal dolomita), podría explicarse considerando que estos dos últimos tienen una mayor

proporción de carbonatos de calcio y magnesio y menor contenido de óxidos de calcio y magnesio, lo que podría afirmar que el tratamiento dos como consecuencia de la calcinación en el proceso de granulación, unido a la molienda bastante fina que permite una temporización más rápida de los carbonatos para formar óxidos, es una mejor fuente de calcio y magnesio.

Al analizar los resultados de la concentración de calcio en el tejido vegetal del ejote francés, se puede observar que el tratamiento cuatro (cloruro de calcio al 32% y sulfato de magnesio 10% como testigo fuente de calcio y magnesio) tiene mejor absorción de calcio que los demás tratamientos. Al hacer una comparación de medias por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) de la absorción de calcio en el tejido vegetal el tratamiento cuatro como se esperaba presentó diferencia estadística con respecto a los demás tratamientos (cuadro 8). Los otros tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí aunque se observó que el tratamiento dos que llevo un proceso de molido y calcinado a 700°C tiene una tendencia mayor que los tratamientos tres (cal dolomita) y el tratamiento uno (Solmag).

Cuadro 9. Análisis de varianza de la concentración de magnesio a nivel de invernadero en la prueba biológica del cultivo de ejote francés

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.64430667	4	0.16107667	66.9293629	3.5229E-07	3.47804969
ERROR	0.02406667	10	0.00240667			
Total	0.66837333	14				

Fuente: Datos Experimentales

Al elaborar un análisis de varianza para determinar el efecto de la absorción de magnesio en el tejido vegetal de cada uno de los tratamientos, se determinó que los tratamientos ejercen un efecto en esta determinación (cuadro 9). Al hacer una comparación de medias por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) de la absorción de magnesio en el tejido vegetal, el tratamiento cuatro presentó diferencia estadística con respecto a los demás tratamientos (cuadro 10).

Cuadro 10. Prueba de tukey 0.05 de la concentración de magnesio a nivel de invernadero en la prueba biológica del cultivo de ejote francés

Tratamientos	Medias	
T4	0.78	A
T2	0.3	B
T1	0.24	B
T5	0.24	B
T3	0.29	B

Fuente: Datos Experimentales

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

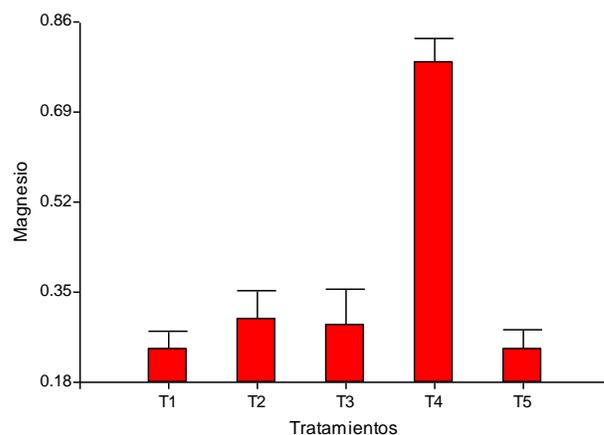


Figura 10. Prueba de Tukey 0.05 de la concentración de magnesio a nivel de invernadero en la prueba biológica del cultivo de ejote francés

Al analizar los resultados de la concentración de magnesio en el tejido vegetal del ejote francés, se puede observar que el tratamiento cuatro (cloruro de calcio al 32% y sulfato de magnesio 11% como testigo fuente de calcio y magnesio) como era de esperarse al ser una fuente directa de calcio y magnesio tiene una mejor absorción de magnesio que los

demás tratamientos; el tratamiento dos siempre presenta una tendencia mayor a los demás tratamientos que son derivados de la dolomita.

2.5.3 Análisis del pH en el suelo

Cuadro 11. Análisis de la varianza del pH a nivel de invernadero en la prueba Biológica del cultivo de ejote francés.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.10666667	4	0.02666667	1.81818182	0.20197324	3.478049691
ERROR	0.14666667	10	0.01466667			
Total	0.25333333	14				

Al elaborar un análisis de varianza para determinar el efecto del pH, se acepta la hipótesis nula ya que los valores de F tabuladas son inferiores a la F calculada.

Todos los tratamientos ejercen un efecto similar en el suelo y esto se debe a que las dosis aplicadas en el experimento fueron para fines de fertilización y no como enmienda o corrección de pH. (Cuadro 11).

2.6 CONCLUSIONES

- De las fuentes evaluadas el tratamiento cuatro que contiene $\text{CaCl} + \text{Mg SO}_4$ fue el que dio los valores más altos de concentración de Calcio y Magnesio en las hojas de frijol a los 30 días de haberse sembrado. Los tratamientos 1 (SOLMAG), 2 (TIGSAMAG) y 3 (Cal Dolomita), fueron estadísticamente iguales.
- Al realizar el análisis de varianza del pH en el suelo ácido, no se encontraron diferencias estadísticas.
- A nivel de laboratorio la mayor solubilidad se encontró a las 48 horas que fue el tratamiento que contenía sulfato de magnesio con una 100% seguido por las fuentes en forma de óxidos con 6.98% de solubilidad.

2.7 RECOMENDACIONES

- Seguir realizando estas mismas evaluaciones en cultivo que sean de mediano y largo plazo.
- Los tratamientos uno (Solmag), dos (Tigsamag) y tres (Cal Dolomita) en la prueba de Tukey, no presentaron diferencias significativas entre sí, por lo que se recomienda para las siguientes investigaciones, realizar un estudio económico para evaluar cuál de estos tratamientos representaría un costo significativo.
- Se recomienda realizar otros tipos de investigaciones encaminadas a fortalecer y enriquecer los resultados obtenidos en la presente, evaluando otros tipos de materiales como fuente de calcio y magnesio, y diferentes variedades de cultivos y de preferencia evaluar los resultados en un periodo más representativo, es decir, preferentemente hasta la cosecha.

2.8 BIBLOGRAFÍA

1. Cordón Sosa, EN. 1991. Levantamiento detallado de suelos del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 135 p.
2. España Esquivel, E. 1997. Evaluación preliminar de diferentes niveles de CaO en la enmienda de suelos ácidos de la comunidad de Yalanciop, San Mateo Ixtatan, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Huehuetenango, Guatemala, USAC. 48 p.
3. Fenalce.nt. 2009. *Phaseolus vulgaris*, frijol, etapas de germinación (en línea). Cundinamarca, Colombia. Consultado 5 oct 2009. Disponible en http://www.fenalce.net/pagina.php?p_a=51#
4. González, MV. 2003. Cultivo de ejote. El Salvador, CENTA / MAG. 32 p. (Guía técnica no. 18).
5. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2010. Santa Rosa, Guatemala (en línea). Consultado 20 feb 2010. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Santa_Rosa_\(Guatemala\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Santa_Rosa_(Guatemala))
6. Jordán Portillo, HR. 1994. Evaluación de dos metodologías y cuatro relaciones Ca/Mg en la estimación de cal para los suelos ácidos serie cristina en condiciones de invernadero en arroz (*Oriza sativa* L.) como planta indicadora. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 44 p.
7. Kamprath, EJ 1967. Acidez del suelo y su respuesta al encalado. Washington, US, Universidad del Estado de Carolina del Norte, Estación Experimental Agrícola, Proyecto Internacional de Análisis del Suelo. 22 p. (Boletín Técnico no. 4).
8. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería SV.) 2013 Lista de productos que necesitan permiso para la importación (en línea). El Salvador. 1084 p. Consultado 2 abr 2013. Disponible en http://appm.aduana.gob.sv/sacelectronico/Permisos/MAG_INSUMOS_AGROPECUARIO.pdf
9. Martínez Mejía, CR. 1997. Evaluación de cinco dosis de cal como enmienda de suelos ácidos en almácigos de café, en la aldea Rodeíto, Jocotan, Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, Guatemala, USAC. 31 p.
10. Miller, EV. 1967 Fisiología vegetal. Trad. por Francisco Latorre. México, UTEHA. 44 p.
11. Rosales, LA. 1989. Respuesta de la aplicación al suelo de calcio-magnesio y aplicación foliar de magnesio y boro en el cultivo de tabaco (*Nicotina tabacum* L.) en

la aldea El Tecomatillo, municipio de Catarina, departamento de San Marcos. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, USAC, CUNOC. 47 p.

12. Sánchez, CM. 2006. Enmiendas calizas: corrección de suelos ácidos (en línea). España, Fertiberia. Consultado 5 oct 2009. Disponible en http://www.engormix.com/enmiendas_calizas_correccion_suelos_s_articulos_950_AGR.htm
13. Sánchez, PA. 1981. Suelos de trópico, características y manejo. San José, Costa Rica, IICA. 634 p.
14. Vásquez, JP 2004. Evaluación del efecto de concentraciones y formulaciones de calcio sobre el tiempo de vida comercial del tomate en periodo de pos cosecha, Salamá, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 45 p.



CAPITULO III

EVALUACIÓN DE FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA VS FOMULACIÓN CONVENCIONAL EN LOS CULTIVOS DE EJOTE FRANCÉS VAR. SAPPORO, ZUCCHINI VAR. GREEN COMMANDER Y TOMATE, VAR.

3.1 PRESENTACIÓN

Los fertilizantes como Tigsablen, contienen tecnología de liberación controlada Scotts, para pruebas realizadas en cultivos extensivos, los nutrientes cubiertos con una capa interna de azufre y una doble capa externa de un polímero patentado, que controla la liberación de los elementos lentamente, evitando que los mismos se pierdan por acción de la lluvia y otros factores. Se estima que gracias a esa liberación controlada, se pueda reducir tanto en concepto de mano de obra como en la cantidad de fertilizante, beneficiando al agricultor y al ambiente, al reducirse la carga de contaminantes provenientes del proceso de fertilización.

El presente ensayo se evaluaron fertilizantes de liberación controlada en parcelas demostrativas en la finca Suiza, localizado en Santiago Sacatepéquez de la cooperativa cuatro pinos, evaluando los cultivos de Zucchini, Ejote y Tomate, demostrando que es posible reducir el número de aplicaciones y cantidad de fertilizante realizando una sola aplicación al momento de la siembra y obteniendo la misma producción que con la fertilización convencional.

Se concluyó por medio de tukey que es posible reducir el concepto de mano de obra para la aplicación de fertilizante de liberación controlada y se demostró que con una mezcla física de fertilizante consistente en un 50% de liberación controlada y 50% de formulación convencional, se puede reducir la cantidad de fertilizante aplicada en el suelo sin perjudicar la producción.

3.2 MARCO CONCEPTUAL

3.3 FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA, DE LENTA LIBERACIÓN Y ESTABILIZADOS

En la conferencia internacional sobre fertilizantes de eficiencia mejorada, organizada en Río de Janeiro por la International Fertilizer Industry Association y New Ag International, se ofrecieron más de 16 charlas de expertos sobre el 'estado del arte' y las novedades que importan a este grupo de fertilizantes no convencionales. Si bien son de uso cada vez más común en países desarrollados tales como los de Europa, EEUU y Japón, su uso en Chile no se ha masificado.

Pero, entre las novedades encontramos que su precio es cada vez más competitivo y que hoy están siendo rentables en cada vez más cultivos. Entre lo ya conocido, que entregan los nutrientes de manera más ajustada a los requerimientos de los cultivos, que disminuyen las emisiones de gases invernadero y la contaminación de napas y acuíferos; y que las menores pérdidas inciden en el ahorro de fertilizantes.

Según la experta inglesa Catherine Watson, los fertilizantes de lenta liberación y de liberación controlada por un lado limitan la disponibilidad de un nutriente para la planta y por otro, extienden en el tiempo la disponibilidad de ese nutriente para el cultivo, a diferencia de los fertilizantes convencionales, que liberan los nutrientes de inmediato; en el caso de los fertilizantes de lenta liberación los patrones de entrega dependerán completamente de las condiciones de suelo y clima, las que en la práctica no pueden ser anticipadas; en el caso de los fertilizantes de liberación controlada, los patrones de entrega, en cantidad y tiempo, se pueden predecir aunque dentro de ciertos límites.

3.4 LA MAYOR EFICIENCIA DE LOS FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA Y DE LENTA LIBERACIÓN

En su exposición la especialista del Agri-Food and Biosciences Institute, explicó que los fertilizantes de lenta liberación o de liberación controlada pueden corresponder a tres tipos básicos: productos en base a compuestos orgánicos de nitrógeno de baja solubilidad, productos protegidos por barreras físicas o productos en base a compuestos inorgánicos de baja solubilidad.

El nitrógeno orgánico de baja solubilidad corresponde a productos de condensación de urea aldehído (de lenta liberación). Ejemplos de estos productos son urea formaldehído (UF), Isobutilideno-diurea (IBDU) o crotonilidendiurea (CDU) (todas las siglas en inglés).

Los productos fabricados en base barreras físicas son recubiertos o encapsulados por polímeros orgánicos (PSCU), termoplástico o resinas; o por recubrimientos inorgánicos cuyas matrices pueden ser hidrofóbicas (por ejemplo, poliolefinas, caucho, etc.) o hidrofílicas (hidrogeles). Ejemplos de este tipo de productos son los de urea revestida con azufre y polímero (PSCU), urea recubierta de polímero (PCU), urea recubierta de azufre (SCU), urea recubierta de poliolefina y NPK recubierto + compuestos.

Los productos en base a compuestos inorgánicos de baja solubilidad corresponden a los conocidos como de lenta liberación. Ejemplo de estos son fosfatos de amonio metálico (estruvita: fosfato de amonio-magnesio), roca fosfórica parcialmente acidulada, etc.

3.5 RENTABLES EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE ALTO VALOR

Algunas ventajas conocidas de los fertilizantes de liberación controlada que se mencionaron en la charla son que el nitrógeno se libera a tasas que coinciden mejor con la demanda del cultivo, que se incrementa la eficiencia de uso del N, que se reducen las pérdidas y la contaminación ambiental y que se reduce el número de aplicaciones de fertilizantes, por lo que así mismo disminuye la cantidad de fertilizante aplicado y con ello los requerimientos de mano de obra.

Pero Watson también señaló algunas de sus desventajas. Entre otras, que es difícil que se ajuste exactamente la liberación del nutriente a las necesidades puntuales de cada cultivo, que esta tecnología todavía conlleva un costo más alto por unidad de nitrógeno en comparación con los fertilizantes convencionales, que en ocasiones se encuentra una cantidad de granos dañados (reventados) y que su uso continuo puede incidir en el depósito de residuos de materiales sintéticos en el suelo. Según la experta, algunas de esas desventajas provocan que su uso represente solo entre el 0,20 y el 0,47% del total del consumo de fertilizantes en el mundo (Trenkel, 2010). La principal barrera a superar sería su hasta ahora elevado costo -en comparación con los fertilizantes convencionales-, lo que ha limitado su uso en agricultura en tanto se utilizan en nichos de mercados no agrícolas.

Sin embargo, como se expuso repetidamente en el Congreso, estos productos hoy ya son rentables en cultivos de alto valor, y su costo va continuamente disminuyendo. La disminución del precio, que ha incidido en el aumento en el uso de estos productos, se debe en parte al crecimiento de la capacidad de producción de urea recubierta de azufre (SCU) en China y al desarrollo de nuevos fertilizantes de urea revestida por polímeros (PCU) para el mercado agrícola de EEUU (por ejemplo el Nitrógeno Ambientalmente Inteligente de Agrium), los que han demostrado ser rentable en cultivos extensivos tales como maíz, arroz, trigo y papas.

3.6 USO ÓPTIMO DE P Y K A TRAVÉS DE LIBERACIÓN CONTROLADA

Las condiciones de suelo que favorecen la mayor eficiencia de fósforo de liberación controlada (CRF) son altos índices de Fe-Al oxi-hidróxidos; presencia de Fe amorfo, imogolita-alofano-materia orgánica; presencia de caolinita de baja cristalinidad y de tamaño pequeño; alta intercambiabilidad y acidez (Al, H); suelos de alto pH (Calcáreos); alta escorrentía potencial; y suelos muy arenosos.

Por su parte las condiciones que aseguran una mayor eficiencia del potasio de liberación controlada son su uso en suelos muy arenosos; en situaciones de muy baja CIC; ante arcillas altamente fijadoras de K (ej, vermiculita); alta intercambiabilidad y acidez (Al, H); alta escorrentía potencial; salinidad de suelo de media a alta; o altas tasas de K localizado o a la banda (o sea problemas de manejo).

Está demostrado que los fertilizantes de eficiencia mejorada en sus tres modalidades, fertilizantes de liberación controlada, de lenta liberación o estabilizados, en condiciones adecuadas de uso elevan los rendimientos, logran mejorar la calidad de las cosechas, aportan una mayor flexibilidad de manejo y de varias formas inciden en una menor contaminación ambiental. En la actualidad el reto de la industria en general apunta a bajar el costo por unidad de nutriente y así mismo aumentar su rentabilidad, lo que ya se ha logrado en diferentes cultivos. En el congreso se presentó una gran cantidad de estudios que demuestran la conveniencia económica de aplicar estos fertilizantes de mayor eficiencia en diferentes cultivos extensivos pero también, en un número creciente de frutales

3.7 MÚLTIPLES BENEFICIOS DE FERTILIZANTES MÁS EFICIENTES

Catherine Watson destacó que estos fertilizantes de eficiencia mejorada logran incrementar el crecimiento de las plantas, reducir las pérdidas de N y también reducir la emisión de gases invernadero (ej. N₂O). Pero también reconoció que muestran un efecto variable, el que dependerá del cultivo, de las propiedades del suelo, y de factores climáticos y de manejo.

Para la experta, los inhibidores de la ureasa aparecen como los más beneficiosos en suelos donde hay altas pérdidas de NH₃ desde la urea y afirma que la urea modificada puede ser una alternativa al nitrógeno amoniacal o al nitrato de calcio-amonio en condiciones húmedas.

Por su parte, los inhibidores de la nitrificación muestran grandes beneficios en los suelos donde se producen grandes pérdidas de N, ya sea por lixiviación o emisión de N₂O.

Afirmó la especialista británica que el desarrollo y comercialización de nuevas formulaciones fertilizantes, más efectivas, de bajo costo y no tóxicas, es un proceso que requiere de bastante tiempo. Pero, como para que el uso de este tipo de fertilizantes más eficientes se masifique en la agricultura se requiere que su costo disminuya aún más. “De este modo los productores comenzarán a entender los múltiples beneficios de estos productos, como son incremento de rendimiento, mejora en la calidad de las cosechas, mayor flexibilidad de manejo y menor contaminación ambiental”, puntualizó Watson.

3.8 OBJETIVOS

1. Reducir la mano de obra para la aplicación de fertilizante de liberación controlada.
2. Evaluar una mezcla física de fertilizante conteniendo un 50% de liberación controlada y 50% de formulación convencional, para reducir la cantidad de fertilizante aplicado.

3.9 METODOLOGIA

3.9.1 PREPARACION DEL TERRENO:

Para todo el suelo se realizó una preparación mecanizada, seguido de un surqueado dejando una zanja para preparar la primera aplicación de cuatro quintales por cuerda de gallinaza que se aplicó a todo los tratamientos y un desinfectante químico para el suelo.



Figura 11. Preparación del terreno.

Seguidamente se delimito cada uno de los tratamientos y repeticiones y se calculo cuanto se aplicaría en cada tratamiento según su dimensión.



Figura 12. Delimitación de cada uno de los tratamientos.

3.9.2 Modelo estadístico

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

De donde:

Y_{ijk} = la ijk -ésima observación.

μ = es el promedio general de la población.

τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento del experimento.

β_j representa el efecto del j -ésimo bloque del experimento.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental de del j -ésimo bloque.

3.9.3 DIMENSIONES DEL LUGAR DE TRABAJO

Consta de 10 surcos de 70 metros de largo y 10 metros de ancho.

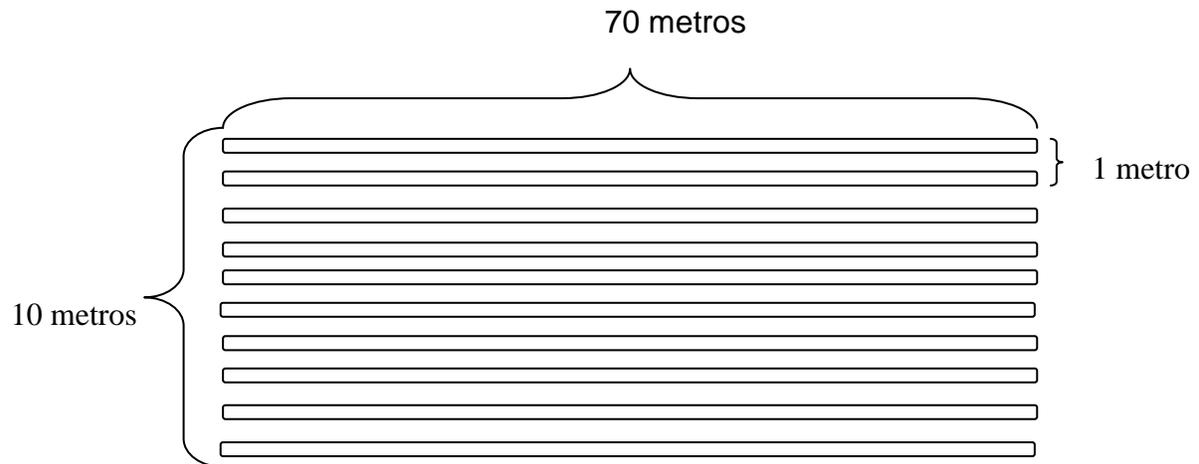


Figura 13. Dimensiones del lugar de trabajo

3.9.4 DISEÑO EXPERIMENTAL: BLOQUES AL AZAR DONDE:

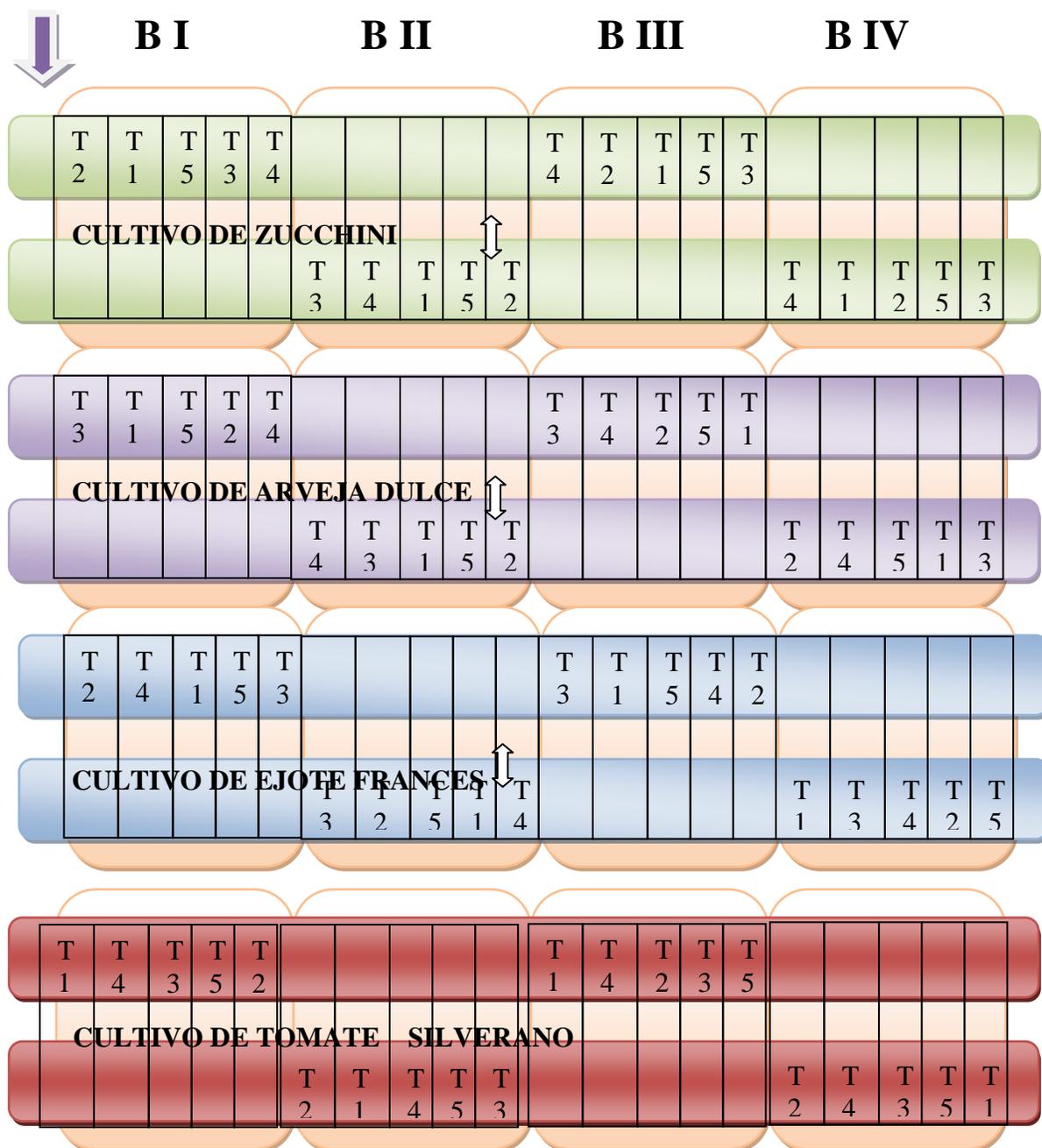
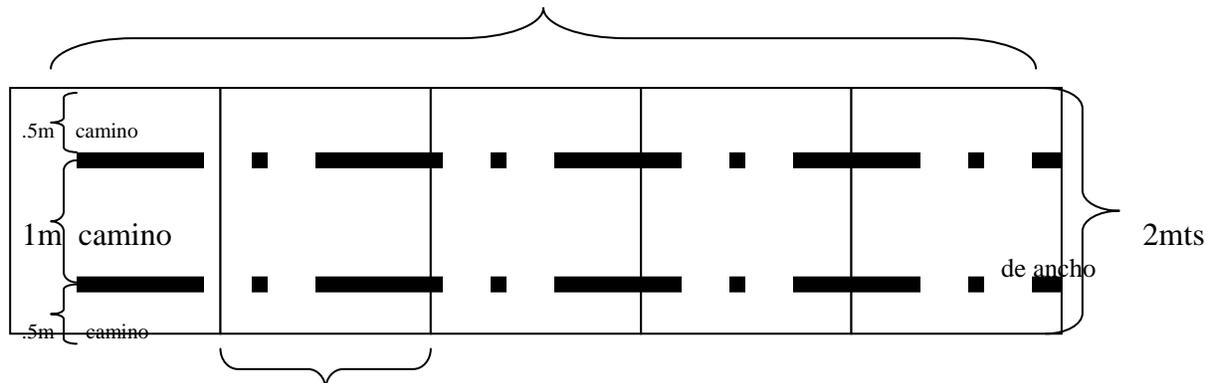


Figura 14. Diseño experimental de bloques al azar.

Para elaborar los bloques al azar se utilizaron dos surcos para los cultivos de zucchini, ejote francés y arveja dulce, y para el cultivo de tomate se utilizaron cuatro surcos.

Cada bloque tendrán las siguientes dimensiones:

Cada bloque mide 17 metros



Cada unidad experimental mide 3.4 metros

Figura 15. Dimensiones de cada bloque.

3.9.5 TRATAMIENTOS

T1. Fertilización conforme a las prácticas comerciales.

T2. Fertilización con el 25% menos en cantidad que la aplicación comercial, usando una mezcla con el 50% de nutrientes, conteniendo gránulos con la técnica scotts.

T3. Fertilización con el 50% menos en cantidad que la aplicación comercial usando una mezcla con el 50% de nutrientes contenido en gránulos con la técnica scotts.

T4. Una aplicación de producto de Arranque más dos aplicaciones de producto de balance.

T5. Sin fertilización adicional como testigo.

Todo lo señalado con resaltador amarillo fue la dosis aplicada en el campo.

3.9.5.1 PLAN DE FERTILLIZACION PARA EL PRIMER TRATAMIENTO EN EL CULTIVO DE SUCCHINI, EJOTE FRANCES Y TOMATE

1 qq de 18-6-12

1 qq de nitrato de calcio a los 20 días después de la siembra

1 qq de nitrato de potasio a los 40 días después de la siembra

La forma de aplicación de los agricultores, es por surco, en la cual se les van un quintal de este producto por cuerda (cada 1,120 metros).

Cada tratamiento tiene una distancia por surco de 3.4 metros y consta de dos surcos, se hizo la comparación para saber cuánto de producto tendrá dicho tratamiento:

$$\begin{array}{l}
 1,120 \text{ m}^2 \text{ ----- } 1 \text{ qq} \\
 3.4 \text{ m}^2 \text{ -----} \times = 3.035 \times 10^{-03} \text{ qq} * 46 \text{ Kg} * 1000 \text{ g} = \mathbf{139.6428g \text{ en } 3.4 \text{ m}^2} \\
 \\
 3.4 \text{ m}^2 \text{ ----- } 139.6428\text{g} \\
 1\text{m}^2 \text{ -----} \times = 41.07\text{g/m}^2
 \end{array}$$

Al momento de la siembra por cada 139.6428g de fertilizante (18-6-12) contenido en un surco de tratamiento se aplicó lo siguiente en gramos:

Cuadro 12. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento.

N	P2O5	K2O	SUMATORIA	TRANSPORTE	TOTAL
g	g	g	g	g	g
25.13	8.38	16.76	50.27	89.37	139.64
g/m²	g/m²	g/m²	g/m²	g/m²	g/m²
7.39	2.46	4.93	14.78	26.28	41.07
kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha
73.93	24.64	49.28	147.85	262.85	410.70

Fuente: Datos experimentales.

A los 20 días después de la siembra por cada **139.6428g** de fertilizante (nitrato de calcio) contenido en un surco de tratamiento se aplicó lo siguiente en gramos:

Cuadro 13. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento.

N	CaO	K2O	SUMATORIA	TRANSPORTE	TOTAL
g	g	g	g	g	g
21.64	36.73	0	58.37	81.27	139.64
g/m²	g/m²	g/m²	g/m²	g/m²	g/m²
6.36	10.80	0	17.17	23.90	41.07
kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha
63.66	108.01	0	171.68	239.03	410.71

Fuente: Datos experimentales.

A los 40 días después de la siembra, por cada **139.6428g** de fertilizante (nitrato de potasio) contenido en un surco de tratamiento se aplicó lo siguiente en gramos:

Cuadro 14. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento.

N	CaO	K2O	SUMATORIA	TRANSPORTE	TOTAL
g	g	g	g	g	g
18.153564	0	64.235688	82.389252	57.253548	139.6428
g/m²	g/m²	g/m²	g/m²	g/m²	g/m²
5.33928353	0	18.8928494	24.2321329	16.8392788	41.0714118
kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha
53.3928353	0	188.928494	242.321329	168.392788	410.714118

Fuente: Datos experimentales.

3.9.5.2 PLAN DE FERTILIZACION PARA EL SEGUNDO TRATAMIENTO EN EL CULTIVO DE SUCCHINI, EJOTE FRANCES Y TOMATE

0.75 quintales por cuerda de fertilizante de liberación controlada (15-5-10)

1,120 m² ----- 0.75 qq

3.4 m² -----X = 2.2767×10^{-03} qq * 46 Kg * 1000 g = 104.73g/ 3.4 m²

3.4 m² ----- 104.73 g

1m²-----X = 30.8 g/m²

Como es de liberación controlada se pretende hacer una sola aplicación, se aplica de un solo las tres dosificaciones que el agricultor hace en el transcurso del ciclo del cultivo.

104.73*3= 314.1964 gramos contenido en un tratamiento.

Por cada 314.1964g de fertilizante (15-5-10 + 9-6-1-.3) conteniendo 50% de liberación controlada y 50% de liberación convencional, en cada surco de tratamiento se aplico los siguientes en gramos:

Cuadro 15 Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento dos.

N g/m ²	P ₂ O ₅ g/m ²	K ₂ O g/m ²	CaO g/m ²	MgO g/m ²	ZnO g/m ²	B ₂ O ₃ g/m ²	SUMATORIA g/m ²	TRANSPORTE g/m ²	TOTAL g/m ²
13.86	4.62	9.24	8.32	5.54	0.92	0.27	42.78	49.62	92.41
kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha	kg/Ha
138.61	46.20	92.41	83.17	55.44	9.24	2.77	427.85	496.23	924.09

Fuente: Datos experimentales.

3.9.5.3 PLAN DE FERTILIZACION PARA EL TERCER TRATAMIENTO EN EL CULTIVO DE SUCCHINI, EJOTE FRANCES Y TOMATE

0.5 quintales por cuerda de 15-5-10

1,120 m ----- 0.5 qq

3.4 m -----X = $1.51 \times 10^{-03} \text{ qq} * 46 \text{ Kg} * 1000 \text{ g} = 69.82 \text{ g} / 3.4 \text{ m}^2$

3.4 m² ----- 69.82 g

1m²-----X = 20.53 g/m²

Al igual que el tratamiento dos, este es de liberación controlada y el procedimiento de aplicación es la misma, solo que en este caso contiene la mitad de la dosis convencional que se utiliza normalmente en campo.

69.82 * 3 aplicaciones= 202.46 gramos que estará contenido en un surco de tratamiento.

Por cada 202.46g de fertilizante (15-5-10 + 9-6-1-.3) conteniendo 50% de liberación controlada y 50% de liberación convencional, en cada surco de tratamiento se aplicó lo siguiente en gramos:

Cuadro 16. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento tres.

N	P2O5	K2O	CaO	MgO	ZnO	B2O3	SUMATORIA	TRANSPORTE	TOTAL
g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
10.47	3.49	6.98	6.28	4.19	0.69	0.20	32.32	37.49	69.82
g/m ²									
3.08	1.02	2.05	1.85	1.23	0.20	0.06	9.51	11.02	20.53
kg/Ha									
30.80	10.26	20.53	18.48	12.32	2.05	0.61	95.07	110.27	205.35

Fuente: Datos experimentales.

3.9.5.4 PLAN DE FERTILLIZACION PARA EL CUARTO TRATAMIENTO EN EL CULTIVO DE SUCCHINI, EJOTE FRANCES Y TOMATE

1 qq de 10-15-5 + 11-6-1-0.3

1 qq de 15-5-10 + 9-6-1-0.3 a los 20 días después de la siembra

1 qq de 15-5-10 + 9-6-1-0.3 a los 40 días después de la siembra

La forma de aplicación de los agricultores, es por surco, en la cual se les van un quintal de este producto por cuerda (cada 1,120 metros).

Cada tratamiento tiene una distancia por surco de 3.4 metros y consta de dos surcos, se comparó, para saber cuánto de producto se aplicó en dicho tratamiento:

$$1,120 \text{ m}^2 \text{ ----- } 1 \text{ qq}$$

$$3.4 \text{ m}^2 \text{ -----X} = 3.035 \times 10^{-03} \text{ qq} * 46 \text{ Kg} * 1000 \text{ g} = \mathbf{139.6428g \text{ en } 3.4 \text{ m}^2}$$

$$3.4 \text{ m}^2 \text{ ----- } 139.6428\text{g}$$

$$1\text{m}^2 \text{ -----X} = 41.07\text{g/m}^2$$

Al momento de la siembra, por cada 139.6428g de fertilizante (10-15-5 + 11-6-1-0.3) contenido en un surco de tratamiento se aplicó en los siguientes gramos, al momento de la siembra:

Cuadro 17. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento cuatro.

N g	P2O5 g	K2O g	CaO G	MgO g	ZnO g	B2O3 g	SUMATORIA g	TRANSPORTE g	TOTAL g
13.96	20.95	6.98	15.36	8.38	1.39	0.42	67.45	72.19	139.64
g/m ²									
4.11	6.16	2.05	4.52	2.46	0.41	0.12	19.83	21.23	41.07
kg/Ha									
41.07	61.61	20.54	45.18	24.64	4.11	1.23	198.37	212.33	410.71

Fuente: Datos experimentales.

A los 20 y 40 días después de la siembra, por cada **139.6428g** de fertilizante (15-5-10 + 9-6-1-0.3) contenido en un surco de tratamiento se aplicó los siguientes gramos:

Cuadro 18. Cantidad de fertilizante aplicado por tratamiento cuatro.

N g	P2O5 g	K2O g	CaO g	MgO g	ZnO g	B2O3 g	SUMATORIA g	TRANSPORTE g	TOTAL g
20.95	6.98	13.96	12.57	8.38	1.39	0.42	64.65	74.98	139.64
g/m ²									
6.16	2.05	4.11	3.69	2.46	0.41	0.12	19.02	22.06	41.07
kg/Ha									
61.6	20.54	41.07	36.96	24.64	4.11	1.23	190.16	220.55	410.71

Fuente: Datos experimentales.

3.9.6 COLOCACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO Y EL PLASTICO

Después de la primera aplicación de los tratamientos se prosigue a colocar el sistema de riego que es por goteo, seguidamente se colocó el plástico que es para evitar la rápida evaporación de agua y a la vez el control de malezas.



Figura16. Colocación de sistema de riego y plástico

3.9.7 SIEMBRA Y COLOCACIÓN DE LA PITA

Después de la colocación del plástico se prosiguió a realizar la siembra de los cuatro cultivos que se evaluarán según la aplicación de los tratamientos ya establecidos.



Figura 17. Siembra y colocación de pita

Seguidamente de la siembra se colocaron unos postes cada tres metros y veinte centímetros, esto sirve para realizar el piteado en el caso de ejote francés, arveja y tomate lo cual se coloca según el crecimiento del cultivo y para ello se realizó ciertos monitoreo en el lugar de interés.



Figura 18. Colocación de postes

3.9.8 IDENTIFICACIÓN Y ROTULACIÓN DEL EXPERIMENTO

Ya establecido el experimento se prosiguió a identificarlo; cada unidad experimenta constaba de 5 tratamientos lo cual según su aleatorización se identificó con un espray blanco y cada unidad experimental se identificó con un espray azul.



Figura 19. Identificación y rotulación

Después de señalar cada tratamiento según su unidad experimental se prosiguió a rotular cada experimento según su cultivo.



Figura 20. Rotulación de cada experimento.

Cuadro 19. Análisis químico del suelo. Finca Suiza, San Lucas Sac., Guatemala. Nov. 9, 2010

IDENTIFICACIÓN	PH	ppm		Meg/100g		ppm				Meg/100g					%		
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	Al+H	SB	M.O
RANGOS MEDIO		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15								
M-1	6.2	104	500	13.1	2.31	2.5	7.5	13.5	31.5	16.67	7.49	1.6	0.31	1.54	---	65.64	2.9

Fuente: Datos experimentales.

Cuadro 20. Análisis Físico del suelo. Finca Suiza San Lucas Sac., Guatemala, Nov.9, 2009.

IDENTIFICACIÓN	%			CLASES TEXTURAL
	ARCILLA	LIMO	ARENA	
M-1	22.89	17.01	60.1	FRANCO ARCILLO ARENOSO

Fuente: Datos experimentales.

3.10. RESULTADOS

3.10.1 CULTIVO DE ZUCCHINI:

Los resultados de Zucchini, se presentan en los siguientes cuadros. En los mismos puede apreciarse el rendimiento de las 9 cosechas.

Cuadro 21. Rendimiento (kg/ha) de Zucchini Var. Green Commander

Cosechas	*T1	T2	T3	T4	T5
1	327.5	520.0	287.5	312.5	90.5
2	547.5	576.5	1201.5	741.5	53.5
3	825.0	1005.0	1237.5	847.5	77.5
4	472.5	555.0	485.0	250.0	12.5
5	707.5	1412.5	1170.0	764.5	47.0
6	1480.0	1727.5	1442.5	992.5	66.5
7	1554.0	1814.0	1514.5	1042.0	69.5
8	1787.0	2086.0	1742.0	1198.5	80.0
9	2770.0	3233.0	2700.0	1857.5	124.0
TOTAL	10471	12929.5	11780.5	8006.5	621

Fuente: Datos experimentales.

Cuadro. 22 Análisis de varianza del rendimiento de Zucchini Var. Green Commander

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	10694082.3	4	2673520.56	6.17	0.00057418	2.60
Dentro de los grupos	17316446.7	40	432911.168			
Total	28010529	44				

Fuente: Datos experimentales.

Al elaborar un análisis de varianza para determinar el rendimiento del cultivo de Zucchini, se rechaza la hipótesis nula ya que los valores de F tabulada son superiores la F calculada.

Cuadro 23. Prueba de tukey 0.05 del rendimiento promedio (kg/ha) de Zucchini Var. Green Commander.

Tratamientos	Medias	
	kg/ha	
*T2	1436.61	A
T3	1308.94	A
T1	1163.44	A
T4	889.61	B
T5	69	B

Con un valor de significancia de 0.05

Fuente: Datos experimentales.

Los tratamientos dos (conteniendo fertilización de 25% menos en cantidad que la aplicación comercial, usando una mezcla del 50% conteniendo gránulos con la técnica scotts), tres (conteniendo fertilización con el 50% menos en cantidad que la aplicación comercial usando una mezcla de 50% contenido en gránulos con la técnica scotts) y uno (conteniendo fertilización conforme a las prácticas comerciales), presentaron una diferencia significativa a comparación del tratamiento cinco (sin fertilización adicional como testigo) y el cuatro (conteniendo una aplicación de producto de Arranque más dos aplicaciones de producto de balance).

3.10.2 CULTIVO DE EJOTE FRANCÉS:

A continuación se observa los resultados de Ejote Francés en los mismos puede apreciarse el rendimiento de las cuatro cosechas.

Cuadro 24. Rendimiento en kg/ha de Ejote Francés Var. Sapporo.

Cosechas	*T1	T2	T3	T4	T5
1	1927.3	2545.5	2959.1	2475.0	250.0
2	3403.4	3434.7	3224.4	2724.4	244.3
3	2042.0	2747.7	2579.5	2179.5	195.3
4	2722.7	2060.8	1934.7	1634.7	146.2
TOTAL	10095.5	10788.6	10697.7	9013.6	835.5

Fuente: Datos experimentales.

Cuadro 25. Análisis de varianza del rendimiento del cultivo de ejote francés.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	17848456.3	4	4462114.07	16.81	2.0456E-05	3.055
Dentro de los grupos	3981732.44	15	265448.829			
Total	21830188.7	19				

Fuente: Datos experimentales.

Al elaborar un análisis de varianza para determinar el rendimiento del cultivo de Ejote francés, se rechaza la hipótesis nula ya que los valores de F tabulada son superiores a la F calculada.

Cuadro 26. Prueba de tukey 0.05 del rendimiento promedio (kg/ha) de ejote francés.

Tratamientos	Medias	
	kg/ha	
*T2	2697	A
T3	2674	A
T1	2523.9	A
T4	2253.4	A
T5	208.87	B

Con un valor de significancia de 0.05

Fuente: Datos experimentales.

Los tratamientos dos (conteniendo fertilización de 25% menos en cantidad que la aplicación comercial, usando una mezcla del 50% conteniendo gránulos con la técnica scotts), tres (conteniendo fertilización con el 50% menos en cantidad que la aplicación comercial usando una mezcla de 50% contenido en gránulos con la técnica scotts) y uno (conteniendo fertilización conforme a las prácticas comerciales) y el cuatro (conteniendo una aplicación de producto de Arranque más dos aplicaciones de producto de balance), presentaron una diferencia significativa a comparación del tratamiento cinco (sin fertilización adicional como testigo).

En los cultivos de ejote francés y Zucchini el tratamiento con una aplicación de Arranque y dos de Balance fue inferior a la práctica comercial ambos con liberación convencional.

3.10.3 CULTIVO DE TOMATE:

Cuadro 27. Rendimiento en kg/ha del cultivo de Tomate

Cosechas	*T1	T2	T3	T4	T5
1	10169.85	10736.1	12729.3	12004.5	1257.75
2	18573	18120	16761	16987.5	1404
3	11732.7	15130.2	15402	13703.25	1513.2
TOTAL	40475.55	43986.3	44892.3	42695.25	4174.95

Fuente: Datos experimentales.

Cuadro 28. Análisis de varianza del rendimiento del cultivo del tomate.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	405897869	4	101474467	11.42	0.0009	3.47
Dentro de los grupos	88819950.1	10	8881995.01			
Total	494717820	14				

Fuente: Datos experimentales.

Al elaborar un análisis de varianza para determinar el rendimiento del cultivo del tomate, se rechaza la hipótesis nula ya que los valores de F tabulada son superiores a la F calculada.

Cuadro 29. Prueba de tukey 0.05 del rendimiento promedio (kg/ha) del cultivo de tomate.

Tratamientos	Medias kg/ha	
*T3	14964.1	A
T2	14662.1	A
T4	14231.75	A
T1	13491.85	A
T5	1391.65	B

Con un valor de significancia de 0.05

Fuente: Datos experimentales.

Los tratamientos dos (conteniendo fertilización de 25% menos en cantidad que la aplicación comercial, usando una mezcla del 50% conteniendo gránulos con la técnica scotts), tres (conteniendo fertilización con el 50% menos en cantidad que la aplicación comercial usando una mezcla de 50% contenido en gránulos con la técnica scotts) y uno (conteniendo fertilización conforme a las prácticas comerciales) y el cuatro (conteniendo una aplicación de producto de Arranque más dos aplicaciones de producto de balance), presentaron una diferencia significativa a comparación del tratamiento cinco (sin fertilización adicional como testigo).

En los cultivos de ejote francés y Zucchini el tratamiento con una aplicación de Arranque y dos de Balance fue inferior a la práctica comercial ambos con liberación convencional.

Los resultados sugieren que en los tres cultivos utilizando los fertilizantes de liberación controlada con la técnica Scotts, ya que en estos se podría reducir la aplicación de producto hasta en un 50% y obtener los mismos resultados a los fertilizantes comerciales y así mismo reducir el número de aplicaciones con la consecuente reducción por concepto de mano de obra ya que tukey indica que los tratamientos uno y cuatro que son fertilizantes convencionales son estadísticamente iguales que los tratamientos dos y tres que son de liberación controlada aplicados una sola vez. En los tratamientos donde se aplicó una sola vez fertilizantes con la tecnología Scotts y además se redujo la cantidad del mismo producto hasta en un 50%, los rendimientos fueron consistentemente que la práctica comercial donde se utilizó la totalidad de fertilizantes de liberación convencional.

3.11 CONCLUSIONES

1. Se demostró por las pruebas de tukey que los fertilizantes convencionales donde se realizan tres aplicaciones, son estadísticamente iguales que las de liberación controlada en donde se realiza una sola aplicación al momento de la siembra, esto indica que es posible reducir la mano de obra para la aplicación de fertilizante de liberación controlada.
2. Se demostró que con una mezcla física de fertilizante consistente en un 50% de liberación controlada y 50% de formulación convencional, se puede reducir la cantidad de fertilizante aplicada en el suelo sin perjudicar la producción.

3.12. RECOMENDACIONES

1. Repetir este tipo de experimento bajo condiciones de campo, previo análisis de suelo y hacer las mezclas correspondientes usando fuentes de liberación controlada según los requerimientos del cultivo y de las condiciones del suelo en lugar de mezclas de proporciones de NPK predefinidas como ocurrió en el presente experimento.
2. Extender este tipo de ensayos a otros cultivos anuales y perennes siguiendo los lineamientos antes indicados.
3. Se recomienda utilizar fertilizantes de liberación controlada ya que estos reducen la contaminación del ambiente, al permitir la reducción de la cantidad total de fertilizante aplicada al sistema de producción.

3.14. BIBLIOGRAFIA

1. Alpiza, E. 2009. Evaluación de diferentes fuentes de calcio y magnesio y su aplicación fraccional en café. Revista TIGSA no. 1:5-9.
2. Arias Marroquín, ME. 1986. Efecto de fórmulas comerciales de fertilizantes y niveles de aplicación, sobre el rendimiento de cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Loman en el municipio de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas. 34 p.
3. Colindres y Colindres, MA. 2003. Evaluación de cuatro fertilizantes hidrosolubles para producción de pilón de tabaco (*Nicotiana tabacum*) en el sistema de floating en la tabacalera Dimon de Guatemala, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Zacapa, Guatemala, USAC, 39 p.
4. Conferencia de Rio de Janeiro. s.f. Fertilizantes de liberación controlada, de lenta liberación y estabilizados (en línea). Brasil. Consultado 15 mar 2013. Disponible en <http://www.redagricola.com/reportajes/nutricion/fertilizantes-de-liberacion-controlada-de-lenta-liberacion-y-estabilizados>
5. González Solórzano, LF. 1987. Evaluación de diferentes dosis de fertilizantes comerciales (20-20-0, 15-15-15, 46-0-0) en base a los requerimientos mínimos en el cultivo de crisantemos (*Chrysanthemum morifolium*), en el municipio de La Esperanza, Quetzaltenango. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, USAC, CUNOC. 46 p.
6. Rodríguez Pérez, JL. 1985. Evaluación de cuatro niveles de fertilizantes fórmulas comerciales 15-15-15 y 46-0-0, con dos densidades de población, para el cultivo de col brusela (*Brassica oleracea* var. *Germinifera* Z.) en el proyecto de mini riego de San Marcos. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, USAC, CUNOC. 56 p.
7. TIGSA, GT. s.f.a. Línea AGROFERTIL: mezclas físicas / materias primas. Guatemala. 8 p.
8. _____. s.fb. Línea TIGSA: elementos secundarios y micros. Guatemala. 8 p.
9. Ubiera, A. 2009. TIGSABLEN. Revista TIGSA no. 1:10-11.