

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL**



**Trabajo de Diploma**

**EVALUACIÓN DE DOSIS DE NPK CON FERTIRRIEGO EN  
EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill)**

**Autores:**

**Br. Jacqueline Cárdenas Meza**

**Br. William Javier Büschting Marín**

**Asesores:**

**Ing. MSc. Agustín Tórrez Balmaceda**

**Ing. MSc. Leonardo García Centeno**

**Managua, Nicaragua. Diciembre del 2004**

## DEDICATORIA

El espíritu de la fortaleza y el amor llena cualquier vacío, te hace merecedor de ser un triunfador y te enseña a reconocer lo noble de las personas que te rodean. Es por ello que mi trabajo de diploma lo dedico con mucho respeto y cariño a:

*Dios*; fuente de vida y perdón; el ser supremo que me brindó la dicha de vivir y la gracia de ser más fuerte a su lado.

Mi madre *Gladys Esther Meza*; la persona más importante de mi vida, con quien he compartido mis triunfos y caídas, gracias a su apoyo he logrado culminar una de mis metas y es por ella que seguiré luchando siempre.

Mi tía *Gilda María Meza* (q.e.p.d); quien desde que partió de nuestro lado se ha convertido en mi ángel, me ha protegido y me ha demostrado que nunca nos abandonó.

A ellos y a todos los que me rodean

*“Dios los bendiga hoy y siempre”*

**Jacqueline Cárdenas Meza**

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de diploma fue culminado gracias al apoyo incondicional de las siguientes personas:

Ing. Msc. **Agustín Tórrez**; asesor del INTA; quien con sus atenciones nos orientó a seguir y terminar este trabajo.

Al señor **Anastasio Sotelo y familia**, por habernos dado la oportunidad de realizar nuestro trabajo en sus tierras y brindarnos su apoyo en todo momento.

Agradezco especialmente a **Oswaldo González Rodríguez**, por permanecer siempre a mi lado, por preocuparse y guiarme en mi carrera, por su amor y apoyo infinito, "Gracias".

Al Ing. Msc. **Leonardo García** por habernos asesorado en nuestro trabajo.

A la Lic. **María Auxiliadora González** por ayudarme a iniciar mi profesión.

Al personal de **Servicios Estudiantiles**, por haberme dado la oportunidad de culminar mi carrera.

A la **Universidad Nacional Agraria**, así como a los docentes que contribuyeron en mi formación profesional.

A los Ings. **Roberto Larios** y **Arnoldo Rodríguez** por su apoyo en este trabajo de diploma.

A la Lic. Msc. **Irma Vega**, por ayudarme cuando acudí a ella.

A mis compañeras, especialmente a **Yolanda Herrera** y **Chepita García**, quienes me han escuchado y ayudado de manera incondicional siempre que las he necesitado.

A mi compañero de clase **Donald Herrera**, por su colaboración en este trabajo de diploma.

*"Gracias a todos"*

**Jacqueline Cárdenas Meza**

## DEDICATORIA

Presento este documento que he elaborado con dedicación y entrega, como un reconocimiento a aquellas personas que creen en mí y han querido hacerme un hombre de bien, que sin ningún motivo más que el de verme prosperar en la vida, me brindaron su apoyo incondicional sin importar circunstancia alguna, personas esenciales en mi vida a quienes amo, respeto y admiro y que siempre estarán presentes en los días venideros, ya que sin su existencia no hubiese alcanzado este triunfo.

**A Dios Padre** omnipotente que me ha concedido el don de vivir, erudito del destino humano que me ha demostrado siempre estar presente en todos los momentos difíciles, enseñado a superar los obstáculos del camino de la vida y que aunque una puerta se cierre siempre una ventana se abrirá.

**A mi madre Reyna María Marín**, quien con sacrificio y abnegación ha hecho lo imposible para brindarnos todo en la vida; mujer esforzada, llena de vigor y que con alto espíritu de superación enfrentó adversidades y que en todo momento me ha hecho sentir su amor y cariño infinito. Madre te amo.

**A mis abuelitos: Juana María Marín**, mi segunda madre, quien desde siempre ha velado por mi formación cristiana y profesional, acogiéndome incesantemente en sus plegarias y que con su colosal fortaleza e inquebrantable fé ha dado todo por sus nietos; y **Julio Araúz Cifuentes** (q.e.p.d.), ejemplo digno de emular, hombre sabio que me aconsejó y enseñó valores morales, espirituales y éticos en pro de mi conducción por la vida e igualmente apoyó mis estudios.

**A mis hermanos: Roberto Danilo**, inseparable amigo con quien he vivido penas y glorias, persona de mi eterna confianza; y **José Alejandro**, fuente de motivación e inspiración que me enorgullece, quien en este momento tiene 7 años de edad.

**Al Dr. Alejandro Rodríguez Obregón**, quien ha fungido como un padre al cual mucho respeto y admiro por su temple, quien con pocas palabras y muchas acciones ha sido la vela en días de penumbra. Gracias a su nobleza pude continuar mis estudios.

*"... Todo arde si le aplicas la chispa adecuada..."*

*Enrique Bumbury*

**William J. Büschting**

## AGRADECIMIENTOS

Producto del esfuerzo que conllevó esta faena hacemos mención de personas e instituciones que contribuyeron en la realización de esta investigación.

Agradezco al señor **Anastasio Sotelo** y **esposa**, propietarios de la finca donde se efectuó el experimento, por su constante colaboración y hospitalidad, igualmente a su hijo el Ing. **Salvador Sotelo** por su participación y asistencia técnica brindada durante la etapa de campo.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria y el Centro Experimental del Valle de Sébaco (INTA-CEVAS), por habernos otorgado la oportunidad de culminar nuestros estudios de pregrado con el presente trabajo de diploma, por medio del valioso asesoramiento, en cada una de las etapas, del Ing. MSc. **Agustín Tórrez Balmaceda**, a quien agradezco muy especialmente su atención, paciencia y consejos que nos permitieron llevar a cabo esta obra.

A nuestra Alma Mather la **Universidad Nacional Agraria** (UNA) y a todos los profesores que nos forjaron en la profesión, de manera singular a nuestro asesor Ing. MSc. **Leonardo García Centeno**, a los Licenciados **Irma Vega** por su colaboración, **Francisco Bravo** y **Pedro Tórrez** por sus importantes aportes en el análisis económico de este estudio.

Particularmente agradezco a la Lic. **Idalia Casco** del Departamento de Servicios Estudiantiles (DSE) que nos permitió ingresar al programa de becas; respaldo generoso de gran magnitud a favor de nuestra superación; al personal del Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria (CENIDA), clave en nuestro desarrollo cognitivo, en especial a **Jacqueline, Katy, Reyna** y **Gabriel**. Así mismo al personal del comedor de la Universidad.

Al Br. **Oswaldo José González**, por su ardua y constante colaboración en la ejecución de este trabajo.

A los Brs. **Yolanda Herrera, Chepita García** y **Donald Herrera** por su colaboración en la presentación de este documento. También a mis amigos los Brs. **Lenín López, Ajax Fonseca, Francisco Calero** y **Ruby Altamirano**, todos compañeros y futuros colegas.

**William J. Büschting**

## **ESPECIALES AGRADECIMIENTOS**

Agradezco con mucho cariño y afecto a la **Ing. Flor Angélica González Obando**, por haberme brindado su apoyo, amistad, comprensión y ser parte esencial de mi persona y con quien solidariamente he compartido buenos y malos momentos.

A mi amigo de muchos años, **Isaac Fonseca Murillo** (q.e.p.d.) a quien recuerdo, principalmente en este momento. Sea este un tributo a su memoria.

**William J. Büschting**

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	i
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	iii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	v
<b>RESUMEN</b>	vi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
2.1    Objetivo General	3
2.2    Objetivos Específicos	3
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	4
3.1    Fertilizantes usados en la nutrición vegetal	4
3.2    Requerimientos de NPK en el cultivo de tomate	5
3.3    Riego por goteo y fertirrigación	7
3.3.1    Riego por goteo y sus características	7
3.3.2    Ventajas del riego por goteo	8
3.3.3    Fertirrigación	8
3.3.4    Ventajas del fertirriego	9
3.3.5    Fertirrigación en Nicaragua	9
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	11
4.1    Ubicación	11
4.2    Análisis de suelo	11
4.3    Análisis de agua	12
4.4    Descripción de los tratamientos	13
4.5    Diseños y pruebas estadísticas	14

4.6	Análisis económico	14
4.7	Dimensiones de la parcela	14
4.8	VARIABLES A MEDIR	15
4.8.1	Durante el crecimiento	15
4.8.2	Durante la producción	15
4.9	Manejo experimental	16
4.9.1	Manejo del semillero	16
4.9.2	Manejo postransplante	16
4.9.3	Cosecha	19
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>20</b>
5.1	VARIABLES DE CRECIMIENTO	20
5.1.1	Altura de la planta (cm)	20
5.1.2	Diámetro del tallo (cm)	22
5.1.3	Número de racimos en plantas aptas para la cosecha	23
5.2	VARIABLES DE PRODUCCIÓN	25
5.2.1	Frutos por racimo	25
5.2.2	Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	27
5.2.3	Diámetro polar del fruto (cm)	28
5.2.4	Peso del fruto comercial (g)	29
5.2.5	Observaciones fitosanitarias	31
5.2.6	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	34
5.3	ANÁLISIS ECONÓMICO	36
5.3.1	Relación Beneficio-Costo (B/ C)	36
5.3.2	Índice de Productividad (I.P)	38
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>40</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>41</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>42</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>46</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	Necesidades de nutrientes a utilizar según la etapa fenológica, en el cultivo de tomate. Según Zaidan y Avidan (1997) citados por Imas (1999).	5
<b>2</b>	Análisis de suelo. Sébaco, Matagalpa. 2003/2004.	11
<b>3</b>	Análisis físico-químico del agua. Sébaco, Matagalpa. 2003/2004.	12
<b>4</b>	Dosis de NPK evaluadas en el cultivo de tomate ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Sébaco, 2003/2004.	13
<b>5</b>	Análisis de varianza de la altura (cm) de la planta. Sébaco, Febrero del 2004.	20
<b>6</b>	Análisis de varianza del diámetro (cm) del tallo. Sébaco, Febrero del 2004.	22
<b>7</b>	Análisis de varianza del número de racimos de las plantas aptas para cosecha. Sébaco, Febrero del 2004.	24
<b>8</b>	Análisis de varianza del número de frutos por racimo. Sébaco, Febrero del 2004.	25
<b>9</b>	Análisis de varianza del diámetro ecuatorial (cm) del fruto. Sébaco, Febrero del 2004.	27
<b>10</b>	Análisis de varianza del diámetro polar (cm) del fruto. Sébaco, Febrero del 2004.	28
<b>11</b>	Análisis de varianza del peso (g) del fruto comercial. Sébaco, Febrero del 2004.	30
<b>12</b>	Análisis de varianza del rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Sébaco, Marzo del 2004.	34
<b>13</b>	Relación beneficio/costo. Sébaco, marzo del 2004.	37
<b>14</b>	Índice de productividad de los tratamientos evaluados. Sébaco, Marzo del 2004.	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Altura de la planta (cm). Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo de tomate. Sébaco, 2004	21
2	Diámetro del tallo (cm). Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo de tomate. Sébaco, 2004	23
3	Número de racimos por planta. Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo de tomate. Sébaco, 2004	24
4	Número de frutos por racimo. Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo de tomate. Sébaco, 2004	26
5	Diámetro ecuatorial (cm) del fruto comercial. Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo de tomate. Sébaco, 2004	27
6	Diámetro polar (cm) del fruto comercial. Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo de tomate. Sébaco, 2004	29
7	Peso del fruto (g) comercial. Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo de tomate. Sébaco, 2004	30
8	Dinámica poblacional de mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) en las estaciones de muestreo. Sébaco, Matagalpa. 2003-2004	32
9	Dinámica poblacional del gusano del fruto ( <i>Helicoverpa zea</i> ) en las estaciones de muestreo. Sébaco, Matagalpa. 2003-2004	33
10	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ). Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo de tomate. Sébaco, 2004	35

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	Datos meteorológicos predominantes durante la fase de experimentación. Valle de Sébaco, Matagalpa. 2003-2004	47
<b>2</b>	Altura de las plantas (cm). Separación de medias. Tukey $\alpha = 0.05$	47
<b>3</b>	Diámetro del tallo (cm). Separación de medias. Tukey $\alpha = 0.05$	48
<b>4</b>	Número de racimos por planta apta para la cosecha. Separación de medias. Tukey $\alpha = 0.05$	48
<b>5</b>	Número de frutos por racimos. Separación de medias. Tukey $\alpha = 0.05$	48
<b>6</b>	Diámetro ecuatorial del fruto (cm). Separación de medias. Tukey $\alpha = 0.05$	49
<b>7</b>	Diámetro polar del fruto (cm). Separación de medias. Tukey $\alpha = 0.05$	49
<b>8</b>	Peso del fruto (g) comercial. Separación de medias. Tukey $\alpha = 0.05$	49
<b>9</b>	Rendimiento ( $\text{ton ha}^{-1}$ ). Separación de medias. Tukey $\alpha = 0.05$	50

## RESUMEN

### **Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)**

Las altas e inadecuadas aplicaciones de fertilizantes por parte de los productores hacen que estos actúen ineficazmente, ocasionando innecesariamente incrementos en los costos de producción. Por tanto es considerado primordial realizar investigaciones que generen información sobre el método de fertirrigación, y es por esa razón que en el presente trabajo de diploma se propuso determinar la mejor dosis de fertilizante NPK con el riego por goteo en el cultivo de tomate, para contribuir a mejorar el nivel de producción de los pequeños y medianos productores. Para lograr este propósito se estableció en la finca del productor Anastasio Sotelo, en la comunidad de Carreta Quebrada, municipio de Sebaco, un ensayo comprendido de noviembre del 2003 a marzo del 2004, que consistió en un diseño completamente aleatorizado (DCA), en el cual se evaluaron diferentes dosis de fertilizante NPK: 0,70,90 y 158 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno; 0, 50, 60 y 62 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo y 0, 31, 50 y 60 kg ha<sup>-1</sup> de potasio. En total fueron 10 tratamientos que incluyeron un testigo absoluto (0-0-0) y la dosis empleada por el productor (158-62-31). Las variables evaluadas fueron, respecto al crecimiento: Altura de la planta, diámetro del tallo y número de racimos en plantas aptas para la cosecha; respecto a la producción: Número de frutos por racimo, diámetro ecuatorial y polar del fruto, peso del fruto comercial y rendimiento. Dichas variables se sometieron a un Análisis de varianza (ANDEVA) con un 95 % de confianza y prueba de rangos múltiples según el criterio de Tukey con  $\alpha = 0.05$  para la separación de medias, a través del paquete de diseños experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL) versión 2.5. Con el objetivo de determinar la eficiencia del sistema de riego, así como la calidad del agua de riego y el suelo, se evaluaron los siguientes parámetros: Análisis de suelo, análisis de agua y respecto al sistema de riego: Lamina de riego aplicada (LRA), eficiencia de aplicación (EA), eficiencia de distribución (ED). El análisis de agua reveló su óptima condición para ser empleada en el experimento, mientras el análisis físico-químico de suelo presentó una textura arenosa y deficiencia de materia orgánica pero los elementos nutritivos ubicados en un rango aceptable de fertilidad. La eficiencia del riego fue alta, pero no suficiente para el tipo de sistema empleado. Con el propósito de apoyar la interpretación de los resultados se ejecutaron recuentos fitosanitarios, los cuales reflejaron alta incidencia de plagas. Los resultados evidencian que cuando se aplicaron las dosis del productor y 90 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, la planta se expresó en mayor altura y racimos por planta, sin embargo, los tratamientos que aportaron las menores cantidades de NPK tanto granulado como fertirrigado sobresalieron en las variables productivas al presentar los mayores diámetros ecuatoriales y peso del fruto y por tanto en el rendimiento que obtuvo valores de 28.7 y 26.17 ton ha<sup>-1</sup> correspondientes a los tratamientos de 70-50-50. En el análisis económico la dosis 70-50-50 granulada obtuvo la mayor relación B/C y el mayor índice de productividad se obtuvo al aportar 90 kg ha<sup>-1</sup> sin embargo, el T8 es la mejor opción económica.

## I. INTRODUCCIÓN

Como otros cultivos el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) presenta su origen en la zona andina de Perú, Bolivia y Ecuador, sin embargo, algunos autores lo consideran oriundo del sur de México y el norte de Guatemala (CATIE, 1990). Su distribución a escala mundial comenzó cuando fue introducido en Europa en el siglo XVI como planta ornamental, pero fue hasta el siglo XVII que se empezó a cultivar con fines alimenticios.

En la actualidad el cultivo ocupa cerca de 3 millones de Ha que suponen una producción de 85 millones de toneladas. Principalmente es empleado en el consumo fresco en diversos platillos, pero también representa una importante materia prima para la industria. Este cultivo en el ámbito mundial es considerado como el segundo vegetal mas importante, superado únicamente por la papa (Morales, 1999).

En Nicaragua es la hortaliza mas sembrada como resultado de su fuerte demanda. Las principales áreas de producción se encuentran localizadas en los departamentos de Matagalpa y Jinotega, particularmente en el Valle de Sébaco y Tomatoya (Morales, 1999). Según estadísticas del Ministerio Agropecuario y Forestal (MAG-FOR), en el país, anualmente se cultivan de 2000 a 2500 ha con un rendimiento promedio de 12 a 18 ton ha<sup>-1</sup>.

La exigencia del tomate en nutrientes, especialmente NPK, obliga a buscar la técnica más eficiente de proporcionarlos. Morales, (1999) indica que para el cultivo de tomate la forma de aplicación mas recomendada es en bandas paralelas a las hileras de siembra o transplante. Aunque este método garantiza la máxima absorción de nutrientes por parte de la planta y es la mejor opción económica para muchos productores, también se conoce la gran efectividad, comprobada por muchos investigadores, de la aplicación conjunta de fertilizantes a través del agua de riego, o sea la fertirrigación.

La fertirrigación es un técnica que consiste básicamente en la aplicación de los fertilizantes y mas concretamente de los elementos nutritivos que precisan los cultivos, junto con el agua de

riego, distribuyéndolos uniformemente para que prácticamente cada gota de agua contenga la misma cantidad de fertilizante.

Según investigaciones realizadas esta técnica se presenta agrónomicamente excepcional por sus características, la cual les permite a los agricultores un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, minimizando las pérdidas y ampliando las posibilidades de éxito en la producción.

Este trabajo de diploma pretende alcanzar los siguientes objetivos:

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

- ✧ Contribuir a mejorar el nivel de producción agrícola del cultivo de tomate usando tecnologías accesibles a pequeños y medianos productores.

### **2.2 Objetivos específicos.**

- ✧ Determinar la mejor dosis de fertilizante NPK en el riego por goteo en el cultivo de tomate.
- ✧ Determinar la respuesta a la fertilización con NPK en función de la forma de aplicación en el cultivo de tomate.
- ✧ Establecer una relación beneficio/ costo de la técnica evaluada.
- ✧ Determinar el índice de productividad.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Fertilizantes usados en la nutrición vegetal

Los macroelementos primarios constituyen la base de la nutrición de las plantas y por tal razón es necesario restituirlos al suelo como consecuencia de sus pérdidas. Por la complejidad de los suelos existen diferentes tipos de fertilizantes a aplicar que pueden ser simples, es decir que solo constan de un nutriente, como la Urea 46%, excelente fuente de N, y compuestos que pueden ser binarios (18-46-0) y ternarios (10-30-10).

En el caso de los fertilizantes nitrogenados existen la forma nítrica, que es altamente soluble y se pierde fácilmente por lixiviación antes de ser absorbido por la planta; la otra forma es amoniacal la cual es absorbida de forma más lenta (Urea).

El nitrógeno es un elemento muy móvil en el suelo. Luego de una serie de procesos de oxidación enzimática, principalmente, el N en el suelo se transforma en  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  para que sean asimilables por la planta (Carretero, 2002).

La Urea 46% es relativamente móvil en el suelo, no es polar. En el suelo la Urea 46% pasa por varias fases, se hidroliza a amonio en un período de pocas horas y luego se nitrificará.

Los fertilizantes fosfatados se dividen en: solubles, los cuales son de liberación rápida, pero forman enlaces fuertes con otros compuestos por lo que su disponibilidad para la planta es muy limitada; hiposolubles, que son más estables; el ión asimilable queda más tiempo a disposición del cultivo (Superfosfato); Insolubles estos son los más utilizados, no son solubles en agua sino que van siendo degradados por la flora microbiana del suelo.

Desde el punto de vista nutricionista el fósforo solubilizado reviste la máxima importancia, pues las plantas absorben el fósforo principalmente como ión monofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) y escasamente como difosfato ( $\text{HPO}_4$ ). Se debe tener en cuenta que el P es relativamente inmóvil.



El fósforo aplicado está confinado al volumen de suelo directamente rodeando al emisor. En general la distancia es proporcional a la dosis de aplicación ya que el movimiento resulta de la saturación de los puntos de adsorción cerca del punto de aplicación y movimiento posterior del flujo del agua.

El cloruro de potasio (KCl) y sulfato de potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) son los fertilizantes potásicos más utilizados. A pesar de su alta solubilidad (KCl) no es fácilmente lixiviado por las características del K, los coloides lo absorben.

El potasio puede encontrarse contenido en los minerales primarios, asociado a los minerales secundarios (Ilitas, Vermiculitas etc), de forma intercambiable en las arcillas y soluble en la solución del suelo (estas dos últimas formas en K intercambiable), su movimiento depende de la capacidad de intercambio del suelo y su dosis de aplicación. (Salmerón y García, 1994).

### 3.2 Requerimientos de NPK en el cultivo de tomate

Según Zaidan y Avidan (1997) citados por Imas (1999), en la práctica se divide el ciclo de crecimiento del cultivo de acuerdo a la etapa fenológica y se definen las diferentes concentraciones o cantidades de nutrientes a aplicarse con sus respectivas relaciones. En tomate se consideran 4 etapas, las cuales se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1. Necesidades de nutrientes a utilizar según la etapa fenológica, en el cultivo de tomate. Según Zaidan y Avidan (1997) citados por Imas (1999).**

Necesidades de nutrientes				Fertilizantes a aplicar		
Estado de crecimiento	N		K		Nitrato de Amonio	Nitrato de K
	%	kg ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>		
Vegetativo-floración	12	26	7	25	56	54
Floración-cuaje	14	31	11	39	59	85
Cuaje-1ra cosecha	24	53	27	96	76	209
1ra cosecha-final	50	110	55	196	160	426
<b>Total</b>		<b>220</b>		<b>356</b>	<b>351</b>	<b>774</b>

En cada etapa, las concentraciones de N y K van aumentando, y la relación N:K va disminuyendo, ya que el K es absorbido en gran cantidad durante la etapa reproductiva del cultivo. Este mismo autor señala que los requerimientos son de 250 kg N ha<sup>-1</sup>, 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y 500 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> para el cultivo de tomate.

Por otra parte es importante manejar la dosificación de los nutrientes de tal forma que la planta haga un uso eficiente de estos.

Morales (1999) indica que el tomate es una planta exigente en nutrientes y que en el primer período vegetativo la planta utiliza muy pocos nutrientes del suelo, pues solo representan entre el 5 y el 7% del total extraído, además afirma que la fase de mayor extracción es la fructificación por lo que para ello las plantas deben tener disponibles adecuadas cantidades de nutrientes.

Las formulas y las cantidades de nutrientes a aplicar en tomate en las zonas tropicales varían mucho en cada país, debido a la posible riqueza de los suelos y a la disponibilidad de los elementos nutritivos. Según Morales (1999) en Nicaragua no se tienen formulas de fertilizantes establecidas para tomate, sin embargo a nivel de producción las formulas completas más usadas son 15-15-15, 12-24-12 y 10-30-10 en cantidades que oscilan entre 400 y 600 kg ha<sup>-1</sup> mas 200 a 300 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amonio o su equivalente en urea 46%.

Respecto a la forma de aplicación de los fertilizantes se recomienda la distribución en bandas paralelas a las hileras de siembra o transplante para garantizar la máxima absorción y ser la mejor opción económica; siempre procurando aplicar la totalidad de los fertilizantes antes de que empiece la maduración de los frutos del primer racimo, exceptuando en suelos arenosos (Morales, 1999).

También se ha manejado los momentos de aplicación de forma tal que el N, por su facilidad de perderse por diferentes procesos, sea fraccionado en diferentes etapas fenológicas del cultivo, mientras los nutrientes P y K son aportados en su totalidad en el momento que precede al transplante.

Siguiendo éste método de aplicación Cuadra y Ramos (2002) evaluando diferentes dosis de NPK obtuvieron rendimientos superiores a 50 ton ha<sup>-1</sup> al aportar N a razón de 60 kg ha<sup>-1</sup> distribuidos equitativamente en tres momentos: al transplante, 20 ddt y 45 ddt; el fósforo y el potasio se aplicaron totalmente al transplante.

Sin embargo, Morales (1999) señala que la aplicación de fertilizantes líquidos ha obtenido buenos resultados. El buen desempeño de esta forma de aplicar los nutrientes radica en la disposición de los mismos de acuerdo a las necesidades de la planta en función de la fenología del cultivo, dicha eficiencia se puede lograr empleando la técnica del fertirriego, aunque en nuestro país actualmente no se encuentra muy difundida.

### **3.3 Riego por goteo y fertirrigación**

#### **3.3.1 Riego por goteo y sus características**

El riego se define como un medio artificial de mantener la disponibilidad de agua en la zona radicular a un nivel óptimo (Amoros, 1996). El riego por goteo data de 1880 en Alemania pero comienza a imponerse hacia 1930. En este sistema el agua llega a la planta mediante una tubería de conducción y a través de unos dispositivos llamados goteros que proporcionan la humedad a la misma; sus caudales varían de 2 a 8 lt/hora aunque los de mayor uso son los de 4 lt/hora (Amoros, 1996).

El riego por goteo está incluido dentro de los Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF) y bajo caudal (< de 16 l/hora), por esta característica no humedece mas que una parte de la superficie. El agua emitida por los goteros posee un movimiento vertical y lateral. A este volumen de tierra se le denomina Bulbo Húmedo y es muy importante porque la mayoría de las raíces se desarrollan en él. Las dimensiones y formas del Bulbo dependerán del tipo del suelo y del caudal emitido. Así en suelos arcillosos la infiltración es mas lenta y por lo tanto su movimiento horizontal es mayor, resultando un bulbo mas ancho, siendo lo contrario a un suelo arenoso en el cual la infiltración es rápida y la forma del bulbo alargada.

### **3.3.2 Ventajas del riego por goteo**

- Mejora del rendimiento; mejora en la calidad de la fruta recolectada.
- Aplicación del agua en el momento y lugar adecuado.
- Menor riesgo de enfermedades criptogámicas (se debe fundamentalmente a la falta de humedad en las hojas).
- Menor cantidad de malezas debido a que no se riega toda la superficie de la parcela
- Menor mano de obra.
- Aplicación a una gran diversidad de suelos con resultados favorables.
- Se mantiene un alto nivel de humedad y, en consecuencia un nivel bajo de salinidad, por lo tanto se pueden utilizar aguas con mayor contenido de sal que en otros sistemas de riego (Fuentes, 1998).

### **3.3.3 Fertirrigación**

Cuando se usan métodos de riego a presión (goteo, aspersores y microaspersores), el fertirriego no es opcional sino sumamente necesario. Si los fertilizantes son aplicados al suelo separadamente del agua, los beneficios del riego no se verán expresados en el cultivo ya que los nutrientes no se disuelven en la zona seca donde el suelo no es regado. El fertirriego es el único método de aplicar los fertilizantes correctamente a los cultivos bajo riego (Burt et al., citado por Imas, 1999).

La fertirrigación surgió en el auge del riego por goteo en California en 1930. Los países con mayor tradición y experiencia son: Estados Unidos (principalmente California), Australia, Sudáfrica, México, España e Israel (Domínguez, 1996).

La importancia de la fertirrigación radica en obtener mayores rendimientos y mejor calidad de los cultivos, ya que el abastecimiento de nutrientes a estos se ejecuta de acuerdo a la etapa fenológica; considerando las características climáticas y del suelo; resulta en alto rendimiento y excelente calidad de los cultivos. Esta técnica incrementa la eficiencia de los nutrientes al aplicarlos en forma exacta y uniforme solamente al volumen radicular humedecido, donde

están concentradas las raíces, ésta dosificación exacta optimiza la fertilización, reduciendo el potencial de contaminación del agua subterránea causado por el lixiviado de los fertilizantes. Y mucho más importante es el adecuado uso del recurso económico.

#### **3.3.4 Ventajas del fertirriego**

- Asimilación eficaz de los nutrientes al estar localizados en la rizósfera
- Adecuación de la dosificación de elementos nutritivos a las necesidades del cultivo a lo largo de su ciclo biológico
- Costo reducido en la aplicación de fertilizantes y mejor distribución de éstos
- Reducción en la compactación del suelo
- Menor pérdida de nutrientes por lavado
- Aplicación eficiente de microelementos, los cuales son caros y se requieren en pequeñas cantidades

Este método también tiene sus inconvenientes: obturaciones por precipitados causado por la incompatibilidad de los distintos fertilizantes entre sí o con el agua de riego o debido a una disolución insuficiente; el aumento excesivo de la salinidad del agua de riego y por lo tanto del suelo; pues según Amoros (1996) se deben considerar los abonos como sales, y la carencia de algunos microelementos como impureza en los abonos tradicionales.

#### **3.3.5 Fertirrigación en Nicaragua**

Como ya se mencionó, la técnica de fertirriego se encuentra actualmente muy difundida en los sistemas de producción agrícola a nivel mundial, principalmente en cultivos hortícolas y frutales, por lo que anteriormente argumentamos, pero aún así en nuestro país no se utiliza dicha técnica de forma masiva por la falta de apoyo a la investigación de parte de las instituciones y organismos vinculados al agro que confirmen para las condiciones locales las ventajas que representa su empleo.

De manera informal, aunque son pocos los agricultores, ya se han realizado pruebas a ésta técnica, pero sin fines investigativos que se hayan evaluado y registrado para su publicación. Desde el ciclo 2002/2003, el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, por medio del Centro Experimental del Valle de Sébaco ha venido trabajando en la determinación de dosis que se ajusten a las condiciones del lugar, obteniendo en su investigación preliminar resultados exitosos para el empleo de fertirriego con dosis bajas en elementos nutritivos respecto a las empleadas de manera tradicional por el agricultor.

En un ensayo exploratorio Tórrez (2003), evaluando diferentes dosis de fertilizante NPK con fertirriego para el cultivo del tomate en el valle de Sébaco, encontró muy buenos resultados en el rendimiento final, de hasta 40,327 kg ha<sup>-1</sup> los que superan la media nacional que oscila entre 12,000 y 18,000 kg ha<sup>-1</sup> demostrando la viabilidad de la técnica y su eficiencia en cuanto a productividad.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área experimental

#### 4.1 Ubicación

El presente estudio se estableció en la finca del productor Anastasio Sotelo, localizada en la comunidad de Carreta Quebrada, municipio de Sébaco, departamento de Matagalpa, en las coordenadas geográficas 12°15` latitud norte y 86°14` longitud oeste.

Esta zona se caracteriza por estar a 470 msnm con una precipitación promedio anual de 623 mm y temperatura promedio anual de 25.96 °C. Los suelos de este lugar pertenecen a la Serie San Isidro, Clase II, según Quintana *et al.*, (1993) citado por Cuadra y Ramos (2002), son profundos, bien drenados y presentan una topografía plana lo que los hace aptos para la mayoría de los cultivos.

Según Holdridge (1987), el Valle de Sébaco está clasificado como un bosque subtropical.

Los datos meteorológicos que predominaron durante el período de experimentación se presentan en el anexo 1.

#### 4.2 Análisis de suelo

**Tabla 2. Análisis de suelo. Sébaco, Matagalpa. 2003/2004.**

Profundidad	Textura	% Arena	% Limo	% Arcilla	H <sub>2</sub> O pH	MO	Meq / 100 g de suelo			ppm
							K	Mg	Ca	P
0 - 0.25 m	Areno-franco	76	18	6	6.91	0.73	0.49	5.11	17.7	23.12

Saturación de bases Meq/100 g de suelo	Microelementos ppm				Análisis especiales	
	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S
35%	0.29	0.02	0.01	0.58	0.33	1946.00

LABSA-UNA.2003

Según Fuentes (1994) y Bertsch (1995), la interpretación de los resultados del análisis de suelo es de la siguiente forma:

Textura..... Arenoso	Fósforo.....Alto	Cobre.....Deficiente
Materia orgánica..Muy baja	Calcio.....Alto	Hierro.....Deficiente
pH.....Ligeramente ácido	Magnesio....Alto	Manganeso..Deficiente
Potasio.....Alto	Zinc.....Deficiente	

El suelo donde se realizó el experimento contenía una capa de arena de 1 m de profundidad.

### 4.3 Análisis de agua

**Tabla 3. Análisis físico-químico del agua. Sébaco, Matagalpa. 2003/2004.**

<b>Determinaciones</b>	<b>Rangos obtenidos</b>	<b>Clasificación</b>
pH	6.5	Aceptable a Neutro
Conductividad 25 ° C	247 $\mu$ mhos/ cm	Moderada
Sales Totales	190 mg/l	Baja
Dureza Total	90.5 mg/l como CaCO <sub>3</sub>	Moderadamente dura
Relación Absorción Sodio RAS	0.41 mg/l	Bajo
Boro	0.44 mg/l	Bajo
<b><i>Cationes</i></b>		
Calcio	21.2 mg/l	Bajo
Magnesio	9.1 mg/l	Bajo
Sodio	9 mg/l	Bajo
Potasio	2.3 mg/l	Bajo
<b><i>Aniones</i></b>		
Cloruros	8.1 mg/l	Bajo
Sulfatos	3.8 mg/l	Bajo
Carbonatos	0 mg/l	Bajo
Bicarbonatos	102 mg/l	Bajo
Nitratos	0.6 mg/l	Bajo
<b><i>Otras determinaciones</i></b>		
Hierro Total	0 mg/l	-
Manganeso	0 mg/l	-
Porcentaje de Sodio Intercambiable PSI	0 %	-
Porcentaje de Sodio Carbonato de Sodio Residual CSR	17.2 %	Bajo
	0.23 meq/l	Baja



Las concentraciones de cationes y aniones presentes en el agua de riego empleada para este experimento según Tórrez (2003) permiten afirmar que el agua es de buena calidad para el riego del cultivo de tomate debido a que las cantidades detectadas son bajas o están dentro de los rangos permisibles.

El agua utilizada para el riego contiene siempre cantidades apreciables de sustancias disueltas que se denominan sales. La idoneidad de un agua de riego esta determinada por la cantidad y clase de sales que contenga (Ayers y Wescot, 1984).

La clasificación de aguas para riego según Richards (1954), citado por Pizarro (1996), la ubica en la clase C1S1, es decir de bajo riesgo de salinidad y apta para la mayoría de los cultivos.

#### 4.4 Descripción de los tratamientos

De acuerdo a diagnósticos realizados por la FAO (1994) de las dosis de macro nutrientes aplicadas por los productores en forma granulada se planificaron los siguientes tratamientos.

**Tabla 4. Dosis de NPK evaluadas en el cultivo de tomate (kg ha<sup>-1</sup>). Sébaco, 2003/2004.**

Tratamientos	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	0	0	0
2	90	0	0
3	90	60	0
4	90	60	60
5*	90	60	60
6	70	0	0
7	70	50	0
8	70	50	50
9*	70	50	50
10+	158	62	31

\*Tratamientos donde el fertilizante se aplicó de forma granulada edáfica, el resto de los tratamientos se aplicaron con la técnica de fertirriego.

+ Dosis empleada por el Productor, considerada como testigo.

El tratamiento 1 (0-0-0) es el testigo absoluto.

Las fuentes de los nutrientes fueron los siguiente fertilizantes: N = Urea 46 %, P = 18-46-0 y K = 0-0-60.

#### 4.5 Diseños y pruebas estadísticas

La naturaleza del experimento lo cataloga como un arreglo unifactorial, en el cual se empleó el diseño experimental denominado Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con cuatro observaciones. El análisis estadístico realizado conllevó la ejecución de un Análisis de Varianza (ANDEVA) al 95 % de confianza para las variables de crecimiento y rendimiento así como una prueba de rangos múltiples según el criterio de Tukey con  $\alpha = 0.05$  para la separación de medias a través del paquete de diseños experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL) versión 2.5.

#### 4.6 Análisis económico

Se hizo un análisis económico considerando la relación beneficio/costo (B/C) y el Índice de productividad, en la cual:

**Relación beneficio/costo:** es la relación existente entre el beneficio obtenido del rendimiento respecto a la inversión.

**Índice de productividad:** es la cantidad de producto incrementado por cada kg de fertilizante aplicado (incremento del rendimiento en kg / nutrientes aplicados de NPK).

#### 4.7 Dimensiones de la parcela

El área total del experimento se constituyó de 720 m<sup>2</sup>, con parcelas experimentales en dimensiones de 24 m de largo y 3 m de ancho, la que contenía 3 surcos separados a 1 m de distancia y las plantas estaban espaciadas a 0.3 m.

El surco central de la parcela experimental se utilizó como parcela útil en la cual se hicieron las mediciones de las variables de crecimiento y rendimiento planteadas.

## **4.8 Variables a medir**

### **4.8.1 Durante el crecimiento:**

#### **-Altura de la planta (cm)**

Se determinó a los 56 días después del transplante (ddt), desde la base del tallo hasta la parte más alta de la planta.

#### **-Diámetro del tallo (cm)**

Se determinó a los 56 ddt, a 1 cm de altura con respecto al nivel del suelo.

#### **-Número de racimos en plantas aptas para la cosecha**

Se determinó mediante su cuantificación en dos metros lineales de la parcela útil.

### **4.8.2 Durante la producción:**

#### **-Número de frutos por racimos**

Se determinó mediante la cuantificación de los frutos existentes en los racimos de las plantas aptas para la cosecha de la parcela útil.

#### **-Diámetro ecuatorial (cm) del fruto comercial**

Se determinó mediante la medición de la parte media del fruto.

#### **-Diámetro polar (cm) del fruto comercial**

Se determinó mediante una medición desde el hombro hasta el ápice del fruto.

#### **-Peso del fruto (g)**

Se realizó con pesajes de los frutos maduros, seleccionados al azar.

#### **-Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)**

Se estimó a través de pesajes realizados en cada cosecha de la parcela útil por observación.

Con el fin de apoyar la interpretación de los resultados se realizaron observaciones de plagas y enfermedades.

### **4.9. Manejo experimental**

#### **4.9.1 Manejo del semillero:**

El semillero de tomate se estableció el día 1 de noviembre del 2003 con dimensiones de 15 m de largo y 1 m de ancho, se hizo una preparación previa del terreno con azadón y rastrillo el cual se levantó a 0.1 m del suelo. La desinfección del suelo se realizó con cal aplicando 8 lbs en total a razón de 0.5 lb/m<sup>2</sup> y Benomil en dosis de 20 g/20 l de agua, este último se aplicó después de haber realizado la siembra de 1 oz al voleo de semilla TY-13. Posteriormente se cubrió con una capa fina de tierra y rastrojos de maíz; cinco días después de la siembra fué retirado el rastrojo y se cubrió con tela de agribón para prevenir la entrada de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) (Homoptera : Aleyrodidae). Durante ésta etapa se realizaron riegos diarios con regadera. Un día antes de destaparlo se aplicó thiamethoxan (Actara) y Manzate en dosis de 3 y 8 g respectivamente, disueltos en dos litros de agua con el fin de prevenir el ataque de mosca blanca (*B. tabaci*)

La etapa de semillero abarcó los primeros 20 días del ciclo descubriéndolo el 21 de noviembre de 2003; el mismo día se realizó el transplante.

#### **4.9.2 Manejo postransplante**

El campo definitivo se preparó con un pase de arado, dos pases de grada y luego con el surcador para formar los camellones de siembra. El transplante se realizó por la tarde

humedeciendo el terreno con dos horas de anticipación; a una distancia de 0.3 m entre plantas y 1 m entre camellón para una densidad poblacional de 33, 333 plantas ha<sup>-1</sup>.

La primera aplicación de fertilizante se efectuó el 28 de noviembre del 2003, a partir de esa fecha las dosis se fraccionaron en 8 momentos de aplicación, manteniendo las dosis constantes con un intervalo de 7 días. Las dosis de fertilizante se diluyeron en una solución madre de un litro, de la siguiente forma:

Nitrógeno (urea 46%): 176 g l<sup>-1</sup> para el T2; 260 g l<sup>-1</sup> para los tratamientos 3 y 4; 130 g l<sup>-1</sup> para el T5; en el tratamiento 6 se empleó 136.88 g l<sup>-1</sup>; 196 g l<sup>-1</sup> para los tratamientos 7 y 8; 98 g l<sup>-1</sup> para el T9 y para la dosis del productor se emplearon 261 g l<sup>-1</sup>.

Fósforo (18-46-0): 234 g l<sup>-1</sup> para los tratamientos 3 y 4; 117 g l<sup>-1</sup> en el tratamiento 5; 194 g l<sup>-1</sup> para los tratamientos 7 y 8 ; 97 g l<sup>-1</sup> para el T9; 121 g l<sup>-1</sup> para las dosis del productor.

Potasio (0-0-60): 90 g l<sup>-1</sup> para T4 y T5; 74.87 g l<sup>-1</sup> para los T8 y T9.

Al momento de irrigar el fertilizante la solución madre fue disuelta en 9 litros de agua en una bomba de mochila con capacidad de 20 l para la posterior inyección al sistema de riego, en grupos de tratamientos que contenían las mismas dosis de fertilizantes. Los fertilizantes P y K iniciaban su dilución 5 días antes de cada aplicación, mientras que la Urea 46 % se diluía 24 horas antes de ser aplicada. La fertilización finalizó hasta el momento de fructificación. En tres oportunidades se asperjó Bayfolan en dosis de 100, 100 y 225 cc/ 20 l de agua respectivamente y Ferticomplex en una sola dosis de 6 oz disuelta en 20 l de agua.

El tiempo de riego fue de 1 hora diaria del transplante hasta la floración y dos horas de riego diario durante la floración y fructificación, con un caudal de riego de 1.08 lph considerando una presión de salida de 6-8 PSI (Pound Square Inches) y un motor Lister de 11 HP y 2 pulgadas de diámetro.

Con el fin de determinar la eficiencia del sistema de riego se evaluaron tres parámetros: Lámina de riego aplicada, Eficiencia de aplicación y Eficiencia de distribución.

Para determinar la lámina de riego aplicada se utilizó la siguiente fórmula:

$$LRA = LRMED * TR$$

Donde:

LRA= Lámina de riego aplicada

LRMED = Lámina de riego media y TR = Tiempo de riego

La lámina de riego aplicada (LRA) fue de 8.7 mm ligeramente superior a la lámina recomendada por Torrez (2003) basado en estudios realizados por Salinas (1995) para el cultivo de tomate en el Valle de Sébaco, correspondiente a 8 mm.

La eficiencia de aplicación del sistema de riego por goteo empleado obtuvo un valor del 92 % tomando en cuenta una lámina proyectada (LP) de 8 mm, también llamada por Fuentes (1998) dosis teórica. Para determinar este parámetro se utilizó la siguiente fórmula:  $EA = \frac{LP * 100}{LRA}$

Donde:

EA= Eficiencia de aplicación y LP = Lámina proyectada.

El experimento alcanzó una eficiencia de distribución de 89 %. Para comprobar este dato se utilizó la siguiente fórmula:  $ED = \frac{LRMIN * 100}{LRMED}$  Donde:

ED = Eficiencia de distribución y LRMIN = Lámina de riego mínima.

El tutorio se efectuó a los 39 días después de transplante (ddt) con un sistema de estacado con alambre.

Con el propósito de apoyar las interpretaciones de los resultados el manejo fitosanitario se ejecutó con enfoque MIP, empleándose la técnica del recuento de plagas que consistió en tomar 10 plantas en 5 estaciones distribuidas al azar con una frecuencia de 2 veces por semana para mosca blanca y gusano del fruto y 1 vez por semana para plantas viróticas.

Para el control de *B. tabaci* se realizaron 4 aplicaciones de imidacloprid (Confidor) en dosis de 263.8 – 541.6 g ha<sup>-1</sup>; 5 aplicaciones de endosulfan en dosis de 208.33 – 2,777.7 ml ha<sup>-1</sup>; 5 aplicaciones de thiocyclam (Evisect) en dosis de 208.33 – 1,388.8 g ha<sup>-1</sup>; 1 aplicación de thiamethoxam (Actara) en dosis de 90.2 g ha<sup>-1</sup>; 4 aplicaciones de oxamil (Vydate) en dosis de 1,736.1 – 6,250 ml ha<sup>-1</sup>.

El gusano del fruto (*Helicoverpa zea*) (Lepidodtera : Noctuidae) fue controlado al realizar 5 aplicaciones de thiacloprid beta-cyflutrina (Monarca) de 694.44 ml ha<sup>-1</sup>; 4 aplicaciones de Newfol en dosis de 1,388.8 ml ha<sup>-1</sup>; 1 aplicación de Nomolt en dosis de 2,083.3 ml ha<sup>-1</sup>; 1 aplicación de methomyl (Lannate) en dosis de 791.6 g ha<sup>-1</sup>; 1 aplicación de Avaunt en dosis de 513.8 g ha<sup>-1</sup>.

Para el control de *Rhizoctonia spp* y *Alternaria solani* (Ellis et Martin) se aplicaron 1 de cobre pentahidratado (Phyton) en dosis de 2,777.7 ml ha<sup>-1</sup>, Benomyl en dosis de 1,979.1 g ha<sup>-1</sup> y 11 aplicaciones de Carbendazin dosis de 694.4 – 2,083.3 ml ha<sup>-1</sup>.

#### **4.9.3 Cosecha**

La cosecha se hizo de forma manual cuando el fruto había alcanzado su madurez fisiológica en estado pinto y maduro. En total fueron 7 recolecciones en un lapso de 38 días comprendido del 23 de enero al 01 de marzo del 2004. El producto obtenido se comercializó en el mercado del Valle de Sébaco.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Variables de crecimiento

#### 5.1.1 Altura de la planta (cm)

La altura de la planta es uno de los factores de crecimiento que influye sobre la capacidad fotosintética del cultivo de tomate y hacen posible un desarrollo apropiado que determinará la productividad de la planta (Alemán, 1991).

El ANDEVA al 95% de confianza indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos; con una  $P>F$  de 0.043 observamos que la diferencia con el comparador (5%) es mínima; por lo tanto al realizar la prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$  agrupa a todos los tratamientos en una sola categoría estadística (ver tabla 5).

**Tabla 5. Análisis de varianza de la altura (cm) de la planta. Sébaco, Febrero del 2004.**

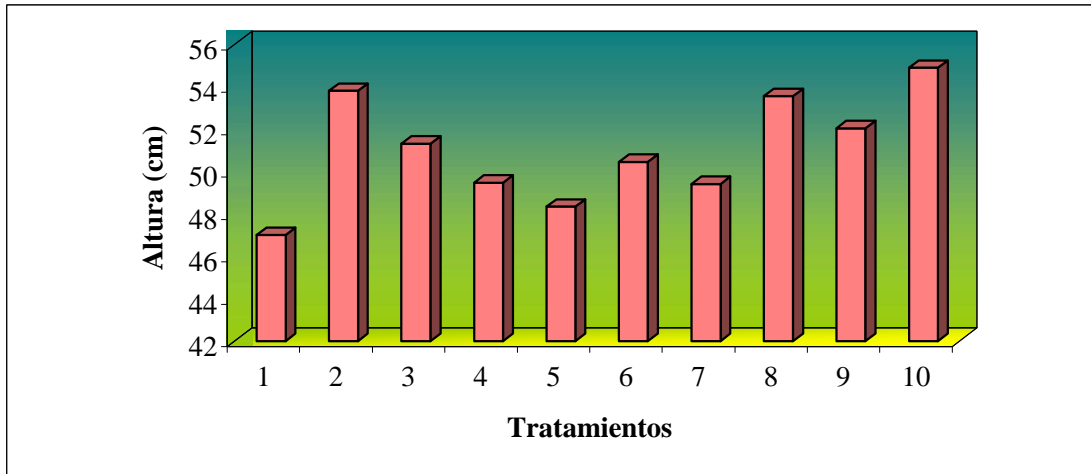
F de V	S. C.	G. L.	C.M.	F Cal	P>F
Dosis	235.47	9	26.16	2.28	0.043*
Error	343.75	30	11.46		
Total	579.22	39			

C.V. = 6.63 %

En la figura 1 se presentan los diferentes niveles de fertilización los cuales no mostraron diferencias estadísticas. Los diferentes tratamientos inducen a producir alturas similares, sin embargo ligeras diferencias en alturas se presentaron cuando se aplicó el tratamiento 10, con 54.87 cm, que contiene la dosis empleada por el productor y el T1, con 47 cm, que no posee dosis alguna de fertilizantes.

En el caso de los T8 y T9 que utilizan la misma dosis se puede observar diferencias numéricas en donde el tratamiento 8 con 53.55 cm supera al tratamiento 9 con 52.03 cm. Estos datos coinciden con los resultados encontrados por Tórrez (2003), quien agrupó todos los tratamientos en una sola categoría estadística para la variable en cuestión.





**Figura 1. Altura de la planta (cm). Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo del tomate. Sébaco, 2004**

Padilla y Peralta (1994), indica que la altura de la planta se ve afectada por el factor nitrógeno, por consiguiente cuando se aumenta la cantidad de N aplicado es mayor la altura, esto coincide con los datos encontrados en este estudio donde los tratamientos con mayor cantidad de N aplicado obtuvieron un leve aumento de altura, sin embargo, Guardiola y García (1990), señalan que la fracción mineral de las plantas no es constante, dependiendo entre otros factores del tipo de planta, edad y condiciones de desarrollo, además indican que el tomate desde la siembra hasta la floración extrae del suelo un aproximado del 2% de NPK.

Estos datos nos hacen pensar que independientemente de las dosis aplicadas, la planta extrajo la cantidad de elementos necesarios para alcanzar la altura adecuada y definida genéticamente.

### 5.1.2 Diámetro del tallo (cm)

El tomate posee un tallo herbáceo, cubierto de pelos glandulares segregantes de una sustancia viscosa verdeamarillenta. El diámetro del tallo es un elemento dimensional horizontal (Díaz, 1993) que resulta del crecimiento y desarrollo de la planta como consecuencia de la formación de nuevas células, de la expansión de células constituyentes y de la producción de asimilados (Wild, 1992).

El ANDEVA realizado al 95% de confianza refleja diferencias significativas (tabla 6) en los tratamientos evaluados, lo que indica que los tratamientos empleados, si no todos, al menos dos de estos inducen la formación de un tallo de mayor diámetro. También cabe destacar un bajo coeficiente de variación.

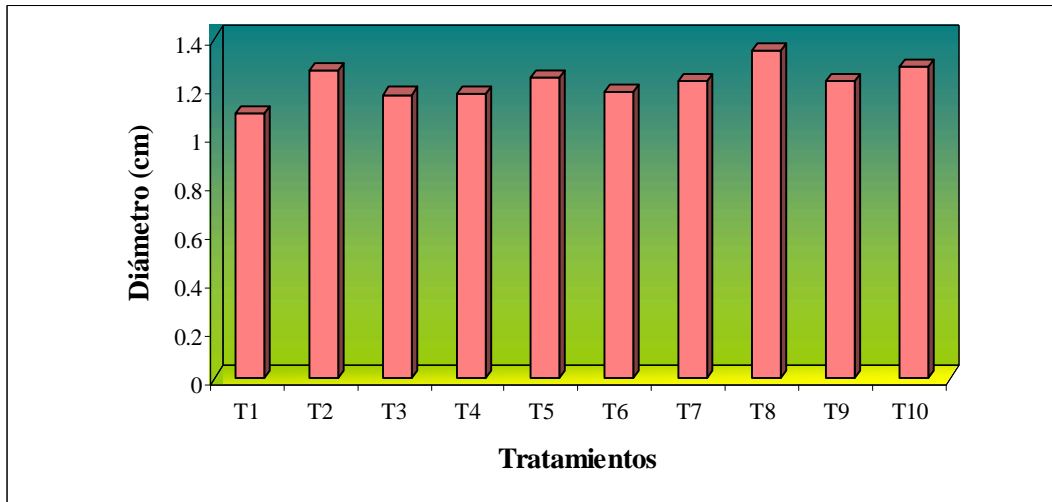
En el análisis estadístico, efectuado la Prueba de Rangos Múltiples según el criterio de Tukey con  $\alpha = 0.05$  agrupó los tratamientos evaluados en cinco categorías estadísticas diferentes.

**Tabla 6. Análisis de varianza del diámetro (cm) del tallo. Sébaco, Febrero del 2004.**

<b>F de V</b>	<b>S. C.</b>	<b>G. L.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F Cal</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Dosis</b>	0.19	9	0.02	4.67	0.001*
<b>Error</b>	0.13	30	0.0045		
<b>Total</b>	0.32	39			
<b>C.V. = 5.48 %</b>					

En la figura 2 se observa que el T8 produjo el mayor diámetro con 1.4 cm superando la dosis empleada por el productor que alcanzó 1.3 cm. Por otra parte el T1 resultó en menor diámetro con 1.1 cm.

Esto puede ser un indicador de la necesidad de restituir elementos nutritivos al suelo a través de la adición de fertilizantes en formas solubles y asimilables rápidas.



**Figura 2. Diámetro del tallo (cm). Evaluación de dosis NPK con fertirriego en el cultivo del tomate. Sébaco, Febrero 2004**

Por otra parte se pone de manifiesto el estado de consumo de lujo en el cual entra la planta al comparar la dosis del productor para el caso del N y no alcanzar mayor diámetro, en detrimento económico del mismo.

Estos resultados contrastan con Tórrez (2003) quien evaluando los mismos tratamientos registró mayores diámetros con dosis altas de N y P y no con NPK en dosis bajas.

### 5.1.3 Número de racimos en plantas aptas para la cosecha

Normalmente las flores no están aisladas en el brote florífero, sino que se agrupan siguiendo una ordenación determinada constituyendo la inflorescencia. En el tomate las flores aparecen agrupadas en inflorescencia de tipo racimo que surgen de las axilas de las hojas. Rodríguez, *et al* (1997) explica que el tomate puede presentar 4 tipos de inflorescencia: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara.

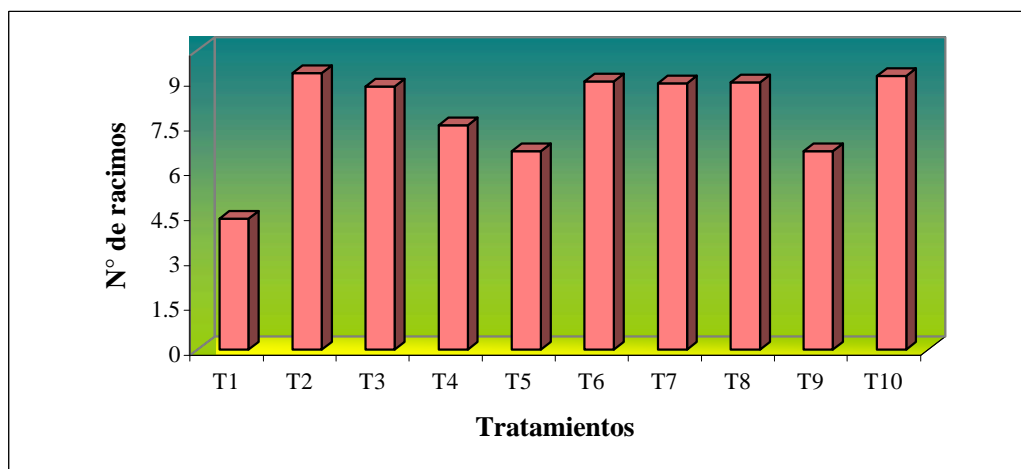
Para la variable descrita el ANDEVA al 95% de confianza expresa diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. La prueba de rangos múltiples según el criterio de Tukey con

a = 0.05 clasificó los tratamientos evaluados en tres categorías diferentes donde el T2 es el más alto con 9.25 y el último lugar lo ocupó el T1 con 4.38. (ver tabla 7).

**Tabla 7. Análisis de varianza del número de racimos de las plantas aptas para cosecha. Sébaco, Febrero del 2004.**

F de V	S. C.	G. L.	C.M.	F Cal	P>F
Dosis	93.15	9	10.35	3.94	0.002*
Error	78.76	30	2.63		
Total	171.91	39			
C.V. = 20.46%					

La figura 3 presenta la ligera diferencia con la que el T2 supera al T10, esto indica que esta variable se vio influenciada por la fertilización nitrogenada, así lo confirma el T6 que se ubicó en el tercer lugar de la primer categoría. También se puede observar que la fertilización N-P sucedió en importancia, y posteriormente la combinación NPK. El menor número de racimos por planta se adjudicó al T1 con 4.38.



**Figura 3. Número de racimos por planta. Evaluación de dosis NPK con fertirriego en el cultivo del tomate. Sébaco, Febrero 2004**

Morales (1999) plantea que el número de flores y el florecimiento temprano de los racimos se ve influenciado principalmente por el nivel elevado de nitrógeno, aplicado después de la

iniciación floral, pero también afirma que el exceso de este elemento trae como consecuencia un exuberante desarrollo vegetativo en perjuicio de la fructificación.

Estos resultados concuerdan con Cuadra y Ramos (2002) quien evaluando dosis granuladas de NPK en tomate encontró que la mayor cantidad de racimos se formaba al aplicar mayor cantidad de nitrógeno y la menor cantidad era producida por tratamientos sin fertilización.

## 5.2 Variables de producción

### 5.2.1 Frutos por racimos

El fruto es el ovario desarrollado y maduro una vez que se ha verificado la fecundación de los óvulos (Fuentes, 1998). El fruto de tomate es una baya de forma y tamaño variable dependiendo del número de lóculos que van de 1 a 10 (Avendaño, 1984).

El ANDEVA con un 95% de confianza (tabla 8) demuestra que existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. La separación de medias por Tukey con  $\alpha = 0.05$  indica que los resultados se pueden clasificar en 5 categorías estadísticas diferentes.

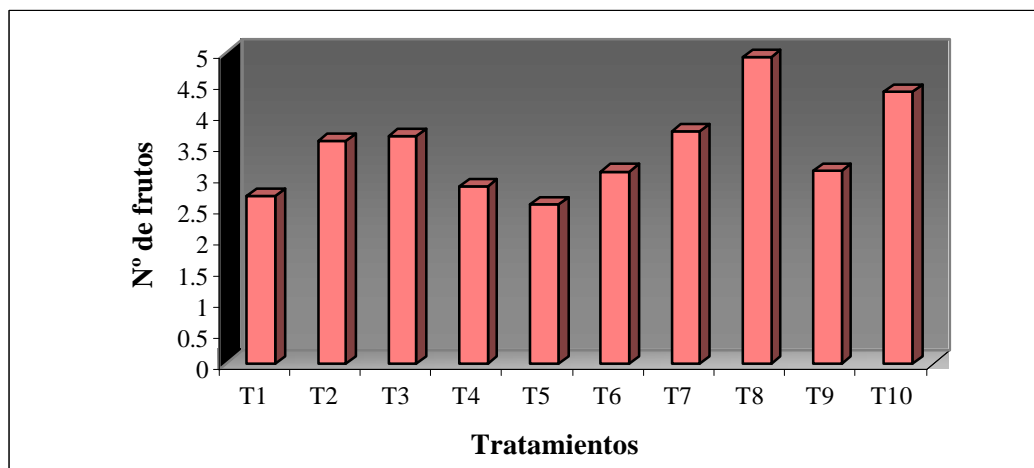
**Tabla 8. Análisis de varianza de número de frutos por racimo. Sébaco, Febrero del 2004.**

<b>F de V</b>	<b>S. C.</b>	<b>G. L.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F Cal</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Dosis</b>	20.50	9	2.28	9.34	0.000*
<b>Error</b>	7.32	30	0.24		
<b>Total</b>	27.82	39			
<b>C.V. = 14.29 %</b>					

En la figura 4 se puede observar los diferentes tratamientos; el T8 se ubica en la primer categoría, que alcanzó el máximo resultado con 4.92 frutos / racimo, seguido del T10 con 4.38 frutos / racimo que se ubica en la segunda categoría estadística; en el caso del T9 obtuvo 3.1 frutos / racimo y se ubicó en quinta categoría estadística; en esa misma categoría se ubica T6, T4, T1 y T5 con 3.09, 2.86, 2.69 y 2.56 frutos / racimos respectivamente. El rango óptimo de

los nutrientes presentes en el suelo permitieron que los tratamientos se comportaran de manera similar; por tanto el T1, que es un testigo absoluto, tomó los nutrientes del suelo que requería para su fructificación.

El T5 presenta la menor cantidad de frutos por racimo (2.56), coincidiendo este dato con el máximo resultado encontrado por Bonilla (1990) que obtuvo igual cantidad.



**Figura 4. Número de frutos por racimo. Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo del tomate. Sébaco, Febrero del 2004**

No se observó un comportamiento definido en cuanto a esta variable con respecto a las dosis aplicadas. Los mayores resultados se encuentran donde hay una clara presencia de nitrógeno y fósforo. Rodríguez *et al.*, (1997), señala que el fósforo favorece el desarrollo radicular y de nuevos tejidos así como la floración y por consiguiente la fructificación; sin embargo; el T4 y T5 que se les aplicó ambos elementos minerales no se ajustan a lo ya mencionado.

### 5.2.2. Diámetro ecuatorial del fruto (cm)

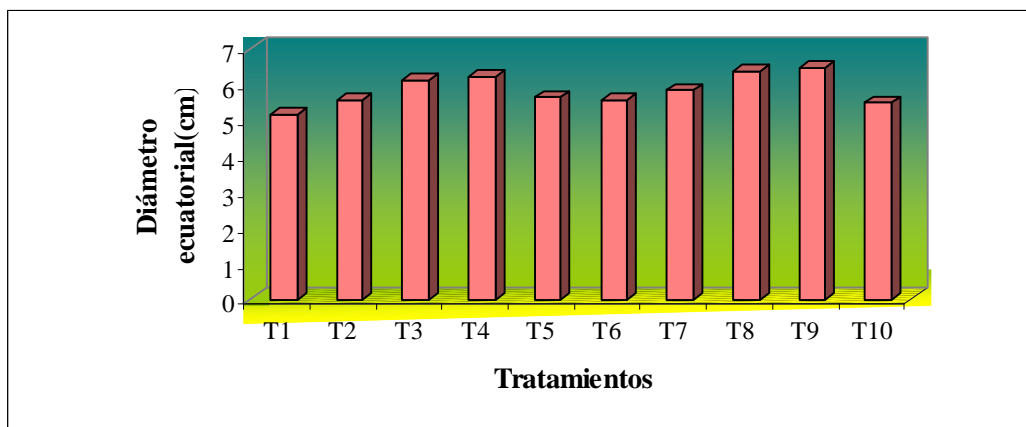
El diámetro ecuatorial es un parámetro empleado en la determinación de la calidad de los frutos. Se encuentra relacionado con el peso y tamaño del mismo.

El ANDEVA al 95% de confianza señala diferencias significativas en los tratamientos evaluados, siguiendo el criterio de Tukey con  $\alpha = 0.05$  la separación de medias se ordenó en tres categorías estadísticas diferentes (ver tabla 9).

**Tabla 9. Análisis de varianza del diámetro ecuatorial (cm) del fruto. Sébaco, Febrero del 2004.**

F de V	S. C.	G. L.	C.M.	F Cal	P>F
Dosis	6.31	9	0.70	3.08	0.010*
Error	6.84	30	0.23		
Total	13.14	39	0.34		
C.V. = 8.186 %					

En la figura 5 se observan los resultados encontrados. El T9 se ubicó en primer lugar superando apenas por 0.1 cm al T8 que utiliza la misma dosis solamente que a través del riego, ambos dentro de la misma categoría estadística. El tratamiento testigo obtuvo el menor diámetro ecuatorial con 5.18 cm.



**Figura 5. Diámetro ecuatorial (cm) del fruto comercial. Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo del tomate. Sébaco, Febrero del 2004**

Al encontrarse relacionado con el peso del fruto se puede observar como el diámetro ecuatorial fue influenciado por las dosis de NPK aplicados tanto de forma granulada como irrigado. Las dosis de tratamiento N – P suceden en importancia, esto al tener en cuenta que la variedad TY-13 es una variedad para mesa. Y por último los tratamientos con mayores dosis de N y bajos niveles de P y K o sin ninguna dosis de estos últimos, al producir menores diámetros.

### 5.2.3. Diámetro polar del fruto (cm)

González (1985) indica que el diámetro polar está influenciado por la variedad. Es el diámetro que se comprende desde el hombro del fruto hasta el ápice del mismo.

El ANDEVA realizado al 95% de confianza demuestra que no existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. La separación de medias por medio de Tukey con  $\alpha = 0.05$  agrupa los tratamientos en igual categoría estadística, no encontrándose diferencias estadísticas entre ellas (ver tabla 10).

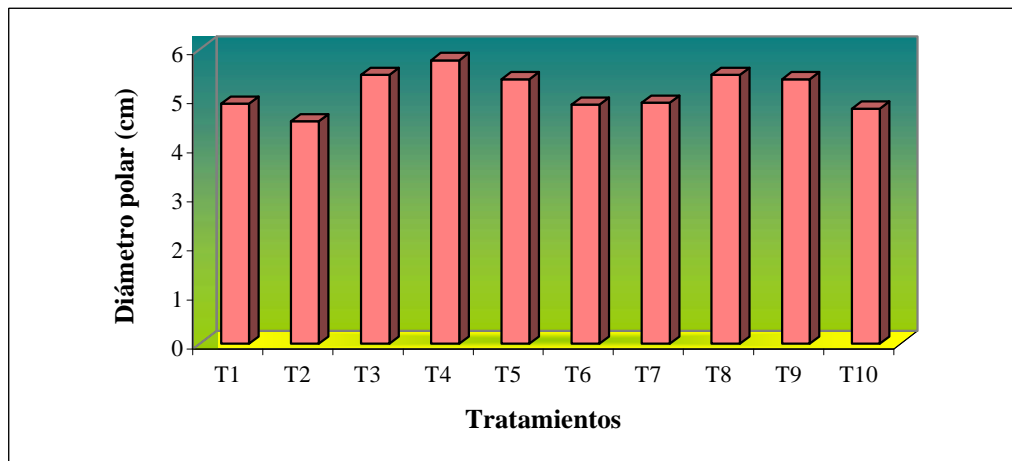
**Tabla 10. Análisis de varianza del diámetro polar (cm) del fruto. Sébaco, Febrero de 2004.**

<b>F de V</b>	<b>S. C.</b>	<b>G. L.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F Cal</b>	<b>P&gt;F</b>
<b>Dosis</b>	5.81	9	0.65	1.45	0.213 ns
<b>Error</b>	13.40	30	0.45		
<b>Total</b>	19.21	39			
<b>C.V. = 12.98 %</b>					

En la figura 6 se puede observar que el mayor diámetro polar lo tiene el tratamiento 4 con 5.77 cm y el menor diámetro con 4.51 cm correspondiendo al tratamiento 2. En el caso de los tratamientos 1 y 10, que son testigos, existen diferencias numéricas donde el tratamiento 1, con 4.89 cm, resultó mayor que el tratamiento 10 con 4.59 cm, esto es debido a que los nutrientes contenidos en el suelo se encuentran en cantidades óptimas.



Los menores resultados de diámetro polar en este trabajo investigativo se asemejan a los máximos encontrados por Padilla y Peralta (1994) quienes obtuvieron valores máximos de 4.68 cm.



**Figura 6. Diámetro polar (cm) del fruto comercial. Evaluación de dosis NPK con fertirriego en el cultivo del tomate. Sébaco, Febrero del 2004**

Independientemente de estar ubicados los tratamientos en una misma categoría los mayores resultados se obtienen de aquellos que disponen a la planta de elementos esenciales en la fructificación como el fósforo y el potasio.

Rodríguez, *et al.*, (1997) mencionan que el potasio ejerce su mayor acción sobre los frutos actuando sobre las sustancias sólidas que lo constituyen. Salmerón y García (1994) señalan que el fósforo es fuertemente distribuido a los órganos aéreos y se concentra en los frutos.

#### **5.2.4 Peso del fruto comercial (g)**

Fruto comercial es todo aquel fruto que presenta el tamaño y la forma, según la variedad, que demande el consumidor y por el cual se obtendrá una remuneración.

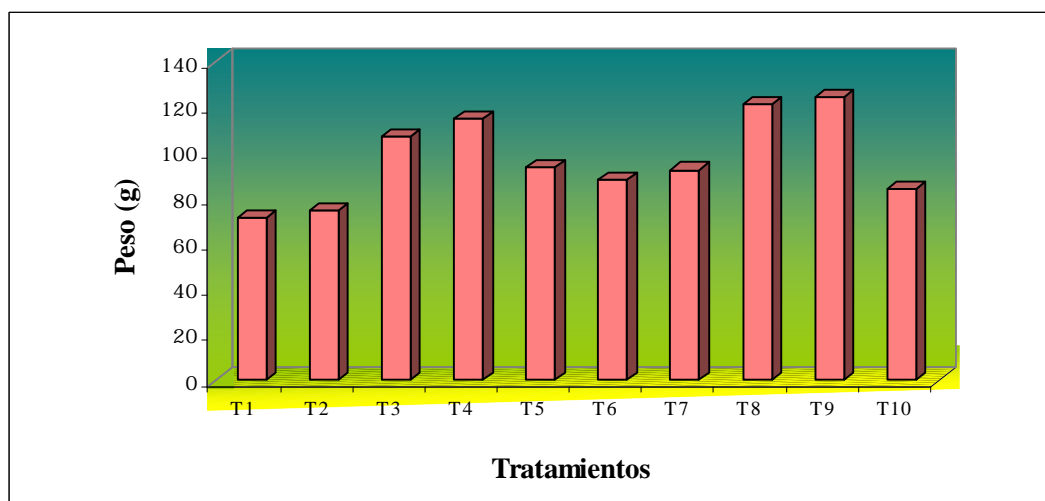
La nutrición vegetal es un factor determinante en el resultado esperado en la producción agrícola, esto permite junto a otros factores que la planta exprese su mayor potencial.

El ANDEVA efectuado al 95% de confianza expresa la existencia de diferencias significativas, sin embargo la separación de medias según el criterio de Tukey con  $\alpha = 0.05$  revela que no existen diferencias estadísticas inducidas por los tratamientos ya que agrupa a todas las dosis evaluadas en una misma categoría (ver tabla 11).

**Tabla 11. Análisis de varianza del peso (g) del fruto comercial. Sébaco, Febrero del 2004.**

F de V	S. C.	G. L.	C.M.	F Cal	P>F
<b>Dosis</b>	12848.90	9	1427.66	2.35	0.038*
<b>Error</b>	18232.82	30	607.76		
<b>Total</b>	31081.71	39			
<b>C.V. = 25.33 %</b>					

En la figura 7 se definen claramente las diferencias numéricas entre los pesos de frutos encontrados para los tratamientos evaluados. El T9 alcanzó el mayor peso con 124.74 g seguido del T8, ligeramente más liviano, con 121.33 g y en último lugar el tratamiento sin dosis de fertilizante alguna con 71.63 g.



**Figura 7. Peso del fruto (g) comercial. Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo del tomate. Sébaco, Febrero del 2004**

El tomate es una planta exigente en nutrientes. La fase de mayor extracción es la fructificación por lo que para ello las plantas deben tener disponibles adecuadas cantidades de nutrientes (Morales, 1999).

Según Morales (1999) algunos investigadores han demostrado que el bajo nivel de nitrógeno antes de la iniciación floral produce una disminución en el peso de los frutos, pero el exceso de este trae como consecuencia un exuberante desarrollo vegetativo en perjuicio de la fructificación, los frutos resultan huecos y livianos, con poco jugo y pocas semillas, los hombros resultan verdes y se retarda de materia seca.

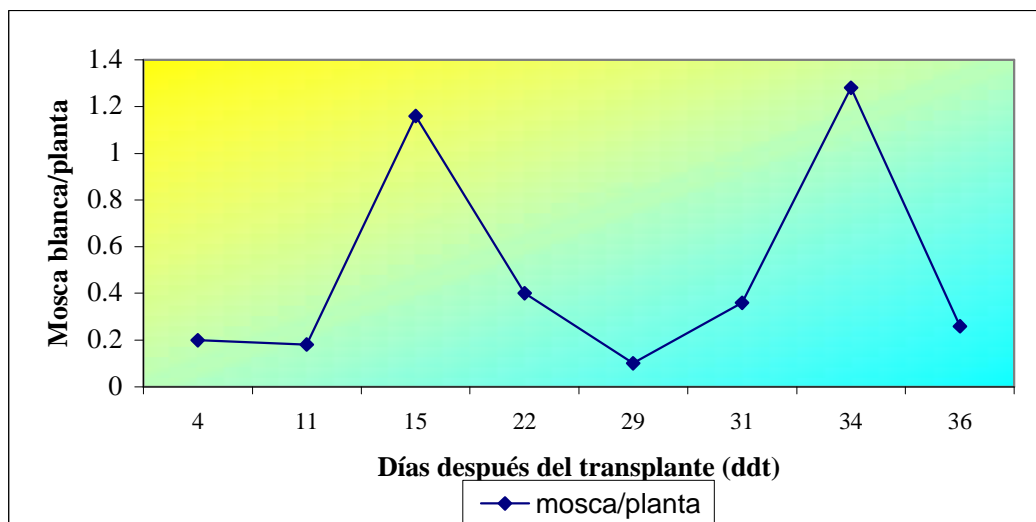
Los tratamientos con fertilización NPK en dosis menores sobresalieron demostrando la necesidad de una dosis íntegra de macro nutrientes primarios para poder obtener un buen rendimiento, pues el peso del fruto es muy influyente en dicho parámetro

Tórrez (2003) encontró que el mayor peso de frutos se consigue al aplicar dosis de 70-50-50 a través de riego por goteo lo que indica similares tendencias, además afirma que los valores obtenidos para esta variable son importantes debido a la estrecha relación que existe con la calidad y el desarrollo alcanzado.

### **5.2.5 Observaciones fitosanitarias**

Durante el período de experimentación se monitorearon las plagas: *B. tabaci*, *H. zea* (huevos y larvas) y plantas viróticas.

En el transcurso de la etapa vegetativa existió presencia de mosca blanca; a los 15 ddt y 35 ddt, el plantío presentó la mayor incidencia de esta plaga (ver figura 8) sobrepasando los niveles críticos aceptables recomendados por Morales (1999) de 0.5 moscas /planta, que llegó a ser 1.28 moscas/planta; provocando una infección con geminivirus de 22 % de las plantas muestreadas a los 49 ddt.

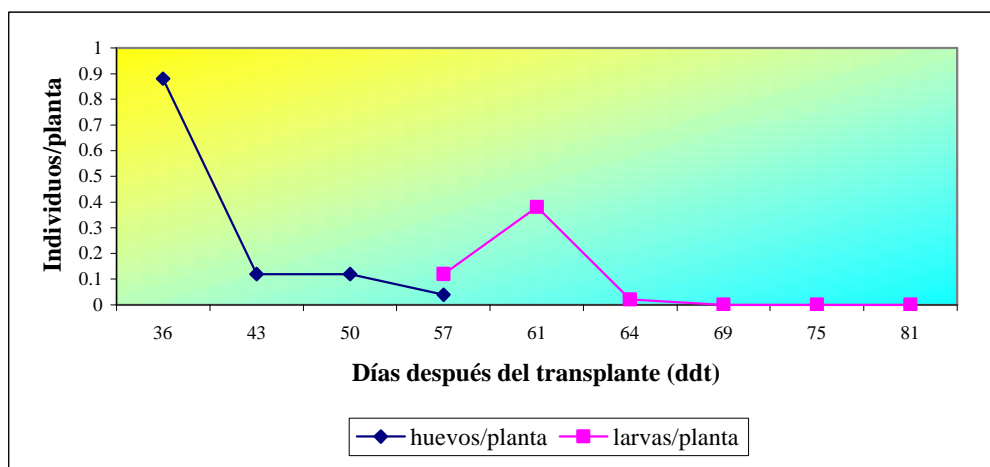


**Figura 8. Dinámica poblacional de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en las estaciones de muestreo. Sébaco, Matagalpa. 2003/2004**

Es evidente que la transmisión de virus por parte de este vector afectó los rendimientos, aunque no se tienen estimados de su reducción para este trabajo de tesis, pues no es su objetivo. Sin embargo, es importante mencionar que investigadores como Rosset (1986) reportaron que los rendimientos de tomate se redujeron en 63 %, además indica que las plantas infectadas por *B. tabaci* con geminivirus en la etapa de plántula generalmente mostraron 100 % de pérdidas en el rendimiento, mientras que las infectadas en la etapa de floración y fructificación tuvieron una pérdida de rendimiento de 40%. Según Rosset (1986), en otro estudio, la infección de *B. tabaci* hasta los 43 ddt causó más de 50 % de pérdidas en el rendimiento total, superior a los obtenidos en este experimento.

En la etapa fenológica de floración del cultivo la mosca deja de ser importante como plaga y vector de enfermedades virales, debido a que el cultivo ha pasado el período crítico de esta enfermedad, procediendo a partir de ese momento a la inspección semanal, a través de muestreos de *H. zea* y *Spodoptera ssp* que aparecen con mayor frecuencia en esta etapa del cultivo, alimentándose de botones florales y de frutos (Escoto y Altamirano 1998).

Los datos de muestreos de *H. zea* se presentan en la figura 9. El primer muestreo a los 35 ddt alcanzó el mayor nivel de infestación de huevos con 85 %, posteriormente el nivel bajó a 16 % de huevos en plantas muestreadas a los 55 ddt. Aún así los primeros huevos que eclosionaron dieron origen a las larvas que en el primer recuento a los 59 ddt llegó al 38 % de infestación, lo que justificó la aplicación inmediata de methomyl (Lannate), para suprimir las poblaciones que superaban ampliamente los niveles críticos indicados por Morales (1999), que recomienda una medida de control si al revisar la hoja trifoliada superior o botón floral superior se encuentran 7 larvas solas o 7 huevos solos. El daño causado por *H. zea* se estimó aproximadamente en 10 % a los frutos.



**Figura 9. Dinámica poblacional del gusano del fruto (*Helicoverpa zea*) en las estaciones de muestreo. Sébaco, Matagalpa. 2003/2004**

El ataque de minador de hojas (*Lyriomiza sativae*) (Diptera : Agromyzidae) se presentó en un alto porcentaje debido a las aplicaciones de insecticidas de amplio espectro (methomyl) para la supresión de *H. zea*, según CATIE (1990) dichas aplicaciones provocan estos brotes como consecuencia de la eliminación de los enemigos naturales. Durante el muestreo efectuado también se encontraron larvas del complejo *Spodoptera*.

La enfermedad culillo negro o deficiencia de calcio se presentó provocando 7% de daño, en ocasiones el mal manejo de agua de riego, exceso de sales, falta de calcio en el suelo, y el ataque de insectos a las raíces disminuye la absorción de calcio. Se recomienda el uso de cal antes de la floración usando 150 a 200 lbs/mz (CATIE, 1990).

El porcentaje de daño causado por *Alternaria solani* fue igual al de la enfermedad culillo negro como consecuencia de facilitar la entrada al patógeno, es importante señalar que las condiciones que favorecen la esporulación del hongo son de 8 a 16 horas de humedad durante la noche y periodos secos durante el día y con temperaturas límites de 10 a 30 °C. (Morales, 1999).

### 5.2.6 Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)

El rendimiento es la variable principal en cualquier cultivo y determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio unido al potencial genético de la variedad; por lo tanto, es el resultado de un sin número de factores biológicos, ambientales y de manejo que se le de al cultivo, los cuales se relacionan entre si para expresarse en kg ha<sup>-1</sup> (Alvarado, 2000).

El análisis estadístico ANDEVA (tabla 12) indica que existe un efecto significativo entre los tratamientos. La posterior separación de medias con Tukey a = 0.05 de confianza agrupa a los diferentes tratamientos en cinco categorías estadísticas diferentes.

**Tabla 12. Análisis de Varianza del rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>). Sébaco, Marzo del 2004.**

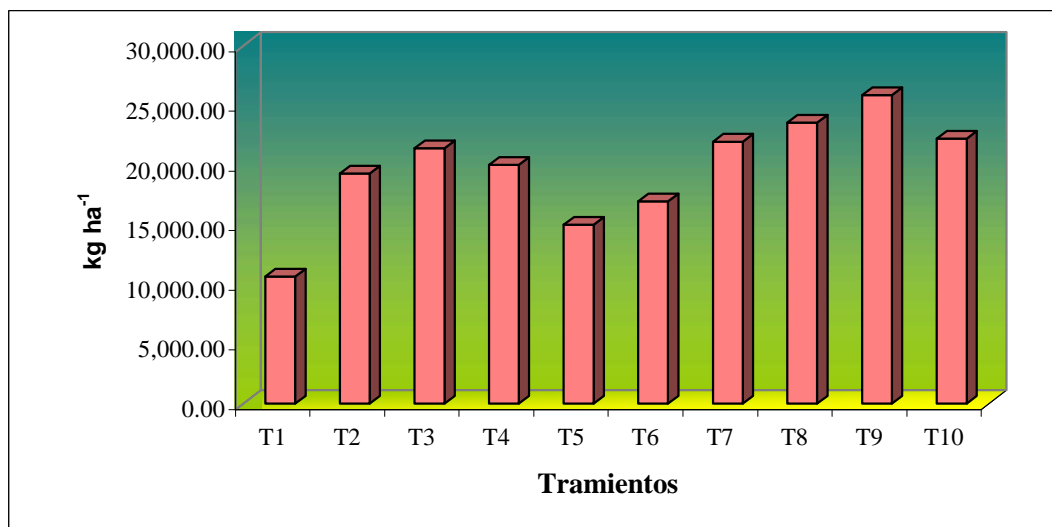
F de V	S. C.	G. L.	C.M.	F Cal	P>F
<b>Dosis</b>	901226496.0	9	100136280.0	4.0274	0.002*
<b>Error</b>	745904128.0	30	24863470.0		
<b>Total</b>	1647130624.0	39			
<b>C.V. = 22.94%</b>					

La figura 10 muestra los diferentes rendimientos alcanzados, siendo el T9 quien obtuvo una mayor producción con 28,713.75 kg ha<sup>-1</sup> ubicándose en la primer categoría; seguido del

tratamiento 8,10 y 7 que produjeron 26,172.5, 24,795 y 24,248.75 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, y la última categoría como era de esperarse fue el T1 quien obtuvo 11,542.75 kg ha<sup>-1</sup>.

Estos rendimientos coinciden con González y Laguna (2004), quien en su estudio con cultivar TY-13 obtuvo rendimientos de 25 ton ha<sup>-1</sup>, así mismo, con Chavarría (2004) que encontró rendimientos de 20.9 ton ha<sup>-1</sup> y 28.3 ton ha<sup>-1</sup> con el cultivar TY-13.

Sin embargo, esto no coincide con Arzola (1979) y con Guenkov (1974) en señalar que solamente en cultivos bien provistos de N puede obtenerse grandes cosechas, ya que los tratamientos que tienen mayor cantidad de fertilizantes son los que obtuvieron menores resultados, no obstante, es importante que la cantidad de N se regule de acuerdo con la presencia de P y K en el suelo y también con la fase de desarrollo.



**Figura 10. Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>). Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo del tomate. Sébaco, Febrero del 2004**

Villanueva (1977), señala que además de los factores genéticos que afectan la producción vegetal están los factores del medio ambiente relacionados al suelo, clima, efectos de malezas, problemas edáficos y aquellos que son propios del manejo del cultivo; entre estos

factores están la densidad de siembra, cantidad y época de aplicación de N, eficiencia en el manejo del riego lo cual es determinante para la obtención de buenos rendimientos.

En este trabajo investigativo se obtuvo un porcentaje de eficiencia de aplicación y de distribución del sistema de riego próximo al óptimo, sin embargo, la lámina aplicada era ligeramente superior a la cantidad de agua que requería el cultivo; esto no indica que la planta haya aprovechado dicha cantidad de agua. Una serie de pérdidas por percolación más allá de la capa activa fue provocada por la textura del suelo que presentaba textura arenosa y según Pizarro (1996), estos tienen una capacidad mayor de infiltración, llegando el agua a profundidades mayores y por ende a una lixiviación de los fertilizantes. Además el sistema de riego presentaba daños ocasionados por roedores.

Estos factores condujeron a un estrés hídrico en la plantación debilitándolas y provocando la enfermedad de pudrición del extremo apical del fruto, que es un mal fisiológico presente al haber un mal riego (Ministerio de Agricultura 1984); afectando la producción lo cual puso en desventaja a los tratamientos que poseían fertirriego, no siendo aprovechado completamente por el cultivo, contrario con los tratamientos granulados que en estas circunstancias aprovecharon mejor los fertilizantes obteniendo mayores rendimientos.

Sin embargo, toda esta problemática no afecta los rendimientos alcanzados, superando los rendimientos promedios del país que varían entre 12 – 18 ton ha<sup>-1</sup> (Morales, 1999).

### **5.3 Análisis económico**

#### **5.3.1 Relación beneficio/ costo.**

El análisis beneficio/ costo es un método que se utiliza para organizar los datos del ensayo con el fin de obtener los costos y beneficios de los diferentes tratamientos. Es una manera de calcular el total de los costos que varían y el beneficio neto de cada tratamiento, además toma en cuenta todos los costos que varían para cada tratamiento (Toruño, 1992).



En este trabajo se analizó económicamente la alternativa de fertirrigación, en relación a la práctica tradicional, esto se hizo para determinar si la alternativa de fertirrigación es mas adecuada desde el punto de vista económico que la práctica tradicional, de manera que al recomendarla en la producción éste se ajuste a los objetivos y circunstancias de los productores.

En la tabla 13 se puede observar que los mayores rendimientos los obtuvieron aquellos tratamientos donde se utilizó dosis más balanceadas (70-50-50) de fertilizantes, lo que implica un mayor beneficio.

El T9 (dosis granulada) genera una relación B/C de C\$ 2.17, seguido del T8 con C\$ 2.07, luego el T7 con C\$ 1.94 y luego el T10 que es la dosis empleada por el productor con fertirriego, que obtuvo C\$ 1.92.

**Tabla 13. Relación beneficio/costo. Sébaco, marzo del 2004.**

Trat.	Dosis	C. Fijo	C. Var.	C. Tot.	Rto. ton ha <sup>-1</sup>	I. B.	I. N.	B/C
1	0-0-0	41,937.81	0	41,937.81	10,673.35	40,451.96	-1,485.85	0.96
2	90-0-0	41,937.81	838.89	42,749.07	19,298.47	73,141.20	30,392.13	1.71
3	90-60-0	41,937.81	1,193.06	43,130.87	21,421.41	81,187.14	38,056.27	1.88
4	90-60-60	41,937.81	1,577.78	43,515.59	20,014.81	75,856.13	30,257.21	1.66
5	90-60-60	41,937.81	3,661.11	45,598.92	15,015.08	56,907.15	11,308.23	1.25
6	70-0-0	41,937.81	652.78	42,590.59	16,958.70	64,273.47	21,682.88	1.51
7	70-50-0	41,937.81	948.61	42,886.42	21,969.37	83,263.91	40,377.49	1.94
8	70-50-50	41,937.81	1,269.44	43,207.25	23,565.72	89,314.08	46,106.83	2.07
9	70-50-50	41,937.81	3,352.77	45,290.58	25,876.83	98,073.19	52,782.61	2.17
10	158-62-31	41,937.81	1,923.61	43,861.42	22,226.24	84,235.45	40,374.03	1.92

Esto nos indica que por cada Córdoba invertido obtenemos; en el caso del T9; C\$ 1.17 de ingreso neto, lo que supera en C\$ 0.10 al tratamiento 8, que emplea la misma dosis pero con la fertirrigación, sin embargo los beneficios que obtiene el T9 no justifican los costos variables de él, los cuales son muy elevados.

Para producir 1 kg de tomate mediante el método tradicional con la dosis de 70-50-50, se invierte C\$ 0.1295, en cambio, el T8 que utiliza la misma dosis pero con fertirriego; invierte

C\$ 0.0547. Esto nos indica que el T9 invierte 164% más que el T8 y obtiene un beneficio de apenas 4% superior al T8. Si tomáramos en cuenta los riesgos los beneficios serían menores.

Por lo que deducimos que el mejor tratamiento económicamente es el T8 quien tiene uno de los menores costos totales y una alta relación beneficio-costos.

Sin embargo hay que tomar en cuenta que el fertirriego implica una inversión y los crecimientos en el rendimiento y el beneficio esperado no son seguros: dependen de una serie de factores ligados al clima, al manejo oportuno y al mercado.

### 5.3.2 Índice de productividad (I.P.)

La relación existente entre los kg de nutrientes aplicados y los kg de tomate incrementados se reflejan a través del Índice de Productividad que aparece en la tabla 14. Los mayores I.P. se lograron con aportes de 90-0-0, 70-50-0, 70-50-50 (granulado) y 70-0-0 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes NPK al obtenerse 95.83, 94.13, 89.79 y 89.43 kg de tomate incrementado por cada kg de nutriente aplicado respectivamente.

**Tabla 14. Índice de productividad de los tratamientos evaluados. Sébaco, Marzo del 2004.**

Tratamiento	Dosis NPK	Nutriente	Rto. ton ha <sup>-1</sup>	Incremento del Rto		I. P.
				kg	%	
<b>1</b>	0-0-0	-	10,673.35	-	-	-
<b>2</b>	90-0-0	90	19,298.47	8,625.12	80.8	95.83
<b>3</b>	90-60-0	150	21,421.41	10,748.06	100.69	71.65
<b>4</b>	90-60-60	210	20,014.81	9,341.46	87.52	44.48
<b>5</b>	90-60-60	210	15,015.08	4,341.73	40.67	20.67
<b>6</b>	70-0-0	70	16,958.70	6,285.35	58.89	89.79
<b>7</b>	70-50-0	120	21,969.37	11,296.02	105.83	94.13
<b>8</b>	70-50-50	170	23,565.72	12,892.37	120.79	75.83
<b>9</b>	70-50-50	170	25,876.83	15,203.48	142.44	89.43
<b>10</b>	158-62-31	251	22,226.24	11,552.89	108.24	46.03

El mayor rendimiento se lo adjudicó el T9, pero debido a la mayor cantidad de nutrientes que contiene su I.P. es inferior al T2 que, con un poco más de la mitad de nutrientes de éste, lo superó. De manera similar se comportaron los tratamientos 3 y 7 donde éste último, con

menor cantidad de nutrientes empleados, superó en el I.P. al primero aunque sus diferencias de rendimiento no sean de gran magnitud. Esto nos indica que cuando los rendimientos se mantienen en un determinado rango mientras los aportes de fertilizantes se incrementan la relación fertilizante aplicado / incremento producido se reducirá, en detrimento de la productividad.

Cabe señalar que los datos obtenidos en el caso del rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), para el Índice de productividad y la relación beneficio/ costo, son distintos a los rendimientos que aparecen en los resultados de esta variable, ya que en los análisis económicos se omite el % de frutos dañados los cuales no generan ningún ingreso.

## VI. CONCLUSIONES

Las variables agronómicas de crecimiento se comportaron de manera inversa cuando demostraron que la altura se incrementaba con el aumento de la dosis de fertilizante N y el diámetro del tallo no crecía proporcionalmente, igualmente la mayor formación de racimos florales se vio influida por este elemento, comprobando así que la fertilización excesiva con nitrógeno favorece un exuberante crecimiento de la planta.

Aportes de 70-50-50 de NPK en forma granulada y fertirrigada destacaron en las variables productivas al obtener los mayores rendimientos con 25.87 y 23.56 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente, así como los mayores diámetros ecuatoriales y peso del fruto, comprobando que estos parámetros se encuentran relacionados entre si.

El tratamiento testigo (0-0-0) presentó en las variables de crecimiento y la mayoría de las variables productivas, exceptuando el diámetro polar y el número de frutos por racimo, los menores resultados, indicándonos la necesidad de restituir nutrientes al suelo o mejorar las propiedades físico-químicas de este.

Los contenidos de nutrientes del suelo donde se estableció el cultivo se encuentran en los rangos aceptables de fertilidad. Por su parte el contenido de elementos iónicos presentes en el agua empleada para la irrigación del experimento es bajo y por tanto clasificada como apta para el cultivo de tomate.

Producto del tiempo que llevaba en uso el sistema de riego, su eficiencia no fue excelente lo que incidió en los resultados y no permitió demostrar el potencial productivo superior de la técnica de fertirriego, principalmente cuando se refiere a la dosificación y distribución de los nutrientes aplicados al cultivo.

El análisis económico efectuado determinó como la mejor relación B/C al T9 con C\$ 2.17 y el mayor Índice de Productividad (I. P.) al T2 con 95.83 kg de tomate incrementado por cada kg de fertilizante aplicado, sin embargo el T8 figura como la mejor opción económica.

## VII. RECOMENDACIONES

En suelos de textura arenosa, mejorar las propiedades físico-químicas a través de la adición de materia orgánica con el fin de incrementar la eficiencia de la fertirrigación, mejorar el bulbo húmedo y las relaciones iónicas de los nutrientes N, P y K.

Realizar un manejo preventivo respecto a plagas y enfermedades, ya que el efecto de productos sintéticos puede reducir los enemigos naturales y aumentar las poblaciones de plagas e incidir negativamente en el rendimiento.

Evaluar las dosis 70-50-50 de NPK, tanto granulada como fertirrigada, en forma fraccionada creciente, ajustada a la curva de demanda de nutrientes del cultivo del tomate en base a su etapa fenológica.

Tomar en cuenta la temporalidad de producción del cultivo del tomate para focalizar los mejores precios de venta del mercado y obtener mayores ingresos.

Por su alta producción y relativo bajo costo de fertilización aportar 70-50-50 de NPK con fertirrigación en riego por goteo para el cultivo de tomate.

Realizar más estudios con esta técnica en diferentes cultivos y diferentes zonas edafoclimáticas del país.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemán, M. 1991. Comportamiento agronómico e industrial de cinco variedades de tomate en el Valle de Sébaco. Tesis de Ing. Agr. ISCA, Managua, Nicaragua
- Alvarado, N.A. 2000. Efecto de diferentes plantas por nido sobre el tamaño del fruto de la sandía (*Citrullus vulgaris* Schard) Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 35 p.
- Amoros, M. 1996. Riego por goteo en cítricos: Manual práctico. Edición Mundi – Prensa. Madrid, España. 142 p.
- Arzola, N. 1979. Fertilización de los cultivos. La Habana (Folleto de Asignatura) 20 p.
- Avendaño, S. 1984. El cultivo del tomate. (Folleto mimeografiado) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua
- Ayers y Wescot. 1984. Calidad agronómica del agua para riego. FAO, Roma. 56 p.
- Bertsch, F.1995. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2<sup>da</sup> Edición. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 78 p.
- Bonilla, N. J. 1990. Caracterización y evaluación preliminar de los cultivares de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y aspectos agronómicos utilizados en Tisma. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 62 p.
- CATIE. 1990. Guía para el manejo integrado de plagas en el cultivo de tomate. CATIE, Proyecto Regional MIP. Turrialba, Costa Rica. 138 p.
- Carretero, I. et al .2002. Técnico en Agricultura. Edición Cultural, S.A. Madrid – España. 538 p.

- Cuadra, S. y Ramos, N. 2002. Efecto de diferentes niveles de NPK en el comportamiento agronómico del tomate, en el Valle de Sébaco. Tesis de Ing. Agr. UNA, Managua, Nicaragua. 61 p.
- Chavarría, N. 2004. Evaluación de cinco líneas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en relación al complejo *Bemisia tabaci* Genn geminivirus, bajo infestaciones naturales en la zona del pacifico. Tesis Ing. Agr. UNA, Managua, Nicaragua.
- Díaz, A. 1993. Influencia de la espesura de la relación altura-diámetro de la teca en Caparo, Barinas- Venezuela. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 56 p.
- Domínguez, A.1996. Fertirrigación. 2<sup>da</sup> edición. Mundi- Prensa. Madrid, España. 253p.
- Escoto, J. y Altamirano, F.1998. Aspectos biológicos de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gemnadius) y geminivirus con énfasis en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en el valle de Santa Lucía, Boaco, Nicaragua. Tesis de Ing. Agr. Managua, Nicaragua. 47 p.
- Fuentes, J. 1994. El suelo y los fertilizantes. Ed Mundi–Prensa. Madrid. 4<sup>ta</sup>edición. 327p.
- Fuentes, J. 1998. Botánica Agrícola. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 315 p.
- Fuentes, J. 1998. Curso elemental de riego. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 657-702 p.
- González, M. 1985. Análisis de la relación entre el peso del fruto y diferentes caracteres morfológicos mediante el coeficiente de sendero, en un grupo de variedades de tomate. Cultivos tropicales, Revista del mes. La Habana, Cuba. 28 p.
- González, O. y Laguna, J. 2004. Evaluación del comportamiento agronómico de once cultivares de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo el manejo del productor en el Valle de Sébaco, Matagalpa. Tesis Ing. Agr. UNA, Managua, Nicaragua. 54 p.

- Guardiola, B. y García, A. 1990. Fisiología Vegetal I: Nutrición y Transporte. Ed. Síntesis S.A. Madrid. 440 p.
- Guenkov, C. 1974. Fundamentos de la horticultura. Cuba. La Habana, Cuba.
- Holdridge.1987. Ecología: Basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica. 216 p.
- Imas, P. 1999. Manejo de nutrientes por fertirriego en sistemas frutihortícolas (on line) XXII Congreso argentino de Horticultura. Tucuman, Argentina. Consultado 17 de septiembre del 2003. Disponible en: <http://www.ipipotash.org/presentn/mdnpsfesf.html>
- Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR). Estadísticas hortícolas. (on line). Managua, Nicaragua. Consultado 09 de octubre del 2004. Disponible en: <http://www.magfor.gob.ni>.
- Ministerio de Agricultura. 1984. Instructivo técnico del cultivo del tomate. Dirección nacional de cultivos varios. 101 p.
- Morales, F. 1999. Cultivo del tomate. Guía Tecnológica 22, INTA. Ed. IMPASA
- Padilla, Z y Peralta, I.1994. Influencia de la fertilidad nitrogenada y densidad de siembra en el rendimiento agronómico e industrial de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), variedad UC-82 y Topacio en el Valle de Sébaco, Matagalpa. Tesis de Ing. Agr. UNA, Managua, Nicaragua. 52 p.
- Pizarro, F. 1996. Riegos Localizados de Alta Frecuencia. (RLAF). Goteo, micro aspersión, exudación. 3<sup>era</sup> Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 513 p.
- Rodríguez, R. *et al.*, 1997. Cultivo moderno del tomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 255 p.



- Rosset, P. 1986. Aspectos ecológicos y económicos del manejo de plagas y los poli cultivos de tomate en América Central. Universidad de Michigan. 40 pp. Tesis para optar al grado de Doctor en Filosofía, Ciencias Biológicas. Instituto para el desarrollo de alternativas agrícolas.
- Salinas, I. 1995. La evapotranspiración potencial en Nicaragua. INTA. Managua, Nicaragua. 36 p.
- Salmerón, F. y García, L. 1994. Fertilidad y Fertilización de suelo. UNA, Managua, Nicaragua. 141 p.
- Tórrez, J. A. 2003. Evaluación de dosis de NPK con fertirriego en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). Informe técnico anual. INTA. 38 pp.
- Toruño, M. 1992. Análisis económico de la producción de fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo tres sistemas de labranza (cero, mínimo y comercial) y rotación de maíz, fríjol. Managua, Nicaragua. 57 p.
- Villanueva, O. 1977. Fertilidad de suelos. UACH. Chapingo, México. 68 p.
- Wild, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de la planta según Russell. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 145 p.

# *IX. ANEXOS*

**Anexo 1. Datos meteorológicos predominantes durante la fase de experimentación.  
Valle de Sébaco, Matagalpa. 2003/ 2004.**

Mes	TMx	TMn	TMd	H. R. Mx %	H. R. Mn %	H. R. Md %	Nubosidad Octantes	Dirección del viento	Vient Max. m/s	Vient Md m/s
Nov	31.0	19.7	24.8	98	53	81	3	NO	12	3.4
Dic	30.9	18.8	24.7	90	43	68	2	NO	20	5.6
Ene	30.7	18.4	24.3	91	40	67	2	SE	14	4.2
Feb	31.9	18.7	24.9	93	39	66	3	SE	14	4.5
Mar	22.4	20.9	25.9	83	36	61	4	SE	12	5

Mes	PP (mm)	ET Tanque	ET Piche	Insolación Horas y décimas	Déficit Saturac Mx	Déficit Saturac Mn	Punto de Rocío
Nov	46.1/1.5	5.0	4.2	6.4	18.8	5.4	20.9
Dic	0.5/0.0	6.7	6.8	8.5	27.2	8.4	17.9
Ene	0.0	6.8	6.7	8.1	24.3	8.6	17.2
Feb	0.0	7.6	7.1	8.4	24.4	9.4	17.4
Mar	0.0	8.1	7.8	7.7	29.0	10.7	17.2

Estación meteorológica CEVAS.2003-2004

**Anexo 2. Altura de las plantas (cm). Separación de medias. Tukey  $\alpha = 0.05$**

Tratamientos	Medias	Categoría Estadística
T10	54.875	a
T2	53.8	a
T8	53.55	a
T9	52.025	a
T3	51.3	a
T6	50.425	a
T4	49.475	a
T7	49.4	a
T5	48.325	a
T1	47	a

Literales iguales no difieren estadísticamente

**Anexo 3. Diámetro del tallo (cm). Separación de medias. Tukey  $\alpha = 0.05$** 

Tratamientos	Medias	Categoría Estadística
T8	1.3525	a
T10	1.2875	ab
T2	1.2725	ab
T5	1.2425	abc
T7	1.23	abc
T9	1.2275	abc
T6	1.185	bc
T4	1.175	bc
T3	1.1725	bc
T1	1.0925	c

Literales iguales no difieren estadísticamente

**Anexo 4. Número de racimos por planta apta para la cosecha. Separación de medias. Tukey  $\alpha = 0.05$** 

Tratamientos	Medias	Categoría Estadística
T2	9.2475	a
T10	9.145	a
T6	8.995	a
T8	8.9375	a
T7	8.9075	a
T3	8.8	a
T4	7.5	ab
T9	6.63	ab
T5	6.625	ab
T1	4.375	b

Literales iguales no difieren estadísticamente

**Anexo 5. Número de frutos por racimos. Separación de medias. Tukey  $\alpha = 0.05$** 

Tratamientos	Medias	Categoría Estadística
T8	4.918	a
T10	4.375	ab
T7	3.73	abc
T3	3.663	bc
T2	3.575	bc
T9	3.1	c
T6	3.088	c
T4	2.855	c
T1	2.688	c
T5	2.563	c

Literales iguales no difieren estadísticamente

**Anexo 6. Diámetro ecuatorial del fruto (cm). Separación de medias. Tukey  $\alpha = 0.05$** 

Tratamientos	Medias	Categoría Estadística
T9	6.444	a
T8	6.344	a
T4	6.2	ab
T3	6.094	ab
T7	5.831	ab
T5	5.631	ab
T2	5.575	ab
T6	5.556	ab
T10	5.481	ab
T1	5.175	b

Literales iguales no difieren estadísticamente

**Anexo 7. Diámetro polar del fruto (cm). Separación de medias. Tukey  $\alpha = 0.05$** 

Tratamientos	Medias	Categoría Estadística
T4	5.775	a
T3	5.475	a
T8	5.475	a
T9	5.388	a
T5	5.388	a
T7	4.913	a
T1	4.888	a
T6	4.875	a
T10	4.788	a
T2	4.513	a

Literales iguales no difieren estadísticamente

**Anexo 8. Peso del fruto (g) comercial. Separación de medias. Tukey  $\alpha = 0.05$** 

Tratamientos	Medias	Categoría Estadística
T9	124.738	a
T8	121.325	a
T4	115.2	a
T3	107.238	a
T5	93.925	a
T7	92.638	a
T6	87.938	a
T10	84.088	a
T2	74.75	a
T1	71.625	a

Literales iguales no difieren estadísticamente

**Anexo 9. Rendimiento (ton ha<sup>-1</sup>). Separación de medias. Tukey  $\alpha = 0.05$**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>Categoría Estadística</b>
T9	28713.75	a
T8	26172.5	ab
T10	24795	ab
T7	24248.75	ab
T3	22942.5	abc
T4	22788.125	abc
T2	20365.625	abc
T6	19249.375	abc
T5	16565.625	bc
T1	11542.75	c

Literales iguales no difieren estadísticamente