

ZAMORANO
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

**Comparación de tres programas de nutrición en
tomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo
invernadero en Zamorano, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

Carlos Xavier Villavicencio Largacha

ZAMORANO
Noviembre, 2005

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Carlos Villavicencio

ZAMORANO
Noviembre, 2005

**Comparación de tres programas de nutrición en tomate (*Lycopersicon
esculentum*) bajo invernadero en Zamorano, Honduras**

Presentado por:

Carlos Xavier Villavicencio Largacha

Aprobado:

Gloria Arévalo de Gauggel, M. Sc
Asesor Principal

Abelino Pitty, Ph. D.
Director Interino de Carrera Ciencia
y Producción Agropecuaria

Luis De Jesús, Ing. Agr.
Asesor

George Pilz, Ph. D.
Decano Académico

Abelino Pitty, Ph. D
Coordinador del Área Temática
Fitotecnia

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios por ser la luz que ilumina mi camino.

A mi familia por darme su apoyo en todo momento.

A mis amigos del alma.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser la luz que ilumina mi camino.

A mi familia por darme su apoyo en todo momento.

Al Ing. José María Miselem por brindarme sus conocimientos sus enseñanzas y su paciencia.

A Ronald Navarrete por estar conmigo en toda la elaboración del presente estudio y por su amistad.

A Enrique Ferrufino por su apoyo en la parte de campo y por su amistad.

A la Ing. Gloria de Gauggel por su apoyo incondicional, por sus consejos, confianza y sobre todo, paciencia.

Al Ing. Luis de Jesús por sus consejos, por apoyarme en todo momento y mas que todo por su amistad.

A la Ing, Hilda Flores por su apoyo y su amistad.

A Inés Ordóñez por todo su apoyo en la parte de campo.

A José María Gómez, y todos amigos por haber estado conmigo en las buenas y en la malas.

A la clase NEMESIS por su amistad.

RESUMEN

Villavicencio, Carlos. 2005. Comparación de tres programas de fertilización en tomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras. Proyecto especial del programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras.

El costo de la fertilización de tomate representa entre 4.5 y 5.5% del costo total del cultivo, lo que es bajo, considerando la gran importancia en el rendimiento y en la calidad que trae consigo una buena fertilización. El objetivo del estudio fue definir el programa de fertilización que mejor se adapte a las condiciones bajo macrotúnel en Zamorano, Honduras, para el cultivo de tomate variedad Alborán. El experimento se realizó entre mayo y septiembre de 2005. Se usó un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo en un total de 108 plantas. De estas plantas se escogieron 12 de cada tratamiento al azar para recoger el agua drenada de las bolsas por medio de lisímetros para medir pH y conductividad eléctrica. Los tratamientos fueron: tratamiento 1: N-300, P₂O₅-116, K₂O-600, CaO-288, MgO-45, S-70 kg/ha; tratamiento 2: N-500, P₂O₅-232, K₂O-516, CaO-288, MgO-45, S-70; tratamiento 3: N-247, P₂O₅-174, K₂O-527, CaO-75, MgO-15, S-22. El tratamiento 1 se basó en la curva de absorción de nutrientes realizada por Bertsh (2003), el tratamiento 2 en las curvas de absorción de nutrientes realizada por Saravia (2004) y en la recomendación de FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) para el tratamiento 3. Los tratamientos no tuvieron diferencia significativa en altura, diámetro del tallo y conductividad eléctrica. Sin embargo se observó, que el agua drenada salió salina en las primeras 4 semanas, lo que indica que existen pérdidas de nutrientes en el agua de riego y disminuyó a ligeramente salina a partir de la semana 5. El tratamiento que mayor rendimiento dio fue el tratamiento 1 con 15,878 kg/ha, con un total de 145,556 frutos comerciales y 14001 de rechazo. El tratamiento 3 tuvo un rendimiento de 11625 kg/ha y obtuvo menor cantidad de frutos no comerciales con 81,667 unidades. El pH del agua drenada tuvo diferencias significativas, el tratamiento 1 fue el que más se acercaba a 6, esto pudo ser porque no hubo lixiviaciones de amonios ya que este ayuda a bajar el pH. El cultivo fue afectado por un virus, cuya sintomatología demostraba ser proveniente de gemivirus la cual limitó severamente los rendimientos. Para evaluar el efecto de la enfermedad se planteó un rango de evaluación de severidad y el tratamiento 1 tuvo 39% en el rango leve, 22% en el moderado, 28% en el rango severo, siendo así el menos afectado y un 11% de mortalidad. Se concluyó que el tratamiento 1 se adaptó mejor a la condiciones de Zamorano a pesar de la infección viral que tuvo. Se recomendó realizar estudios en donde se pueda relacionar las enfermedades (en especial geminivirus) y la nutrición, puesto que es uno de los problemas más importantes para los productores de tomate actualmente.

Palabras clave: nutrición, tomate, rango de severidad, rendimiento, virus

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Contenido.....	vii
Indice de figuras.....	ix
Indice de cuadros.....	x
Indice de anexos.....	xi
1. INTRODUCCION.....	1
2. MATERIALES Y METODOS.....	3
2.1 MATERIALES.....	3
2.1.1 Ubicación.....	3
2.1.2 Macrotúnel.....	3
2.1.3 Bolsas.....	3
2.1.4 Sustrato.....	3
2.2 MANEJO AGRONOMICO.....	3
2.2.1 Variedad.....	3
2.2.3 Fertilizantes.....	4
2.2.3.1 Nitrato de amonio (NH_4NO_3).....	4
2.2.3.2 Nitrato de potasio (KNO_3).....	4
2.2.3.3 Nitrato de calcio (CaNO_3).....	4
2.2.3.4 Fosfato monoamónico MAP ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$).....	4
2.2.3.5 Sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$).....	4
2.2.3.6 Ácido fosfórico (H_3SO_4).....	4
2.3 METODOLOGIA.....	5
2.3.1 Establecimiento del experimento.....	5
2.3.2 Desarrollo de experimento.....	5
2.3.3 Variables.....	5
2.3.3.1 Altura.....	5
2.3.3.2 Diámetro.....	6
2.3.3.3 Rendimiento.....	6
2.3.3.4 pH y conductividad eléctrica.....	6
2.3.3.5 Severidad de daño por virus.....	6
2.4 TRATAMIENTOS.....	6
2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	7
2.6 ANALISIS ESTADISTICO.....	7

3. RESULTADOS Y DISCUSION	8
3.1 VARIABLES AGRONOMICAS	8
3.1.1 Altura de la planta	8
3.1.2 Diámetro	8
3.1.3 Rendimiento del cultivo	9
3.2 EVALUACION DE AGUA DE DRENAJE.....	10
3.2.1 pH de la solución drenada	10
3.2.2 Conductividad eléctrica	10
3.2.3 Relación de consumo de nutrientes y producción	12
3.3 EVALUACION DE ENFERMEDADES.....	12
3.3.1 Severidad e incidencia	12
4. CONCLUSIONES	14
5. RECOMENDACIONES	15
6. BIBLIOGRAFIA	16
7. ANEXOS	17

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Variación de pH en la solución de drenaje en las semanas después de transplante.	10
2. Variación de conductividad eléctrica en las semanas después de transplante.....	11

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Nutrientes aplicados durante el ciclo del cultivo de tomate variedad Alborán por tratamiento. Zamorano, Honduras. 2005.....	7
2. Fraccionamiento en porcentaje de la fertilización durante el ciclo del cultivo de tomate variedad Alborán. Zamorano, Honduras. 2005.....	7
3. Altura promedio de la plantas de tomate en ocho semanas.....	8
4. Diámetro en cm de las plantas de tomate en semanas después de transplante.....	9
5. Rendimiento por hectárea del cultivo de tomate en macrotúnel A.....	9
6. Porcentaje de mortalidad y severidad de virus en tomate variedad Alborán en macrotúnel A en Zamorano, 2005.....	12

INDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág.
1. Plano de ubicación de tratamientos en la mitad del invernadero A	17
2. Altura en cm. de las planta de tomate en el macrotúnel A en Zamorano, 2005.....	18
3 Rendimiento total en kg/ha del cultivo de tomate en DDT en el macrotúnel A en Zamorano, 2005.....	18
4 Programa de fertilización según las curvas de absorción de nutrientes realizadas por Bertsh 2003.....	19
5.Programa de fertilización según las curvas de absorción de nutrientes realizadas por Saravia, 2004.....	19
6 Programa de fertilización según la recomendación de FHIA, 2005.....	19
7.Plan de Fertilización mínima en gramos para el macrotúnel A.....	20
8.Gramos de complementación por tratamiento para macrotúnel A de etapa de crecimiento.....	20
9.Gramos de complementación por tratamiento para macrotúnel A de etapa de floración.....	20
10.Gramos de complementación por tratamiento para macrotúnel A de etapa de fructificación.....	21
11. Gramos de complementación por tratamiento para macrotúnel A de etapa de cosecha.....	21
12.Gramos de complementación por planta por tratamiento para etapa crecimiento.....	22
13.Gramos de complementación por planta por planta para etapa de floración.....	22
14.Gramos de complementación por planta por tratamiento para etapa de fructificación.....	23
Anexo 15. Gramos de complementación por planta por tratamiento para etapa de cosecha.....	23

1. INTRODUCCION

El género *Lycopersicon* es originario de la región andina, empezando desde Colombia hasta el norte de Chile. En el siglo XVI se domesticó y fue llevado a España e Italia donde servían de alimento. Es considerada la hortaliza más importante en el mundo y los mercados de dicho cultivo están siendo muy cotizados a nivel mundial, es por eso que se requieren de prácticas de campo para facilitar el manejo por la delicadeza del cultivo. Uno de los parámetros para tener una producción estable de tomate es que la temperatura óptima oscile entre 20-30 °C y la humedad relativa entre 60 y 80%.

China es el mayor productor de tomate a nivel mundial con cerca de 25 mil millones de toneladas/año, seguido por Estados Unidos con 10 mil millones/año (Infoagro 2002). En el cono sur del continente americano, Brasil con 3500 millones de toneladas es el líder en el sector con una vasta tecnología que les ayuda a ser más productivos. Estos países están innovando en técnicas de producción, infraestructuras, programas de fertilización, manejo de suelos para así poder subir los rendimientos del cultivo.

Unos de los mayores problemas que tiene el productor de campo es la falta de conocimiento referente a un cultivo y su manejo. En los últimos años, la utilización de invernaderos o macrotúneles para la producción de tomate se ha convertido en una herramienta importante para la producción del mismo, esto se debe a que las condiciones de campo son muy variables para la producción de este cultivo. Esto se refleja en una limitada producción debido a la alta incidencia de plagas y enfermedades y hasta un pobre manejo y control de la nutrición de la misma planta.

La utilización de macrotúneles con cobertura plástica, sistemas sencillos de control climático, equipos de riego y fertilizaciones automatizadas, se han difundido ampliamente con el fin de mejorar tanto el crecimiento como el desarrollo de las plantas y consecuentemente aumentar la productividad e incrementar la calidad de frutos (Abad 1995).

Como se mencionó anteriormente la nutrición de la planta está directamente relacionada con la producción de tomate. Se han realizado estudios con respecto a nutrición en tomate y se concluye que cuando se cultiva una planta en solución nutritiva es común observar que algunos elementos son absorbidos por las plantas simplemente porque se encuentran en la solución en determinada concentración y no porque la planta los requiera para su normal desarrollo y producción. (Sáenz 2005).

El costo de la fertilización en tomate representa entre un 4.5 a un 5.5% del costo total del cultivo, lo que es bajo, considerando la gran importancia en el rendimiento y en la calidad que trae consigo una buena fertilización (SQM 2000).

Son trece los elementos químicos que actualmente se consideran indispensables para el desarrollo normal de las plantas (aparte del C, O e H, denominados elementos organógenos) (Falquer 1979). La deficiente disponibilidad de cualquiera de ellos, ya sea por escasez en el suelo o efectos antagónicos, provoca desequilibrios fisiológicos que se manifiestan por los denominados “síntomas de deficiencia nutricional”. Los cultivos tienen diferentes requerimientos o demandas de nutrientes que deben ser satisfechos para lograr rendimientos determinados (Rersh 2001). El tomate en su ciclo de crecimiento pasa por varias etapas de desarrollo: establecimiento de plántulas, crecimiento vegetativo, floración, desarrollo de frutos, y madurez. Cada uno de estos estados es diferente desde el punto de vista de requerimientos de nutrientes (Saravia 2004).

Las técnicas de producción del cultivo de tomate en la Unidad de Producción Hortícola de Zamorano han experimentado notables cambios en los últimos años con el fin de incrementar los rendimientos. En este caso, la implementación y establecimiento de un adecuado programa de nutrición, que es lo que se busca con el desarrollo de este estudio, será el que dé un cambio y mejoras al manejo nutricional del cultivo en cuestión y así posteriormente los rendimientos esperados en producciones futuras.

Definición del problema

Los rendimientos de tomate bajo macrotúnel en Zamorano se ven muchas veces limitados por factores bióticos y abióticos. Entre los bióticos se encuentran las plagas y enfermedades las cuales gracias a un programa de manejo intensivo se han podido disminuir en su mayoría.

Por el otro lado, los abióticos están representados por problemas de nutrición y problemas de mantenimiento de macrotúneles, entre otros. Este estudio se enfocó principalmente en el primero. La falta de nutrición o un desbalance en el mismo limita severamente una buena producción, siendo el tamaño, color y formación de fruto los más afectados.

El objetivo general del estudio fue definir el programa de nutrición que mejor se adapte a las condiciones bajo Macrotúnel en Zamorano, para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad Alborán.

Como objetivos específicos se tuvieron que comparar tres programas de nutrición establecidos en función de las curvas de absorción de nutrientes obtenidas por Bertsh 2003, Saravia 2004 y el programa propuesto por FHIA. Evaluar los rendimientos de los tres programas de nutrición con el cultivo de tomate variedad Alborán, bajo condiciones de macrotúnel en Zamorano. Relacionar la producción obtenida con la cantidad de nutriente aplicado en cada tratamiento. Establecer las relaciones entre los programas de fertilización y la infección por enfermedades.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 MATERIALES

2.1.1 Ubicación

Este estudio se realizó en Zona 3 en el macrotúnel A que pertenece a la Empresa Universitaria de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Valle del Yeguaré Francisco Morazán, Honduras, C.A. Ubicada a 30 km al este de Tegucigalpa, Honduras, a una altitud de 800 msnm, con una precipitación y temperatura promedio anual de 1100 mm y 22°C, respectivamente.

2.1.2 Macrotúnel

El estudio se realizó en la primera mitad del invernadero tipo macrotúnel de 75 m de largo × 16 m de ancho (1200 m²), donde alcanzan 2400 plantas. Lo que equivale a una densidad de 22,000 plantas/ha.

2.1.3 Bolsas

El cultivo se transplantó a bolsa de 0.019 m³, de color negro (33 cm × 36 cm × 16 cm).

2.1.4 Sustrato

El medio que se utilizó en el ensayo estuvo compuesto por una mezcla de compost, casulla de arroz quemada y arena en una proporción por volumen de 5:4:1, respectivamente.

2.2 MANEJO AGRONOMICO

2.2.1 Variedad

El estudio se llevó a cabo con plantas de variedad Alborán.

2.2.2 Etapas de cultivo

Se consideraron cuatro etapas del cultivo a partir de transplante. Etapa de crecimiento: etapa 1 (0-20 DDT¹), etapa de floración: etapa 2 (23-42 DDT), etapa de fructificación: etapa 3 (43-62 DDT), etapa de cosecha: etapa 4 (63-123 DDT).

¹ DDT: Días Después de Transplante

2.2.3 Fertilizantes

Se utilizaron los siguientes fertilizantes

- Nitrato de amonio
- Nitrato de Potasio
- Nitrato de Calcio
- Fosfato monoamónico (MAP)
- Sulfato de Magnesio
- Ácido Fosfórico

2.2.3.1 Nitrato de amonio (NH_4NO_3)

Es uno de los fertilizantes nitrogenados de mayor uso. Se fabrica a partir de la reacción de: ácido nítrico y amoníaco: $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$

Es un sólido blanco, cristalino, con 33.5% de N, la mitad en forma de amonio y la otra en forma nítrica.

2.2.3.2 Nitrato de potasio (KNO_3)

Este fertilizante contiene dos elementos esenciales para la nutrición de las plantas. Su grado es de 13% de N y 44% de K_2O

2.2.3.3 Nitrato de calcio (CaNO_3)

Posee 15,5% N y 19,4% de Ca

2.2.3.4 Fosfato monoamónico MAP ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)

Este fertilizante es mucho más concentrado en P y posee menor contenido de N. La formulación más corrientes es: 10-50-0.

2.2.3.5 Sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Posee 14% de S y 17% de MgO y su uso principal está limitado a fertilización líquida, fertirrigación, y abonos foliares. Es una fuente muy soluble de S y Mg (Meléndez y Molina 2003).

2.2.3.6 Ácido fosfórico (H_3SO_4)

Posee 64.5% de P_2O_5 , su uso principal en aporte de fósforo. Se usa también para destapar goteros en fertirriego.

2.3 METODOLOGIA

2.3.1 Establecimiento del experimento

Dentro del macrotúnel se distribuyeron cuatro camas de siembra con una capacidad de 300 bolsas cada una. Estas camas se dividieron en tres partes iguales, llamándolas a las mismas bloques (B1, B2, B3), dividido cada uno en cuatro parcelas teniendo así un total de 12 parcelas. En cada parcela de cada bloque, se escogieron al azar nueve plantas, seleccionando tres plantas para cada tratamiento. Esto significa que cada parcela tuvo tres repeticiones por cada tratamiento. En total se tuvo tres bloques con cuatro parcelas y cada bloque tuvo 36 plantas, lo que quiere decir que el total de la población fue 108 plantas. En el anexo 1 se explica gráficamente como se estableció el experimento.

2.3.2 Desarrollo de experimento

Todas las plantas recibieron por el sistema de riego, agua y nutrientes según un plan de fertilización mínima aplicado para todo el macrotúnel (Anexo 3). Este consistió en aplicar las dosis mínimas de los tres programas de fertilización. Adicionalmente, se complementó la cantidad restante de fertilizante a cada tratamiento, a fin de completar la dosis de los mismos. Esta fertilización adicional se aplicó a cada bolsa diluida en agua manualmente. Para compensar el agua adicional, se aplicó a todas las bolsas la misma cantidad de agua. Del total de la plantas se escogieron 36 bolsas en las cuales, cada una de ellas tuvo un sistema de recolección de agua drenada llamado lisímetro, en el cual se pudo medir conductividad eléctrica y pH cada semana.

2.3.3 Variables

Las variables medidas en el ensayo fueron: a) altura de la planta por etapa fenológica, ésta se midió hasta la semana 11 por motivo del corte apical que se hace a la planta en esa semana como una práctica agronómica b) diámetro de tallo por etapa fenológica c) conductividad eléctrica del agua drenada por etapa fenológica d) pH del agua drenada por etapa fenológica e) rendimiento en kg/m² ó t/ha, éste se clasificó en total, comercial y no comercial f) número de frutos por etapa de cosecha, se clasificó en total, comercial y no comercial g) severidad de geminivirus.

Agronómicas

2.3.3.1 Altura

La altura fue medida con un metro hasta la semana 8 después de transplante, debido a que unas de las prácticas agrícolas que tiene la empresa universitaria de Hortalizas, es de hacer un corte apical al octavo gajo floral, lo que evita el crecimiento vertical.

2.3.3.2 Diámetro

Fue medido con un pie de rey en la base del tallo cada semana. Se separaron los datos por semana después de trasplante, esto se hizo para determinar el comportamiento de la variable en la medida que el cultivo iba creciendo.

2.3.3.3 Rendimiento

La cosecha se realizó cada semana empezando el día 70 hasta el día 112 después de trasplante. Se midió por medio de la cosecha de plantas que estaban separadas en el invernadero para la investigación. Se cosecharon frutos comerciales y no comerciales. Los criterios más importantes en la cosecha es que el fruto tuviera una coloración verde amarillento y el tamaño óptimo que el mercado exige, si el fruto no llena ambos requisitos se considera frutos no comerciales. La cosecha se realizó manualmente y la recolección fue en canastas de plástico.

Evaluación de agua de drenaje

2.3.3.4 pH y conductividad eléctrica

Se midió la conductividad eléctrica y el pH del agua drenada de 36 plantas escogidas cada semana con un medidor de pH y un conductímetro, semanalmente.

2.3.3.5 Severidad de daño por virus

Las plantas presentaron sintomatología por afección por virus después de la etapa de floración. Basándose en el libro de Castaño-Zapata (1994), se establecieron cuatro rangos de severidad para evaluar las plantas afectadas con el virus, éstas son: sana (0% de infección), leve (25% de infección), moderada (50% de infección), severa (> 75% de infección).

2.4 TRATAMIENTOS

Los tratamientos usados estuvieron basados en las siguientes recomendaciones:

Tratamiento 1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

Tratamiento 2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

Tratamiento 3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

La cantidad de nutriente aplicado en cada tratamiento se puede observar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Nutrientes aplicados durante el ciclo del cultivo de tomate variedad Alborán por tratamiento. Zamorano, Honduras. 2005.

Tratamiento	kg/ha/ciclo					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
T1	300	116	600	288	45	70
T2	500	232	516	288	45	70
T3	247	174	527	75	15	22
Previo [∞]	388	135	318	111	65	70

[∞] Programa de fertilización usado anteriormente en Zona 3 en la Unidad de Hortalizas

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

En todos los tratamientos la aplicación de fertilizantes se fraccionó por etapa fenológica como se observa en el cuadro 2.

Cuadro 2. Fraccionamiento en porcentaje de la fertilización durante el ciclo del cultivo de tomate variedad Alborán. Zamorano, Honduras. 2005.

Elemento	Etapas			
	Crecimiento (31dds ^o)	Floración (50dds)	Cosecha (92dds)	Maduración (106dds)
N	4	10	52	34
P	3	13	45	39
K	4	10	56	30
Ca	2	8	46	44
Mg	3	9	52	37
S	2	6	52	40
Cu	1	3	11	86
Fe	2	8	41	49
Mn	2	11	46	41
Zn	2	11	54	33
B	2	7	43	48

^o dds : Días después de siembra

2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el estudio se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con parcelas divididas en espacio y medidas repetidas en el tiempo. Cada planta se consideró una unidad experimental por lo que cada una de ellas tiene un medio propio y riego localizado.

2.6 ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis estadístico de los datos obtenido en el macrotúnel A se utilizó el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS[®] 2000) utilizando un nivel de significancia de p<0.05.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 VARIABLES AGRONOMICAS

3.1.1 Altura de la planta

En los tres tratamientos no se observó una diferencia significativa, el comportamiento de las plantas fue similar en todos los tratamientos. Sin embargo en la sexta semana la planta tuvo un crecimiento acelerado, después se estabilizó en la octava semana (Anexo 1). Los resultados de altura promedio de las plantas se las puede observar en el Cuadro 3. Las plantas llegaron hasta una altura promedio de 160 cm.

Cuadro 3. Altura (cm) de plantas de tomate variedad Alborán en ocho semanas, Zamorano, 2005.

SDT°	Tratamientos		
	T1	T2	T3
1	10	10	10
2	24	24	24
3	30	30	29
4	41	40	40
5	49	48	48
6	109	105	107
7	129	125	128
8	162	157	162

° SDT Semanas después de transplante

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

3.1.2 Diámetro

No hubo diferencias significativas en esta variable. Los tratamientos 2 y 3 muestran casi el mismo comportamiento en todas las semanas. Haciendo un análisis entre semanas se obtuvo que el tratamiento 2 en la primera semana fue diferente e inició con un diámetro de 0.25 cm, mayor que los tratamientos 1 y 3. En la segunda semana el tratamiento 1 es diferente que los demás con 0.24 cm. En la semana 7 el tratamiento 2 con 0.56 cm de diámetro fue significativamente diferente y menor que los demás. Sin embargo a partir de las semana 8 no hubo diferencias entre tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Diámetro en cm de las plantas de tomate variedad Alborán en semanas después de transplante.

Tratamiento	Crecimiento			Floración		Fructificación		
	2	4	5	6	7	8	10	11
T1	0.14 a	0.24 a	0.35	0.44	0.59 a	0.96	1.54	2.01
T2	0.25 b	0.20 b	0.32	0.41	0.56 b	0.93	1.52	1.97
T3	0.12 a	0.22 b	0.34	0.42	0.58 a	0.94	1.53	1.99

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

3.1.3 Rendimiento del cultivo

Se tuvo diferencias significativas en todos los tratamientos, siendo el tratamiento 1 el que mayor rendimiento tuvo con peso total de 15,878 kg/ha y 243,333 frutos/ha seguido del tratamiento 3 con 11,625 y por último el tratamiento 2 con 9,576 kg/ha (Cuadro 5).

El tratamiento 3 tuvo la menor cantidad de frutos no comerciales con 81.667, seguido del tratamiento 2 con 92,778 frutos y del primer tratamiento con 97,777. El tratamiento 1 tuvo mayor cantidad de frutos comerciales y frutos no comerciales. Los rendimientos están muy por debajo de lo normal, debido a que las plantas en el macrotúnel estaban afectadas por virus y debido a esto se suspendió la fertilización en la semana 17 después de transplante. A pesar de esto se prosiguió cosechando hasta la semana 19.

Cuadro 5. Rendimiento por hectárea del cultivo de tomate en macrotúnel A.

Tratamiento	Comercial		No Comercial		Total	
	# Frutos	Peso (kg/ha)	# Frutos	Peso (kg/ha)	Frutos	peso(kg/ha)
T1	14,555 a	14,001 a	97,777 a	1,877 a	243.333	15.878
T2	80,555 b	76,44 b	92,778 b	1,932 b	173.333	9.576
T3	106,111 c	10322 c	81,667 c	1,303 c	187.778	11.625

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

En la anexo 3 se observa el comportamiento de la cosecha semanal. El tratamiento 1 y 2 empiezan con la misma cantidad de kg/ha, pero después se difieren. Se observa también que en los días 115 y 122 después de transplante el rendimiento del tratamiento 2 empiezan a subir y la tendencia de los demás tratamientos es a disminuir su cantidad de kg/ha.

3.2 EVALUACION DE AGUA DE DRENAJE

3.2.1 pH de la solución drenada

Tuvo un comportamiento similar en los tratamientos, en las primeras semanas fue muy variable, hasta la sexta cuando se estabiliza la tendencia del mismo en todos los tratamientos manteniendo un pH entre 5 y 6. Este comportamiento se debe a los bajos niveles nutricionales requeridos por el cultivo en las primeras etapas fenológicas. De dependiendo de esto la planta absorbe nutrientes de acuerdo a su requerimiento, manifestándolo en la solución drenada (Figura 1).

La razón por la cual el pH del tratamiento 2 es ácido puede deberse a la cantidad de nitrógeno que se recomendó, el cual fue de 500 kg/ciclo/ha. Este nitrógeno pudo haberse lixiviado como amonio (ya que la planta prefiere nitratos) y se esté acumulando en la solución drenada bajando así el pH.

Todos los tratamientos tuvieron una diferencia significativa, pero el tratamiento que más cerca está a un pH = 6 es el Tratamiento 1. El Tratamiento 3 fue el más variable en las primeras semanas, esto se observa por los diferentes picos que tiene la curva de pH.

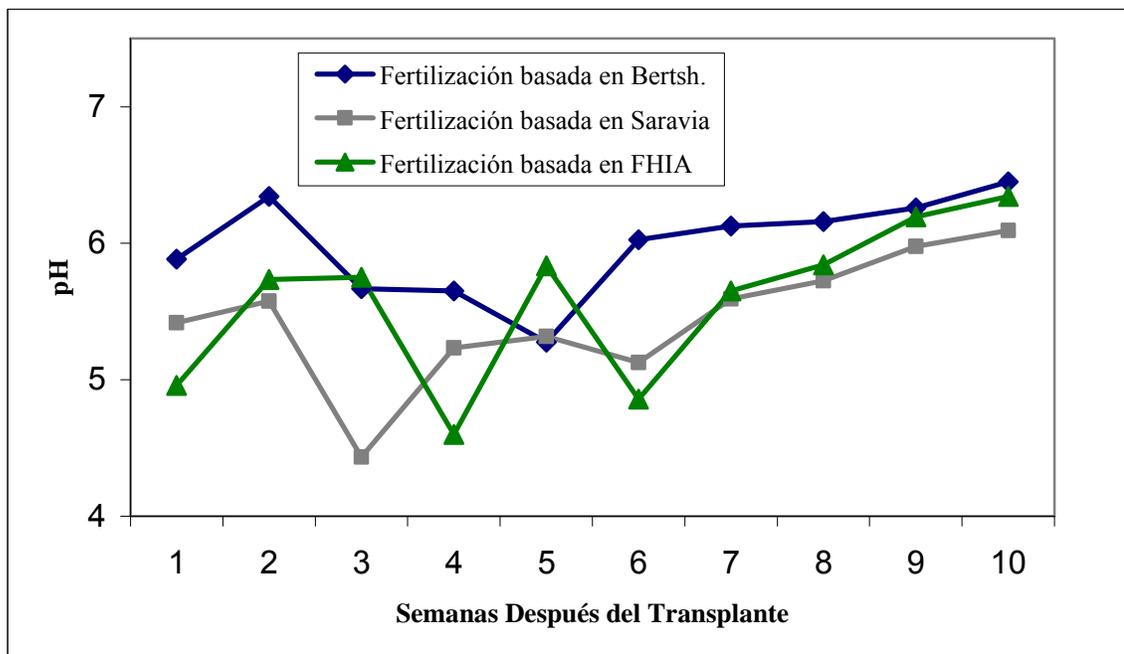


Figura 1. Variación de pH en la solución drenada en las semanas después de transplante en el macrotúnel A de Zamorano, Honduras.

3.2.2 Conductividad eléctrica

Los tratamientos tuvieron un comportamiento similar en toda la etapa del cultivo y no hubo diferencias significativas. Sin embargo el tratamiento 3 da como resultado que tuvo

en promedio la menor conductividad eléctrica, seguida por el tratamiento 1 y el tratamiento 2, respectivamente (Figura 2).

Se observa en la misma figura como la conductividad eléctrica disminuye a través del tiempo. Esto se debe a que disminuye la concentración de sales que están presentes en la solución drenada, lo que indica que a medida que avanza en cultivo va absorbiendo más nutrientes.

Existen varios niveles de para decir si la conductivita eléctrica está un rango óptimo, según Arévalo, 2005². Las aguas se clasifican como C1 que va de un rango de 0 a 250 micromohos, el cual es normal. C2 de 250 a 750 micromohos/cm, ligeramente salina y C3 arriba de 750 que se le considera salina. Cuando las mediciones están en este rango significa que todavía se están teniendo pérdidas de nutrientes en el agua de riego. En la figura 2 se observa que las 4 primeras semanas los valores están arriba de 750 micromohos/cm lo cual nos indica que la fertirrigación no es eficiente por la pérdida de nutrientes.

Por el otro lado a partir de la quinta semana la conductividad eléctrica baja de 850 a 450 micromohos/cm, esto puede explicar la razón por la cual la altura de las plantas en las semanas 5 y 6 sube de 48 a 106 cm. La planta en esa semana exactamente requiere y absorbe una mayor cantidad de nutrientes para suplir su necesidad de consumo por el rápido crecimiento.

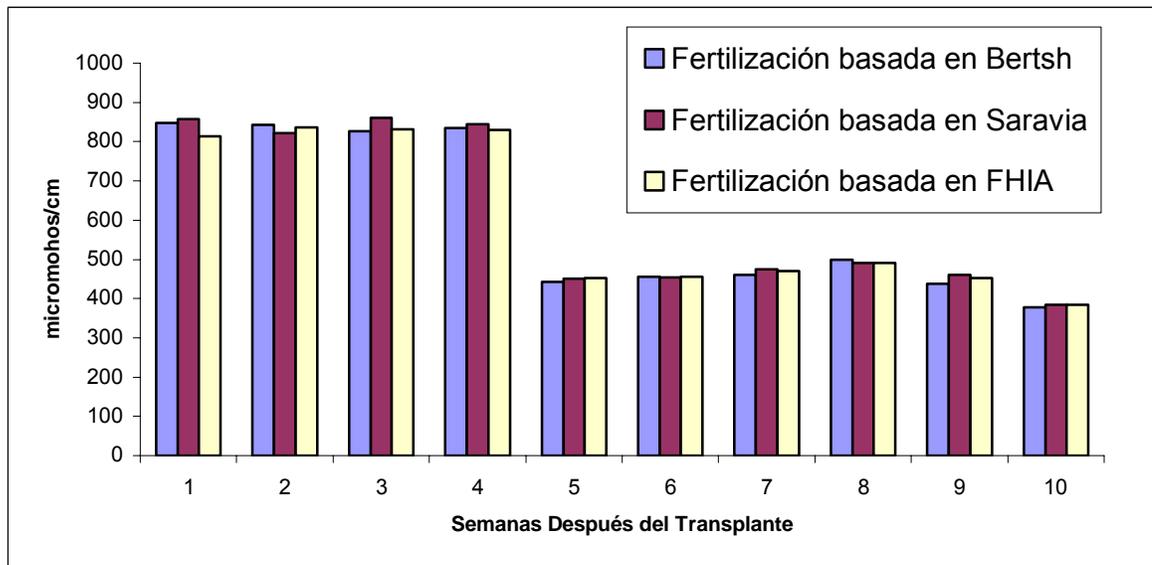


Figura 2. Variación de conductividad eléctrica del agua drenada en las semanas después de transplante en el macrotúnel A de Zamorano, Honduras.

² Ing. Gloria Arévalo de Gauggel. Comunicación personal. 2005.

3.2.3 Relación de consumo de nutrientes y producción

Se estableció una relación entre la cantidad de nutriente consumido por tonelada de producto (cuadro 6), donde se observa que el tratamiento más eficiente en el consumo fue el 1 excepto en el caso de CaO y MgO que fue el tratamiento 3. La eficiencia en el consumo del P₂O₅ fue mejor el tratamiento 1. N y K₂O aunque el tratamiento 1 fue mejor, la eficiencia es similar en el tratamiento 3. El tratamiento 2 fue el menos eficiente.

Cuadro 6. Consumo de nutrientes kg/t de producción de tomate variedad Alborán, Zamorano, 2005.

Nutriente	Tratamiento		
	T1	T2	T3
N	21.4	65.4	23.9
P ₂ O ₄	8.3	30.4	16.9
K ₂ O	42.9	67.5	51.1
CaO	20.6	37.7	7.3
Mg	3.2	5.9	1.5

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

3.3 EVALUACION DE ENFERMEDADES

3.3.1 Severidad e incidencia

Todas las plantas del macrotúnel estaban infectadas por virus, por lo se puede decir que la incidencia del total de plantas que estaban en el macrotúnel, era del 100%. Haciendo la evaluación del invernadero con los diferentes rangos de severidad, los siguientes resultados mostraron que ningún tratamiento tuvo plantas sanas, por lo que el rendimiento se vio severamente afectado (Cuadro 7). Se estima que el virus afectó en un 85% el rendimiento de todo el invernadero, esto explica los bajos rendimientos.

Cuadro 7. Porcentaje de mortalidad y severidad de virus en tomate variedad Alborán en macrotúnel A en Zamorano, 2005.

Rango de Severidad	Tratamientos		
	T1	T2	T3
Sana	0	0	0
leve	14	8	8
Moderada	8	11	10
Severa	10	12	10

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

El rango de severidad se puede decir que indirectamente estuvo relacionado con el programa de fertilización ya que el tratamiento 1 tuvo menor mortalidad y severidad que los otros teniendo así los mejores rendimientos.

4. CONCLUSIONES

El programa de fertilización que dio mejor resultados fue el basado en las curvas de absorción de nutrientes realizadas por Bersth el cual propone una fertilización de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio magnesio y azufre de 300, 50, 500, 200, 27 y 70 Kg/ha respectivamente.

Se observó una relación entre los programas de fertilización e infección por enfermedades. El tratamiento 1 (basado en las curvas de Bersth) tuvo un rango de severidad menor que el de los dos tratamientos restantes. Lo cual pudo estar relacionado con un mayor rendimiento.

Los tres programas de nutrición evaluados dieron resultados diferentes, lo cual indica que bajo las mismas condiciones las relaciones entre elementos tienen una implicación en el balance nutricional y revierte en rendimiento.

No se encontraron diferencias significativas de los tres tratamientos en altura y diámetro de la planta.

5. RECOMENDACIONES

Estudiar más detallado la relación de las enfermedades y la nutrición, haciendo énfasis en geminivirus que es el más común en tomate en la Unidad de Horticultura, Zona 3 Zamorano.

Continuar con investigaciones para respaldar la información obtenida en el presente estudio, ya que los resultados fueron afectados por geminivirus.

Buscar variedades tolerantes a geminivirus para próximas investigaciones y tomar acciones de manejo que contrarresten la afección por geminivirus.

6. BIBLIOGRAFÍA

Bertsh, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivo. San José, Costa Rica, ACCS. 14 p.

Castañó-Zapata, J. 1994 – Principios Básicos de Fitopatología. 2da. Edición. Zamorano, Honduras: Zamorano Academic Press. 538 p.

Flaquer, F. 1979. Estudio de la planta de tomate y su producción comercial. 1ra. reimpresión corregida y actualizada. Editorial Hemisferio Sur S. A., Buenos Aires, Argentina. 91 p.

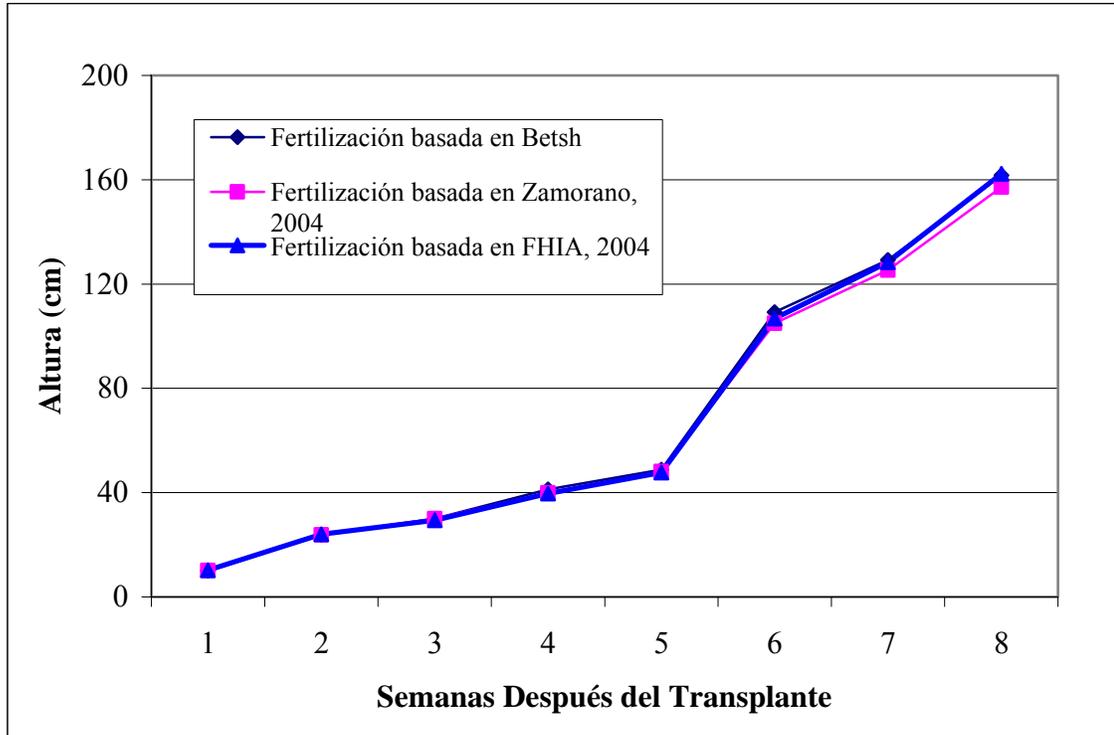
FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2005. Programa de Fertilización de Tomate. Inédito. 2 p.

Resh, H. 2001. Cultivos Hidropónicos. 5ta. Edición. Impreso en España, Mundi-Prensa Barcelona. 558 p

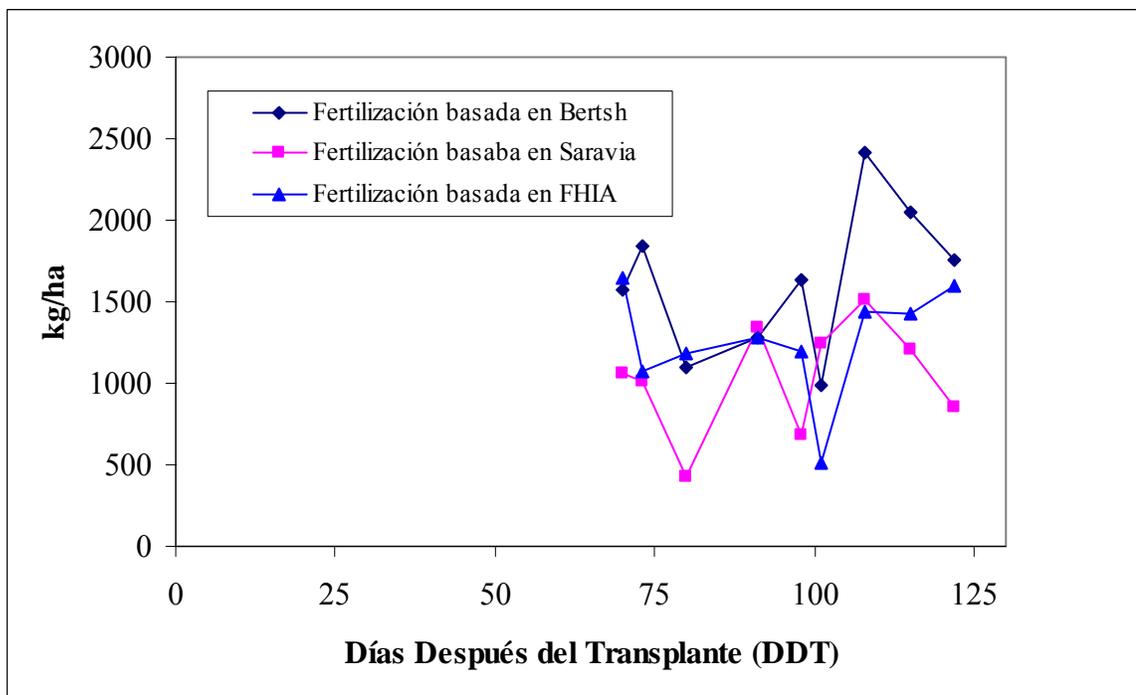
Saravia, F. 2004. Elaboración de curvas de absorción de nutrientes para la variedad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mil) Alborán bajo condiciones de invernaderos en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. EAP, Zamorano, Honduras. 25 p.

SQM (Sociedad Química de México). 2000. El cultivo del Tomate. Boletín de fundamentos básicos de nutrición vegetal aplicados a la producción de hortalizas. México, D. F. 14 p.

Zeledón, S. E. 2004. Evaluación del manejo de nutrientes y agua para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de macrotúnel en Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. EAP, Zamorano, Honduras. 32 p.



Anexo 2. Altura en cm. de las planta de tomate en el macro-túnel A en Zamorano, 2005



Anexo 3. Rendimiento total en kg/ha del cultivo de tomate en DDT en el macro-túnel A en Zamorano, 2005.

Anexo 4. Programa de fertilización según las curvas de absorción de nutrientes realizadas por Bertsh 2003.

Fertilizante	Unidades	Etapa fenológicas			
		Crecimiento	Floración	Fructificación	Cosecha
MAP	kg	0,54	2,00	0	0
Acido Fosfórico	Litros	0	0	1,97	1,70
Nitrato de Amonio	kg	0,06	0	0	0
Nitrato de Potasio	kg	4,07	10,92	64,10	34,42
Nitrato de Calcio	kg	2,17	8,82	52,98	50,97
Sulfato de Magnesio	kg	1,10	3,79	23,60	17,87

Anexo 5. Programa de fertilización según las curvas de absorción de nutrientes realizadas por Saravia, 2004.

Fertilizante	Unidades	Etapa fenológicas			
		Crecimiento	Floración	Fructificación	Cosecha
MAP	kg	1.54	5.71	0	0
Acido Fosfórico	Litros	0	0	5.63	4.87
Nitrato de Amonio	kg	2.96	4.02	25.63	9.64
Nitrato de Potasio	kg	5.00	13.42	78.75	42.29
Nitrato de Calcio	kg	3.10	12.60	75.69	72.82
Sulfato de Magnesio	kg	1.58	5.41	33.72	25.53

Anexo 6. Programa de fertilización según la recomendación de FHIA, 2005.

Fertilizante	Unidades	Etapa fenológicas			
		Crecimiento	Floración	Fructificación	Cosecha
MAP	kg	1.15	4.28	0	0
Acido Fosfórico	Litros	0	0	4.22	3.65
Nitrato de Amonio	kg	0.55	0	3.46	3.28
Nitrato de Potasio	kg	5.10	13.70	80.40	43.18
Nitrato de Calcio	kg	0.81	3.30	19.80	19.05
Sulfato de Magnesio	kg	0.54	1.84	10.60	8.02

Anexo 7. Plan de Fertilización mínima en gramos para el macrotúnel A.

Fertilizante	Etapa			
	Crecimiento	Floración	Fructificación	Cosecha
MAP	55	357	0	0
Acido Fosfórico	0	0	165	87
Nitrato de Amonio	6	0	0	0
Nitrato de Potasio	357	1,677.32	4,632.49	2
Nitrato de Calcio	58	412	1	680
Sulfato de Magnesio	38	230	623	287

Anexo 8. Gramos de complementación por tratamiento para macrotúnel A de etapa de crecimiento.

Fertilizante	Tratamiento		
	T1	T2	T3
MAP	0	54.88	27.44
Acido Fosfórico	0	0	0
Nitrato de Amonio	0	205.51	33.67
Nitrato de Potasio	58.09	0	7.47
Nitrato de Calcio	163.36	163.36	0
Sulfato de Magnesio	74.27	74.27	0

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

Anexo 9. Gramos de complementación por tratamiento para macrotúnel A de etapa de floración.

Fertilizante	Tratamiento		
	T1	T2	T3
MAP	0	356.82	178.41
Acido Fosfórico	0	0	0
Nitrato de Amonio	0	502.25	0
Nitrato de Potasio	273.05	0	35.11
Nitrato de Calcio	1163.49	1163.49	0
Sulfato de Magnesio	446.53	446.53	0

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

Anexo 10. Gramos de complementación por tratamiento para macrotúnel A de etapa de fructificación.

Fertilizante	Tratamiento		
	T1	T2	T3
MAP	0	165.49	-
Acido Fosfórico	0	0	43.45
Nitrato de Amonio	0	0	117.20
Nitrato de Potasio	754.13	0	96.96.
Nitrato de Calcio	3,287.85	1,163.49	0
Sulfato de Magnesio	1,360	446.53	0

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

Anexo 11. Gramos de complementación por tratamiento para macrotúnel A de etapa de cosecha.

Fertilizante	Tratamiento		
	T1	T2	T3
MAP	0	0	0
Acido Fosfórico	0	86.91	43.45
Nitrato de Amonio	0	1,507.95	117.20
Nitrato de Potasio	245.89	0	96.96
Nitrato de Calcio	1,920.53	3,287.85	0
Sulfato de Magnesio	625.16	1,360	0

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

Anexo 12. Gramos de complementación por planta por tratamiento para etapa crecimiento.

Fertilizante	Tratamiento		
	T1	T2	T3
MAP	0	0.02	0.01
Acido Fosfórico	0	0	0
Nitrato de Amonio	0.02	0.08	0.01
Nitrato de Potasio	0.06	0	0.003
Nitrato de Calcio	0.03	0.06	0
Sulfato de Magnesio	0	0.03	0

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

Anexo 13. Gramos de complementación por planta por planta para etapa de floración.

Fertilizante	Tratamiento		
	T1	T2	T3
MAP	0	0.14	0.07
Acido Fosfórico	0	0	0
Nitrato de Amonio	0.11	0.21	0
Nitrato de Potasio	0.48	0	0.01
Nitrato de Calcio	0.18	0.49	0
Sulfato de Magnesio	0	0.19	0

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

Anexo 14. Gramos de complementación por planta por tratamiento para etapa de fructificación.

Fertilizante	Tratamiento		
	T1	T2	T3
MAP	0	0.06	0
Acido Fosfórico	0	0	0.018
Nitrato de Amonio	0.31	0	0.04
Nitrato de Potasio	1.36	0	0.04
Nitrato de Calcio	0.57	0.49	0
Sulfato de Magnesio	0	0.19	0

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).

Anexo 15. Gramos de complementación por planta por tratamiento para etapa de cosecha.

Fertilizante	Tratamiento		
	T1	T2	T3
MAP	0	0	0
Acido Fosfórico	0	0.03	0.018
Nitrato de Amonio	0.10	0.62	0.04
Nitrato de Potasio	0.80	0	0.04
Nitrato de Calcio	0.26	1.36	0
Sulfato de Magnesio	0	0.57	0

T1: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Bertsh (2003).

T2: Basado en el programa de fertilización de las curvas de extracción de nutrientes para tomate elaboradas por Savaria (2004).

T3: Basado en la recomendación según FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).