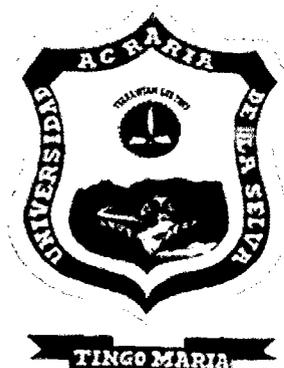


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**“RELACIÓN AMONIO/NITRATO EN LA PRODUCCIÓN DEL
CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.) EN UN
SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN TINGO MARÍA”**

TESIS

Para optar al título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

FONSECA ADRIANZEN Alain René

Tingo María – Perú

2013



F01

F75

Fonseca Adriazén, Alain

René

Relación amonio / nitrato en la producción del cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en un sistema de riego por goteo - Tingo María, 2013

65 páginas.; 20 cuadros; 06 figuras.; 36 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero Agrónomo) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Agronomía.

1. INFLUENCIA

2. RENDIMIENTO

3. PRODUCCIÓN

4. RIEGO

5. TOMATE

6. RELACIÓN

DEDICATORIA

A DIOS: Sobre todas las cosas, por iluminarme y darme sus bendiciones durante todo el proceso de mi formación profesional.

A mis queridos padres: Alberto Fonseca Díaz y Edith Elvira Adrianzen Salgado mi más profundo agradecimiento y eterna gratitud por sus consejos y esfuerzo para la culminación de mi carrera profesional.

A la memoria de mis abuelitas: Teresa y Magna

A mi Hermana: Ing.
Margarita Fonseca por su
apoyo incondicional en la
ejecución del presente
trabajo.

A mis Tíos: María Teresa, Gladis,
Carlos Eduardo, Alberto y
Margarita por su apoyo moral y
sus consejos en el proceso de mi
formación como profesional

A mis Primos: María de
Guadalupe, Teresa del
Rocío, Carlos Alberto y
Claudia por su apoyo y
comprensión en el presente
trabajo con mucho cariño.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Agronomía que contribuyeron a mi formación profesional.
- Al Fundo-I de la facultad de agronomía por su colaboración para la instalación de la tesis.
- Al Ing. Jorge Cerón Chávez, por su valiosa orientación y supervisión de la tesis como patrocinador.
- Al Ing. Juan Mártires Ccoycca Fernández por su orientación, colaboración y supervisión de la tesis como coasesor en el trabajo de investigación.
- A la Ing. Margarita Fonseca Adrianzen, por su colaboración en el trabajo.
- Al Ing. Alberto Fonseca Díaz, por su valiosa colaboración en el trabajo.
- Al Ing. Luis Mansilla Minaya, por su colaboración y asesoramiento en la redacción de la presente tesis.
- Al Economista Teófilo Portuguez Soto, por su colaboración en el trabajo.
- A mis amigos: Ernesto Peso Murrieta, Álvaro Cárdenas Morales, Cristhian Camasca Ríos, Raúl Zevallos Dionisio, Ali Egusquiza Silva, Max Ramírez Rojas, Enzo Solsol Ramírez, Leonardo Félix Espíritu; Percy Cabrera Meza por su participación en el presente trabajo.
- A todas aquellas personas que directa o indirectamente hicieron posible la culminación del presente trabajo.
- A Kathleen Beatriz Panduro Trujillo por brindarme su comprensión, cariño condicional y su compañía en momentos difíciles.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	11
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. Concepto de hidroponía	13
2.2. Sustratos	14
2.3. Nutrientes	15
2.3.1. Solución nutritiva	16
2.3.2. Rendimiento de tomate en base a la concentración de N/K..	18
2.3.3. Efectos de la relación amonio/nitrato en el rendimiento de tomate.....	19
2.4. Fertirrigación.....	20
2.5. Productividad de tomate	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1. Ubicación del campo experimental.....	24
3.2. Condiciones climáticas	24
3.3. Materiales	25
3.3.1. Equipos	26
3.3.2. Insumos.....	26
3.4. Factores en estudio	26
3.5. Diseño experimental	27
3.5.1. Modelo estadístico	27
3.5.2. Esquema del análisis estadístico	28
3.6. Características del campo experimental.....	28

3.7. Ejecución del experimento.....	29
3.7.1. Limpieza y acondicionamiento del área experimental.....	29
3.7.2. Obtención de los sustratos.....	29
3.7.3. Desinfección y preparación de los sustratos.....	29
3.7.4. Llenado y colocación de las mangas en las camas.....	30
3.7.5. Construcción de soportes para tanques de solución nutritiva.....	30
3.7.6. Instalación del sistema de riego por goteo.....	30
3.7.7. Fórmula para la preparación de la solución.....	31
3.7.8. Formulación de las soluciones nutritivas.....	31
3.7.9. Manejo de la solución nutritiva.....	33
3.7.10. Frecuencia de riego.....	33
3.7.11. Almacigado de semilla.....	34
3.7.12. Trasplante a campo experimental.....	34
3.7.13. Tutorado.....	34
3.7.14. Poda.....	35
3.7.15. Sombra.....	35
3.7.16. Aplicación de agroquímicos.....	36
3.8. Características a evaluar y metodología.....	36
3.8.1. Altura de planta.....	36
3.8.2. Diámetro de tallo.....	36
3.8.3. Rendimiento de fruto.....	37
3.8.4. Peso de fruto por planta.....	37
3.8.5. Diámetro ecuatorial y polar de fruto.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38

V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. RESUMEN.....	56
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	58
IX. ANEXO.....	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Pág.
1. Fertilizantes hidrosolubles usados en hidroponía (mmoles/L).....	21
2. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento, Mayo – Setiembre 2012.....	25
3. Análisis de Variancia	28
4. Formulación de fertirrigación para tomate en ppm	32
5. Concentración de los iones NO_3^- y NH_4^+ para cada tratamiento.....	32
6. Composición aproximada de micronutrientes en la concentración final de la solución de fertirriego	32
7. Frecuencia de riego.....	34
8. Análisis de variancia para la altura de planta	38
9. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en la altura de planta	38
10. Análisis de variancia para el diámetro de tallos.....	40
11. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el diámetro de tallo	40
12. Análisis de variancia para la longitud de hoja.....	42
13. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ para la longitud de hoja.	42
14. Análisis de variancia para el peso de fruto	44
15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para peso del fruto	44
16. Análisis de variancia para el diámetro ecuatorial y polar de fruto.....	47
17. Influencia en la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el diámetro ecuatorial y polar..	48
18. Análisis de variancia para el rendimiento de tomate	50

19. Prueba de Duncan para la influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el rendimiento de tomate.....	50
20. Análisis económico.....	52
21. pH de cada tanque	68
22. Fertilizantes solubles utilizados en el trabajo de investigación	69
23. Fertilidad soluble utilizado en el trabajo de investigación expresado en molaridad.....	69
24. Composición de micronutrientes (Fertilom Combi).....	69
25. Presupuesto para la producción de tomates en el trabajo de investigación y su proyección en una hectárea. Nuevo soles (S/.).....	70
26. Calculo del rendimiento en toneladas por hectárea.....	71
27. Cronograma de actividades en el trabajo de investigación; siembra de tomate de crecimiento indeterminado.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Pág.
1. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en la altura de planta	39
2. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el diámetro de tallo del cultivo de tomate.....	41
3. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en la longitud de hoja.....	43
4. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el peso de fruto.....	45
5. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el diámetro ecuatorial y polar..	48
6. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el rendimiento de tomate	51
7. Croquis del experimento.....	66
8. Detalles de una parcela experimental	67
9. Siembra de tomate "Dominique" en las bandejas almacigueras.....	72
10. Plántulas de tomate "Dominique" en germinación	72
11. Almacigo de tomate "Dominique"	73
12. Instalación del sistema de riego	73
13. Trasplante del tomate "Dominique" a las mangas	74
14. Crecimiento vegetativo del tomate "Dominique"	74
15. Tutorado del tomate "Dominique"	75
16. Floración del tomate "Dominique"	75
17. Fructificación de tomate "Dominique"	76
18. Producción del tomate "Dominique"	76
19. Fruto maduro del tomate "Dominique"	77

I. INTRODUCCIÓN

El deterioro progresivo del suelo en la Selva Peruana, debido entre otros aspectos a la alta acidez y lavado de nutrientes determina en muchos casos una baja productividad de los cultivos y a una baja calidad del producto; esto conlleva a la búsqueda de alternativas de producción para la agricultura, siendo uno de ellos el uso de tecnologías de los cultivos hidropónicos que ayudan a la utilización de recursos que son cada vez más escasos. La técnica del cultivo hidropónico dada su elevada tecnificación, permite consumir únicamente agua y nutrientes necesarios, minimizando todo tipo de pérdidas y aportando solamente la cantidad que las plantas estrictamente necesitan, permiten tener controlados las variables de cultivo y en consecuencia obtención de una mayor calidad de producto.

La producción y calidad del tomate se ve afectada por la relación nutricional amonio/nitrato; cuando éstas no son óptimas se expresan en pudrición apical de los frutos, causado por la deficiencia del calcio que compete con el amonio. Según ALPIZAR (2004), el nitrógeno en forma de NO_3^- , es absorbido por la mayoría de las plantas vasculares, mientras que la forma NH_4^+ , resulta tóxico para muchas de ellas incluso en bajas concentraciones, cuando esta es la única fuente de nitrógeno o en combinación con el nitrógeno en forma de NO_3^- .

El experimento ha sido preparado como una contribución para explorar los rendimientos en el cultivo de tomate a través de un adecuado uso de la relación amonio/nitrato, trayendo como consecuencia la necesidad de cambiar los sistemas tradicionales, por técnicas más avanzadas para obtener una mejor producción por unidad de área y se tiene los siguientes objetivos:

- Determinar la mejor relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en el crecimiento y desarrollo del tomate en condiciones de cultivos hidropónicos.
- Determinar la mejor relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en el rendimiento del tomate en condiciones de cultivos hidropónicos.
- Determinar la mejor relación costo beneficio en condiciones de cultivos hidropónicos.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Concepto de hidroponía

Etimológicamente el concepto hidroponía deriva del griego y significa literalmente trabajo o cultivo (ponos) en agua (hydros). Cultivo hidropónico en su concepción más amplia, engloba a todo sistema de cultivo en el que las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear el suelo, suministrando la nutrición hídrica y la totalidad o parte de la nutrición mineral mediante una solución en la que van disueltos los diferentes nutrientes esenciales para su desarrollo. El concepto es equivalente al de "cultivos sin suelo" y supone el conjunto de cultivo en sustrato más el cultivo en agua (ALPIZAR, 2004).

Cualquier tipo de hortaliza es susceptible de ser cultivada en hidroponía en mayor o menor medida. De este modo, las condiciones agroclimáticas disponibles (calidad del agua de riego, microclima, época de cultivo, etc.) junto a los canales de comercialización hortícolas existentes en la zona, son los que determinan los cultivos a implantar. Podemos citar por orden de aceptación de hortalizas las siguientes: lechuga, tomate, rabanito, pimiento, pepino, acelgas, rocoto, frijoles, etc. HOYOS *et. al.* (2002).

Sistemas de cultivo hidropónico

Los sistemas de cultivo hidropónico se dividen en dos:

- Cerrados, que son aquellos en los que la solución nutritiva se recircula aportando de forma más o menos continua los nutrientes que la planta va consumiendo estos son los más utilizados.
- Abiertos o a solución perdida, en los que los drenajes provenientes de la plantación son desechados. Dentro de este sistema se incluye sistemas de riego por goteo, micro túbulos, subirrigación, circulación de la solución nutritiva, tuberías de exudación, contenedores estancos de solución nutritiva, etc. (ALPIZAR, 2004),

2.2. Sustratos

El sustrato es un medio sólido inerte, que tiene una doble función: la primera, anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración, y la segunda, contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan; permite por lo tanto el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando un papel de soporte para ella (LLERENA, 2007).

No existe el sustrato ideal; cada uno presenta una serie de ventajas e inconvenientes y su elección dependerá de las características del cultivo a implantar y las variables ambientales y de la instalación (RODRIGUEZ *et al.*, 2001).

Los sustratos pueden clasificarse en orgánicos (de origen natural, de síntesis, de subproductos o de residuos agrícolas, industriales y urbanos) e

inorgánicos o minerales (de origen natural, transformados o tratados, y residuos o subproducto industriales) (LLERENA ,2007). Así tenemos:

- a. **Cascarilla de arroz:** Es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, dado su alto contenido de sílice. Es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte. Presenta baja retención de humedad inicial, la que se incrementa a medida que envejece.

- b. **Arena:** Es un sustrato inorgánico siendo la arena de río la más adecuada como sustrato para los cultivos. El tamaño de los granos deberá estar comprendido entre 0.5 y 2 milímetros. Al considerar las arenas, es necesario tener en cuenta que tengan un contenido mínimo (casi nulo), de arcillas que traigan problemas de fijación iónica. En el uso de muchas de estas arenas se suele presentar una severa deficiencia de fósforo, ya que la arena puede retener o fijar el fósforo de la solución nutritiva, no dejándolo disponible para las plantas.

2.3. Nutrientes

Las plantas se alimentan de elementos bajo la forma de compuestos inorgánicos simples (solo desdoblados como o en forma de iones de la solución suelo) los elementos químicos que necesariamente necesitan son:

- Macro elementos esenciales: Hidrogeno H, Oxigeno O, Carbono C, Nitrógeno N, Fosforo P, Potasio K, Calcio Ca, Magnesio Mg y Azufre.
- Micro elementos esenciales: Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B), Cloro (Cl), Sodio (Na), Molibdeno (Mo), Cobalto (Co) (RESH, 2001).

Los macronutrientes y micronutrientes se dicen también que son nutrientes esenciales porque para su crecimiento y desarrollo las plantas necesitan necesariamente la presencia de estos elementos o nutrientes. Estos elementos para ser tomados o absorbidos por la planta tendrán que presentarse en formas especiales o sea disponibles para su asimilación para cada elemento, por ejemplo el nitrógeno tendrá que presentarse en forma de ion nitrato NO_3^- ion amonio NH_4^+ , el potasio como ion potasio K^+ , el calcio bajo la forma de ion Ca^{+2} etc. (RESH, 2001).

2.3.1. Solución nutritiva

La solución nutritiva (SN) consiste en agua con oxígeno y los nutrientes esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de fierro forman parte de la SN. Para que la SN tenga disponibles los nutrientes que contiene, debe ser una solución verdadera, todos los iones se deben encontrar disueltos. La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrientes puede ocasionar su deficiencia en la planta. Además, de este problema se genera un desbalance en la relación mutua entre los iones. Con agua de buena calidad los porcentajes de drenaje serán menores

(mejor aprovechamiento de los recursos hídricos), mientras que aguas salinas sólo nos permitirán cultivar especies más o menos tolerantes a la salinidad (tomate, melón) y nunca especies sensibles a la misma (lechuga, alubia, fresa) y además habrá que dejar un mayor volumen de drenaje para evitar excesivos aumentos de C.E. en el sustrato y acumulaciones de elementos fitotóxicos. (RESH, 2001).

Las principales características que influyen en el desarrollo de los cultivos y sus productos de importancia económica son: la relación mutua entre los aniones, la relación mutua entre los cationes, la conductividad eléctrica (CE), el pH, la relación $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ y la temperatura de la SN (LARA, 2000).

- a. **pH del agua:** Es importante conocer el pH porque este valor permite conocer el grado de disponibilidad de los nutrientes minerales en la solución nutritiva y por lo tanto, su disponibilidad para las plantas. Es importante mantener el pH de la solución nutritiva en un rango ligeramente ácido de 5,5 a 6,5 dentro de una escala que va de 0 a 14. El pH variará de acuerdo al cultivo, estado de crecimiento y de las condiciones ambientales. El pH óptimo de la SN es entre 5.5 y 6.0, de esta manera se logra: Regular el contenido de HCO_3^- y solubilizar al H_2PO_4^- (RESH, 2001).

- b. **Temperatura:** La temperatura de la solución debe estar dentro del rango correcto. Si la solución es muy fría, la tasa metabólica de la raíz baja y la

absorción de nutrientes también. Esto tiene un efecto de retardo en el crecimiento de la planta por debajo de lo deseado. También existen problemas cuando la temperatura es muy alta y esto afecta la absorción mineral. El mejor rango de temperatura está entre 18 y 25°C para la mayoría de cultivos (FURLANI, 1998).

- c. **Conductividad eléctrica:** La conductividad eléctrica de una solución nutritiva es una medida de fuerza de la solución. Los niveles de CE recomendados para todos los cultivos han ido descendiendo progresivamente en los últimos años. Hace ocho años la CE recomendada para algunos cultivos era 3.0 mS/cm y ahora es de 1.8 mS/cm (MARULANDA e IZQUIERDO, 1997).

2.3.2. Rendimiento de tomate en base a la concentración de N/K

La relación que guardan los diferentes nutrientes dentro de la solución nutritiva, incide en la productividad de los cultivos. El establecimiento de relaciones N/K adecuadas en las diferentes fases del cultivo, se identifica como uno de los problemas fundamentales que afecta el comportamiento productivo del tomate en invernadero. Esta relación determina el equilibrio entre los procesos vegetativos y reproductivos, pues el potasio actúa como regulador de crecimiento cuando la disponibilidad del nitrógeno es alta. Existen diversos estudios en donde se evaluó el efecto individual del nitrógeno y el potasio en el cultivo protegido del tomate, definiéndose relaciones óptimas para

estos nutrientes en términos de kg/ha, que varían de 1:1.5 a 1.4 en función de la variedad, manejo del cultivo y clima existente.

2.3.3. Efecto de la relación amonio/nitrato en el rendimiento de tomate

En hidroponía, las cantidades estándar de NH_4^+ incorporadas en las soluciones nutritivas están entre 5 a 10% del total de N y difícilmente excederá 15 %. En rosas, estos niveles pueden alcanzar 25% durante la etapa vegetativa, mientras que en melón, durante el desarrollo de frutos estos deben ser 0%. La adaptación a la adición de NH_4^+ ocurre simplemente durante crecimiento del cultivo en relación con el pH en el ambiente de la zona radicular. La adición de NH_4^+ disminuye el pH en el entorno de las raíces, debido a una activación en la absorción del catión (NH_4^+) y una disminución en la absorción del anión (NO_3^-). Cuando el NH_4^+ es absorbido, la planta libera H^+ de manera de mantener la neutralidad eléctrica, lo que provoca una disminución en el pH en el entorno de las raíces. El pH óptimo en la solución de suelo está entre 5 y 6 para casi todos los cultivos. Se recomienda un uso cuidadoso del NH_4^+ en cultivos sensibles a deficiencia de Ca^{+2} ; esto es especialmente cierto, cuando los cultivos crecen en condiciones climáticas que reducen el transporte de calcio a los frutos. Buenos ejemplos de esto son las producciones de tomate bajo condiciones calurosas y de baja humedad. El cultivo es sensible a la pudrición apical de los frutos, causada por deficiencia de Ca^{+2} en los frutos, que es estimulada por condiciones de alta temperatura y baja humedad. Bajo estas condiciones cualquier reacción en la absorción de calcio

resulta peligrosa y el uso de NH_4^+ . De los 17 nutrimentos reconocidos como esenciales para las plantas el nitrógeno ejerce el mayor efecto sobre el crecimiento y es el único nutrimento que puede ser absorbido en tres formas: aniónica (NO_3^-), catiónica (NH_4^+), molecular [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$], y como aminoácidos. Es conocido que muchas especies de plantas incrementan su crecimiento con una combinación de nitrato y de amonio comparado con fuentes individuales de NO_3^- y NH_4^+ (SONNEVELD y VOOGT, 2009).

El pH de la solución nutritiva (SN) se amortigua cuando una parte del N se adiciona en forma de NH_4^+ , (GRAVES, 1983) menciona que no más de 10% del N debe ser administrado en forma de NH_4^+ , en México, (CARAVEO, 1994) obtuvo los mejores resultados cuando la SN tuvo 16.6 % de NH_4^+ . La razón de la variación de la respuesta a diferentes relaciones NO_3^- : NH_4^+ se debe al efecto que tiene esta relación en función de la variedad, la etapa de desarrollo de la planta y la luminosidad, entre otros fenómenos (MENGEL y KIRKBY, 2000).

2.4. Fertirrigación

La nutrición, frecuencia y volumen de fertirriego debe adaptarse al cultivo (especie y estado fenológico), al tipo de sustrato usado (volumen y características físico-químicas) y a las condiciones climáticas existentes. Es obvio que las necesidades hídricas varían notablemente a lo largo del día y de un día para otro. En un cultivo tan tecnificado como el hidropónico no podemos permitir que las plantas sufran estrés hídrico que afecte su rendimiento final o

despilfarros de solución nutritiva (agua y fertilizantes). Es necesario que las plantas reciban toda el agua necesaria y en el momento preciso. La programación horaria de los riegos no es actualmente un método válido, por muy ajustados que éstos sean, un día nublado puede implicar exceso de aporte respecto a la cantidad de agua necesaria y un día excepcionalmente caluroso se traduciría en déficit hídrico temporal para la plantación (ARANO, 1998).

Los fertilizantes que son más utilizados en fertirriego se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Fertilizantes hidrosolubles usados en hidroponía (mmoles/L).

Fertilizantes	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SO ₄ ⁻²
Ácido fosfórico 75%	-	-	12.26	-	-	-	-
Ácido nítrico 59%	11.86	-	-	-	-	-	-
Nitrato Amónico 33.5%	11.96	11.96	-	-	-	-	-
Nitrato cálcico 15.5% N	10.29	0.78	-	-	4.74	-	-
Nitrato potásico (13-0-46)	9.29	-	-	9.76	-	-	-
Sulfato potásico (0-0-52)	-	-	-	11.04	-	-	5.93
Sulfato magnésico (16%-MgO)	-	-	-	-	-	3.97	3.96
Nitrato magnésico 11% N	7.86	-	-	-	-	3.9	-
Total (mmoles/L)	51.26	12.74	12.26	20.8	4.74	7.87	9.89

Fuente: RESH (2001).

a. Sistema de riego tecnificado

Este sistema permite la aplicación del agua y los fertilizantes al cultivo en forma de "gotas" que van directamente a las raíces en forma localizada y con alta frecuencia, en cantidades estrictamente necesarias y en el momento oportuno u óptimo para el riego (ADATIA y BESFOR, 1986).

- **Sistema de riego por micro túbulos**

En el riego por micro túbulos utiliza soluciones con cuidadosa dosificación para así ser utilizados en cultivos hidropónicos domésticos y comerciales. En principio la fricción desarrollada por el líquido dentro del tubo submilimétrico regula la distribución del riego. Los empates se realizan a presión sin accesorios. Con una tubería de 1" se puede regular un sistema para una cama de 14 m de longitud por 1.62 m de ancho, con unos 100 puntos de distribución de agua o SN; realizándose 2 a 4 riegos diarios de 10 L en una cama de 14 m.

Las partes de un sistema de riego por micro túbulos son:

- **Micro túbulo:** Manguera delgada de 0.6 a 0.8 mm de diámetro interior y 2.2 a 2.7 mm de diámetro exterior.
- **Punzón y guía:** Punzón metálico de diámetro similar al micro túbulo, que sirve para perforar la tubería de conducción para permitir así la instalación del micro túbulo.

- **Tanques:** Un recipiente capaz de contener el agua o la solución nutriente de un riego, elevado por lo menos 2.50 m sobre la superficie de la siembra

Las ventajas del sistema de riego por micro túbulos son: Una cuidadosa distribución del agua y humedad en los bulbos de la raíz de cada planta, no se mojan las hojas, lo cual evita el crecimiento de muchos hongos, se puede abonar o nutrir totalmente a través del sistema de riego, se reduce el deshierbe, el costo es muy bajo y aumenta enormemente la productividad (PIZARRO, 1990).

2.5. Productividad del tomate

Es posible obtener rendimientos de 57,733 Kg de tomate fresco por hectárea, utilizando un sistema de espaldera compuesta y 49,141 kg de tomate por hectárea, usando de sistemas de tutores de espaldera (BRAVO, 1988). Según VEGA (1983), obtuvo rendimiento neto 34.7 t/ha, con fórmula 80-100-80 Kg/ha de N-P-K en un suelo aluvial. RIVERA (2009), obtuvo rendimientos de fruto por planta en un sistema hidropónico donde el mayor rendimiento fue de 4.44 kg en plantas tratadas con la relación 12 meq/L de NO_3^- :0 meq/L NH_4^+ y el más bajo fue de 1.23 Kg con la relación 6 meq /L de NH_4^+ : 0 meq/L NO_3^- , que convertidos a t/ha equivaldría a 102.12 y 28.29 t/ha de tomate fresco respectivamente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el vivero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva -Tingo María, ubicado en el distrito de Rupa - Rupa, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco cuyas coordenadas son: 09°16'00" de Latitud Sur y 76°01'00" de Longitud Oeste y una altitud de 664 m.s.n.m.

La temperatura varía de 29.4°C máximo, 19.2°C mínimo y 23.9°C media. La precipitación promedió anual es de 3,629.6 mm, humedad relativa de 84%.

De acuerdo al mapa ecológico del Perú (ONERN, 1975 y HOLDRIDGE, 1982), Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Sub Tropical (bmh-PT).

El trabajo de investigación se realizó desde el mes de Mayo 2012 hasta el mes de Setiembre 2012.

3.2. Condiciones climáticas

En el Cuadro 2, se observa que la temperatura media mensual durante el periodo de ejecución del experimento fue en promedio 25.02°C. La precipitación promedio durante el periodo de ejecución del experimento fue de 81.18 mm.

Cuadro 2. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento, Mayo – Setiembre 2012.

Meses	Parámetros					
	T. Máxima (°C)	T. Mínima (°C)	T. Media (°C)	H.R. (%)	P.P(mm)	Horas sol
Mayo	30.7	20.3	25.5	85	79.8	194.1
Junio	30.1	19.8	24.9	85	150.2	203.7
Julio	29.9	18.9	24.4	85	49.4	209.7
Agosto	30.9	19.3	25.1	83	35.6	208.2
Setiembre	31.1	19.4	25.2	83	90.9	169.4
Promedio	30.54	19.54	25.02	84.2	81.18	197.02

Fuente: Estación meteorológica José Abelardo Quiñones – Tingo María.

3.3. Materiales

Los principales materiales usados para el desarrollo de la presente investigación fueron:

- 240 semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) híbrido Dominique.
- 240 mangas de 1 metro de polietileno color blanco.
- 5 tubos de PVC de 2"
- 5 tanques de 220 L.
- 1 rollo de micro túbulos 0.6 a 0.8 mm
- 5 filtros y 5 llaves de paso
- 100 metros de manguera de PVC de 1.5"
- 5 codos y 5 tapones
- Cajones de madera
- 300 tallos de bambus de 5 m

3.3.1. Equipos

- Balanza de 10 Kg.
- Fumigadora de 20 L. Marca SOLO
- Moto fumigadora de 20 L y Moto sierra Marca SOLO

3.3.2. Insumos

- Sulfato de magnesio
- Nitrato de amonio
- Nitrato de calcio
- Nitrato de potasio
- Cloruro de potasio
- Fosfato mono amónico
- Ácido fosfórico
- Fertilom Combi
- Ácido clorhídrico
- Ridomil y carbendazin

3.4. Factores en estudio

➤ **Factor A:** Relación (%) NH_4^+ / NO_3^- :

$$T_1 = 20 / 80$$

$$T_2 = 15 / 85$$

$$T_3 = 10 / 90$$

$$T_4 = 5 / 95$$

$$T_5 = 0 / 100$$

- **Factor B:** Hortaliza = Tomate variedad Dominique

3.5. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Experimental Completo Randomizado (DCR) con 6 repeticiones y cada repetición está conformada por 8 unidades experimentales, de los cuales se tomó al azar 6 unidades experimentales por repetición para la evaluación. Cada fórmula en estudio se preparó en un tanque de plástico de una capacidad de 220 litros de solución nutritiva de tal manera que las repeticiones estuvieron ubicadas unas a continuación de otras, en la misma columna de cada formulación. Las características observadas han sido sometidas al SAS y la comparación de medias se hizo con DUNCAN $\alpha = 0.05$.

3.5.1. Modelo estadístico

El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Es la respuesta obtenida en la j-ésimo repetición sometido al i-ésimo tratamiento.

μ = Es el efecto de la media general

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Error experimental de la j-ésima repetición a sometida al i-ésimo tratamiento.

Para: $i = 1, 2, 3, \dots, 5$ $j = 1, 2, \dots, 6$

3.5.2. Esquema del análisis estadístico

Cuadro 3. Análisis de Variancia.

Fuente de variancia	G.L
Tratamiento	4
Error	25
Total	29

3.6. Características del campo experimental

➤ **Parcelas:**

- Número de repeticiones por tratamiento = 6
- Número de plantas por repetición = 8
- Total de plantas por tratamiento = 48
- Distancia entre parcelas = 1 m
- Largo de la parcela = 14 m
- Ancho de la parcela = 1.62

➤ **Del campo experimental**

- Ancho = 9.5 m
- Largo = 12.0 m
- Área total = 114 m²
- Número de parcelas = 5
- Número de plantas = 240

3.7. Ejecución del experimento

3.7.1. Limpieza y acondicionamiento del área experimental

El total del área experimental correspondiente a 114 m² ubicada en el vivero de la facultad de Agronomía, las camas de concreto fueron limpiadas despojando todo tipo de malezas. Posteriormente, encima de las camas se colocaron cañas de bambú grueso con la finalidad de aislarlo del suelo, sobre las cañas se colocaron las mangas con sustratos compuesto de arena y cascarilla de arroz.

3.7.2. Obtención de los sustratos

La arena se obtuvo de la orilla del río Huallaga correspondiente a un volumen de 3.6 m³, y la cascarilla de arroz del fundo de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, un volumen de 3.6 m³.

3.7.3. Desinfección y preparación de los sustratos

Para la desinfección del sustrato de arena y cascarilla de arroz se utilizó hipoclorito de sodio (lejía) 4.9%, equivalente a 50g/L de cloro activo; asimismo, se utilizó una regadera para remojar a los sustratos, y con el uso de una pala se inició el removido o mezclado con la finalidad de uniformizar la solución desinfectante en todo el volumen del sustrato. Inmediatamente se formó una ruma para ser cubierta con una manta elaborada de costales por un periodo de tres días; luego de este periodo, se procedió a realizar un lavado a

través de chorro continuo de agua a fin de poder eliminar los residuos de la lejía.

3.7.4. Llenado y colocación de las mangas en las camas

Las mangas o sacos de dimensiones de 1.6 m de longitud por 0.30 m de ancho y 0.10 m de alto, fueron llenados de sustratos previa mezcla y homogenización; el volumen de sustrato de cada manga fue de 0.33 m³. A continuación, fueron colocadas en filas de acuerdo a la distancia y a los tratamientos establecidos (ver anexo).

3.7.5. Construcción de soportes para tanques de solución nutritiva

Para la construcción de los soportes, se utilizó material ecológico de la zona como es el bambú, haciendo uso de 6 cañas de bambú de 3.6 m de longitud que se establecieron como postes, 6 cañas de bambú de 2.6 m de longitud para darle soporte a la plataforma y 10 cañas de bambú de aproximadamente 6 m de longitud para ser usadas como largueras en la construcción de la plataforma, donde finalmente fueron colocados los tanques que van a contener la solución nutritiva.

3.7.6. Instalación del sistema de riego por goteo

Se utilizó un sistema de riego por goteo constituido por cinco recipientes de capacidad de 220 L, en cada recipiente se prepararon las cinco diferentes soluciones nutritivas que corresponden a cada uno de los tratamientos de las relaciones nitrogenadas en estudio. Se hizo uso de tuberías

de conducción de 16 mm de diámetro y micro túbulos de 2 L h⁻¹, regulados por un distribuidor de cuatro salidas con un gasto de 8 Lh⁻¹.

3.7.7. Fórmula para la preparación de la solución

Para determinar la preparación de la solución nutritiva en sistema de cultivo hidropónico, se utilizó la siguiente fórmula general propuesta por RESH (2001):

$$W = \frac{(CM) (100)}{A P}$$

Dónde:

W = es el peso del compuesto necesitado;

C = concentración del elemento deseado (ppm);

M = Peso molecular de la sal usada;

A = peso atómico del elemento;

P = porcentaje de pureza de la sal.

3.7.8. Formulación de las soluciones nutritivas

La solución nutritiva que figura en el Cuadro 4 se renovó cada 4 días durante los 150 días que duró el experimento, haciendo un total de 40 cambios de solución, de 220 litros cada uno.

Cuadro 4. Formulación de fertirrigación para tomate.

N	P	K	Ca	Mg	S
200 ppm	40 ppm	265 ppm	150 ppm	53 ppm	70 ppm

En el Cuadro 5 se observa la concentración NO_3^- y NH_4^+ para los distintos tratamientos, que se obtuvieron de 3 tipos de fertilizantes, cada uno de ellos aportaron 200 ppm de N en cada caso.

Cuadro 5. Concentración de los iones NO_3^- y NH_4^+ para cada tratamiento.

Sustancia	20:80		15:85		10:90		05:95		00:100	
	NH_4^+ (ppm)	NO_3^- (ppm)								
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0	105	0	105	0	105	0	105	0	105
KNO_3	0	15	0	35	0	55	0	75	0	95
$\text{NO}_3 \cdot \text{NH}_4^+$	40	40	30	30	20	20	10	10	0	0
Total	40	160	30	170	20	180	10	190	0	200

Como fuente de microelementos (hierro, manganeso, cobre, boro, molibdeno, cloro, níquel) se aplicó Fertilom combi a razón de aproximadamente 700 mg en cada aplicación.

Cuadro 6. Composición aproximada de micronutrientes en la concentración final de la solución de fertirriego.

Manganeso (Mn)	0.127 ppm
Hierro (Fe)	0.127 ppm
Cobre (Cu)	0.048 ppm
Cinc (Zn)	0.048 ppm
Boro (B)	0.016 ppm
Molibdeno (Mo)	0.003 ppm

En el Cuadro 6 se observa que todos los micronutrientes metálicos se encuentran completamente en forma quelatizada con EDTA. Adicionalmente

el producto contiene los siguientes micronutrientes secundarios Magnesio (Mg) y Azufre (S).

3.7.9. Manejo de la solución nutritiva

Para el manejo de la solución nutritiva, se utilizó la solución de ácido clorhídrico para equilibrar el pH de cada tratamiento, con la finalidad de mantener el pH de 5.5 a 6.5, y garantizar que los nutrientes puedan ser asimilados por la planta. De cada solución correspondiente a cada tratamiento, se extrajo una muestra con la finalidad de medir el pH en el laboratorio de suelos. (Cuadro 21 del Anexo).

3.7.10. Frecuencia de riego

El riego fue aplicado hasta 6 veces por día en los horarios de 7 am, 10 am, 11 am, 1 pm, 2 pm y 4 pm; para ello, se abrían las llaves de paso de cada tratamiento, y por medio de las mangueras de polietileno de color negro (1.5" de diámetro) y micro túbulos (0.6 mm de diámetro) recorría la solución nutritiva de cada tratamiento para cada planta. El tiempo de aplicación de cada riego fue de 1 minuto. En el siguiente cuadro se muestra la frecuencia de riegos.

Cuadro 7. Frecuencia de riego.

Época del cultivo	Frecuencia de riego		
	Condiciones climáticas		
	Días soleados	Días nublados	Días lluviosos
Vegetativa	6 veces	2 veces	1 vez
Floración	5 veces	3 veces	2 veces
Fructificación(*)	5 veces	3 veces	3 veces
Maduración	3 veces	3 veces	1 vez

3.7.11. Almacigado de semilla

Se utilizó bandejas de almácigo con sustrato desinfectado de bosque usando la primera capa del suelo, donde se colocó una semilla por cada tubete.

3.7.12. Trasplante al campo experimental

Cuando las plántulas tuvieron tres a cuatro hojas verdaderas, se realizó el trasplante a las mangas; para ello se hizo un hoyo con la ayuda de un tubo de metal de forma cónica donde fue sembrada cada plántula.

3.7.13. Tutorado

Es un sistema de colgado de la planta de tomate a partir de los 45 días de edad. Consiste en sujetar a las plantas desde la parte basal haciendo anillos de tres a cuatro vueltas con rafia, llevando hasta el alambre situado a determinada altura de la planta. Conforme la planta va creciendo se va liando o

sujetando el hilo tutor mediante anillos hasta que la planta alcance el alambre. La distancia de tutorado fue de 1.80 m de altura.

3.7.14. Poda

Se realizó a los 25 días del trasplante, con la primera aparición de los tallos laterales y las hojas viejas, como también se realizó la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Esta labor requiere realizarse a partir de los 10 ó 15 días de la siembra. Se eliminaron las hojas viejas (senescentes) por que permite mejorar el color de los frutos y se eliminó la fuente de inóculo de las posibles enfermedades.

La eliminación de algunas inflorescencias mediante el despunte se realizó con una tijera de podar, después de cada poda se desinfectaba con la solución fungicida Ridomil 2% para prevenir las diseminaciones de enfermedades y esta labor es importante porque nos permite homogenizar el tamaño de fruto.

3.7.15. Sombra

Como sombra se utilizó una malla de color negro, de 50% de ingreso de luz (porcentaje de luz que bloquea la malla) aproximadamente por un tiempo de un mes; luego se quitó la malla para tener un 100% de luz. Según los datos meteorológicos, durante este periodo de luz se ha tenido 197.02 horas de sol en promedio hasta la culminación de la investigación.

3.7.16. Aplicación de agroquímicos

Para el control preventivo contra las enfermedades que atacan al tomate, se utilizaron productos químicos como Ridomil y Carbendazyn; aplicando de 5 a 6 veces por día y por un periodo de 15 a 20 días, con una mochila fumigadora de 20 litros, utilizando 6 cucharadas de Ridomil y 60 cm² de Carbendazyn en 60 litros de agua; esto equivale a 3 mochilas.

3.8. Características a evaluar y metodología

Con la finalidad de cumplir los objetivos de este trabajo experimental se realizaron evaluaciones de altura de planta para calcular la altura de los tutores. El diámetro de tallo; como indicador del grado de desarrollo de la planta. El largo de hoja (simulador de un radio de círculo) para calcular el área ocupada por la planta. El peso de fruto por planta para calcular el rendimiento por planta. El diámetro ecuatorial y polar de fruto para determinar en forma aproximada de la forma de fruto.

3.8.1. Altura de planta

Se evaluó mensualmente hasta la última cosecha comercial, usando una regla graduada en centímetros desde el cuello de la raíz hasta la yema terminal del tallo central.

3.8.2. Diámetro de tallo

Se evaluó mensualmente hasta la última cosecha, para lo cual se utilizó un vernier graduado en milímetros a 5 cm de la superficie de la manga.

3.8.3. Rendimiento de fruto

Los frutos se cosecharon en diferentes estados de madurez (maduro y pintón), se pesaron en una balanza electrónica digital, al final del ciclo de cultivo se determinó el rendimiento total de todas las parcelas y después el total obtenido fue llevado a hectáreas.

3.8.4. Peso fresco de fruto

Se determinó el peso fresco de fruto en una balanza electrónica digital, de cada cosecha se evaluaron todos los frutos maduros.

3.8.5. Diámetro ecuatorial y polar de fruto

A cada fruto cosechado se le midió el diámetro ecuatorial y polar para la calidad y forma de fruto, utilizando un vernier para su medición.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de planta

En el Cuadro 8 se observa que no existe diferencia estadística significativa para los tratamientos en estudio. También podemos observar que el coeficiente de variabilidad fue de 12.38% lo que indica que existe una muy buena homogeneidad en el efecto de relación amonio/nitrato.

Cuadro 8. Análisis de variancia para la altura de planta.

F. de Variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	4	389.4031	97.3508	n.s
Error Experimental	25	593.4712	23.73885	
Total	29	982.8743	33.89222	

C.V. 12.38%

Cuadro 9. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en la altura de planta.

Tratamiento	Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)	Altura promedio de planta (cm)
T ₁	20 / 80	189.39±4.42 ^a
T ₃	10 / 90	184.62±6.74 ^a
T ₂	15 / 85	184.06±2.19 ^a
T ₅	0 / 100	180.04±3.95 ^a
T ₄	5 / 95	179.42±5.77 ^a

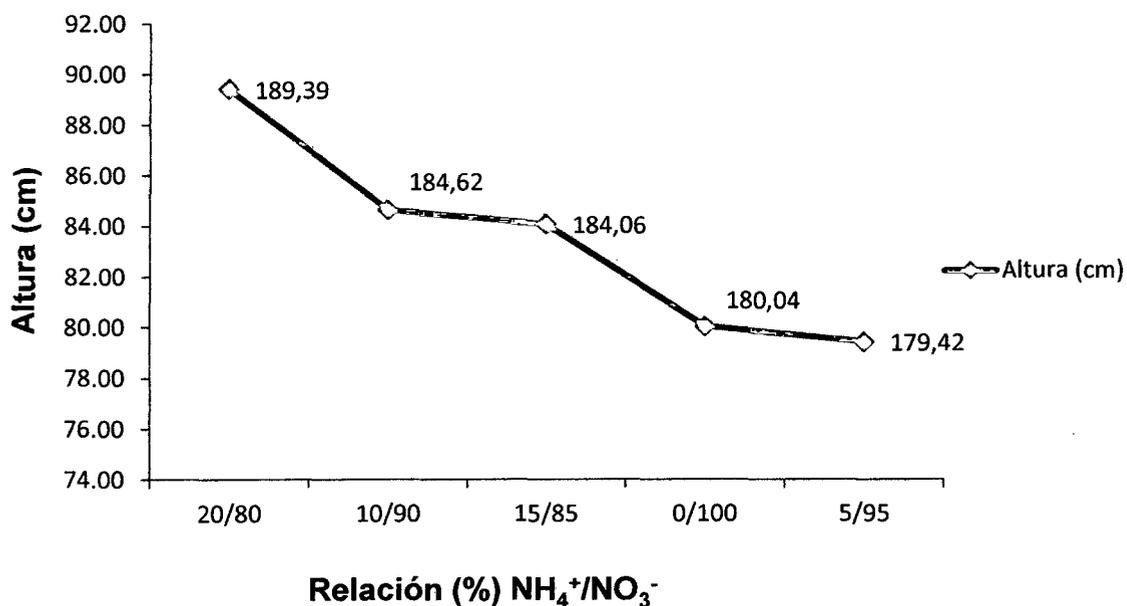


Figura 1. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en la altura de planta.

En el Cuadro 9 y Figura 1 se observa que existe una diferencia aritmética entre tratamientos, siendo la relación $20\%\text{NH}_4^+/80\%\text{NO}_3^-$ la que indujo una mayor altura con 189.39 ± 4.42 cm, mientras que con la relación $5\%\text{NH}_4^+/95\%\text{NO}_3^-$, la altura fue la más baja 179.42 ± 5.77 cm. Según BIALCZYK, *et al.* (2004), el crecimiento de la planta de tomate es afectado cuando el amonio es la fuente única de nitrógeno, atribuible al efecto tóxico del amonio en plantas de tomate. Según MONTES y HOLLE (1970), la absorción de amonio puede causar un crecimiento vegetativo excesivo, bajo condiciones de luminosidad muy pobres. Las sales de amonio podrían ser utilizadas bajo condiciones de sol brillante en verano, cuando la fotosíntesis es alta, o bien si sucede una deficiencia de nitrógeno ya que el gasto de energía por la planta es menor cuando ella tiene que reducir el nitrógeno para formar proteínas.

4.2. Diámetro de tallo

En el Cuadro 10 se aprecia el análisis de variancia para el diámetro de tallo, donde no se encontró una diferencia estadística significativa para los tratamientos, pero se puede ver también que el coeficiente de variabilidad fue de 6.51% lo que muestra que la homogeneidad de los datos obtenidos fue excelente.

Cuadro 10. Análisis de variancia para el diámetro de tallo.

F. de Variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	4	8.2566	2.0641	n.s.
Error Experimental	25	20.1083	0.80433	
Total	29	28.3648	0.97810	
C.V.	6.51%			

Cuadro 11. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el diámetro de tallo.

Tratamiento	Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)	Diámetro promedio de tallo (mm)
T ₁	20 / 80	14.56±1.05 ^a
T ₃	10 / 90	13.95±0.70 ^a
T ₂	15 / 85	13.88±0.54 ^a
T ₄	5 / 95	13.44±1.36 ^a
T ₅	0 / 100	12.99±0.53 ^a

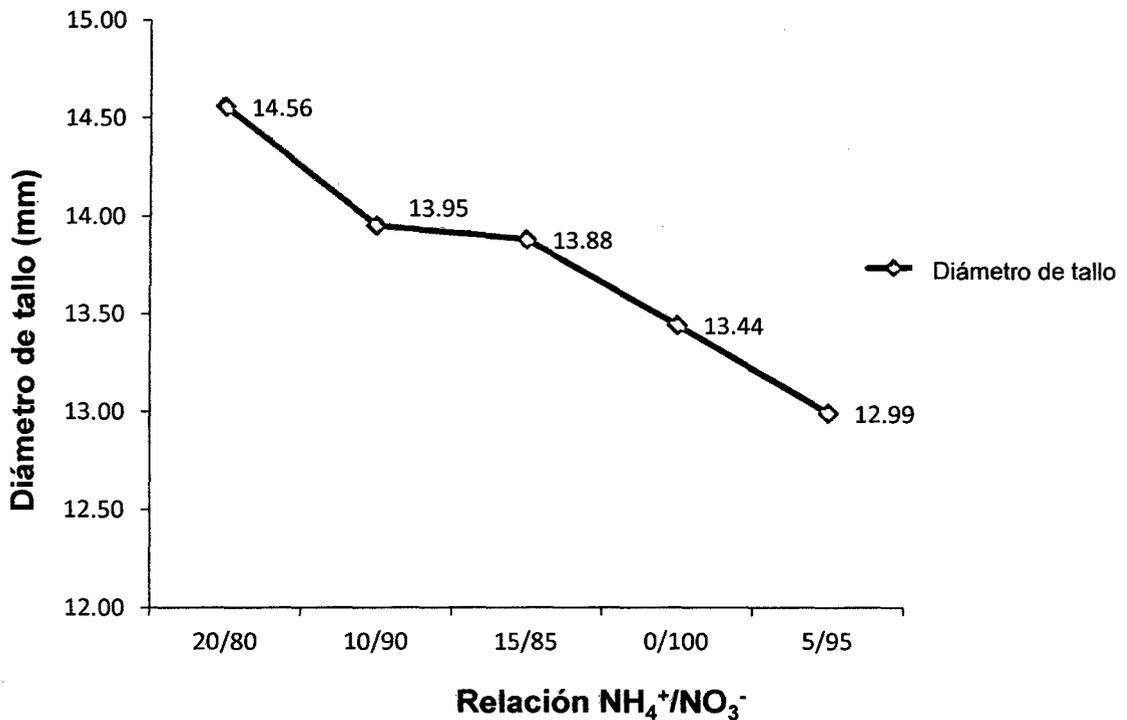


Figura 2. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el diámetro de tallo del cultivo de tomate.

En el Cuadro 11 y Figura 2 se observan los promedios de los diferentes tratamientos, donde la relación $20\%\text{NH}_4^+/80\%\text{NO}_3^-$, resultó tener el mejor diámetro de tallo alcanzando 14.56 mm, mientras que la relación $0\%\text{NH}_4^+/100\%\text{NO}_3^-$, se obtuvo el más bajo diámetro de tallo con 12.99 mm y según PRECIADO *et al.* (2002) el diámetro de tallo es un indicador del vigor de las plantas porque refleja la acumulación de fotosintato, los cuales posteriormente pueden traslocarse a los sitios de demanda y también SIAVICHAY, (2011) y MORENO (2008), manifiestan que la media general para el diámetro del tallo a los 90 días fue de 16.86 mm y 14.70 mm en un sistema hidropónico respectivamente.

4.3. Longitud de hoja

En el Cuadro 12 se aprecia el análisis de variancia para longitud de hoja, donde no se encontró una diferencia estadística significativa para los tratamientos, pero se puede ver también que el coeficiente de variabilidad fue de 4.47% lo que muestra que la homogeneidad de los datos obtenidos fue excelente en el efecto de relación amonio/nitrato.

Cuadro 12. Análisis de variancia para longitud de hoja.

F. de Variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	4	119.5455	29.8864	n.s
Error Experimental	25	150.8513	6.03405	
Total	29	270.3968	9.32403	
C.V.	4.47%			

Cuadro 13. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ para la longitud de hoja.

Tratamiento	Relación $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ (%)	Longitud de hoja promedio (cm)
T ₃	10/90	58.19 ^a
T ₂	15/85	56.08 ^a
T ₁	20/80	54.54 ^a
T ₅	0/100	53.12 ^a
T ₄	5/95	52.80 ^a

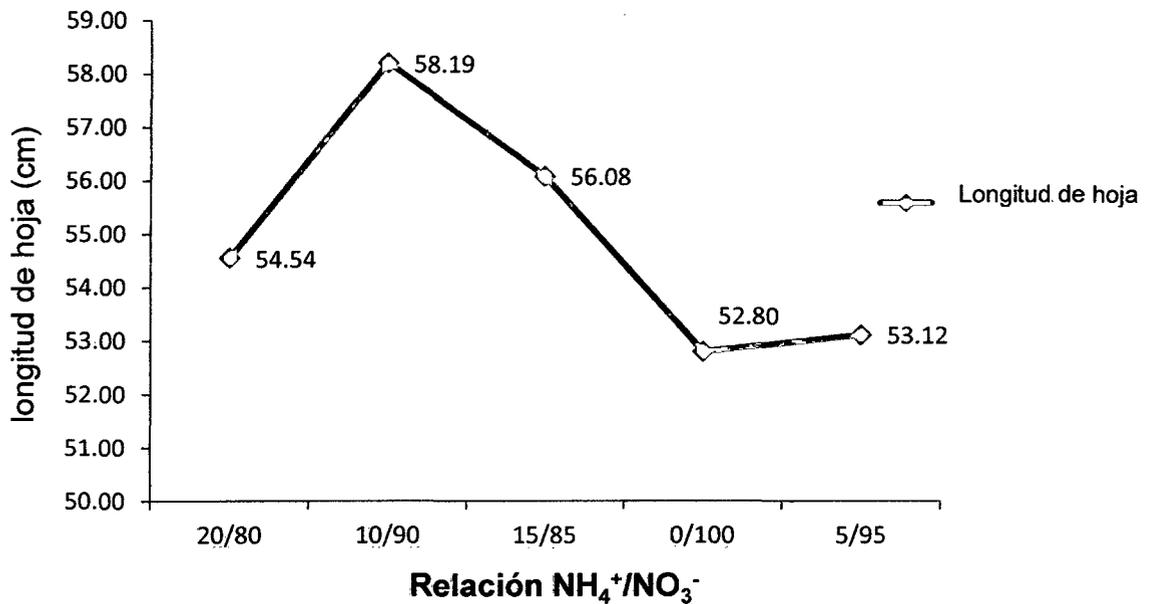


Figura 3. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en la longitud de hoja.

En el Cuadro 13 y Figura 3 se observa los promedios de los diferentes tratamientos, donde la relación $10\%\text{NH}_4^+/90\%\text{NO}_3^-$, resultó tener la mayor longitud aritmética de hoja alcanzando 58.19 cm, mientras que con la relación $5\%\text{NH}_4^+/95\%\text{NO}_3^-$, se obtuvo la menor longitud de hoja con 52.80 cm. Según SALSAC *et al.* (1987), el N es preferentemente absorbido por la mayoría de las plantas vasculares en forma de NO_3^- . SANDOVAL *et al.* (2001), obtuvo valores bajos de longitud de hojas en las plantas tratadas con la mayor concentración de NO_3^- pueden deberse al efecto de dilución natural. Este fenómeno también puede ser resultado de mayor demanda de N hacia los frutos ya que BARKER Y MILLS (1980), observaron un incremento en el área foliar en contraste con aquellas en las que únicamente se suministró NO_3^- como fuente de N. También observaron en varios cultivos que cuando el NH_4^+ y el NO_3^- son utilizados de manera conjunta, el crecimiento y la producción mejoran al contrario de cuando se adicionan estos de manera separada, lo cual coincide en el efecto positivo

en el área foliar. SIDDIQI *et al.* (2002), reportaron una reducción en la concentración de calcio en hojas de tomate debido al amonio.

4.4. Peso de fruto

En el Cuadro 14 se aprecia el análisis de variancia para el peso de fruto, donde se encontró una diferencia estadística significativa para los tratamientos, se puede ver también que el coeficiente de variabilidad fue de 8.56% lo que muestra que la homogeneidad de los datos obtenidos fue excelente en el efecto relación amonio/nitrato.

Cuadro 14. Análisis de variancia para el peso de fruto.

F. de Variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	4	2126.6377	531.6594	*
Error Experimental	25	2136.8533	85.47413	
Total	29	4263.4910	147.01693	
C.V.	8.56%			

Cuadro 15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para peso del fruto.

Tratamiento	Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)	Peso promedio de fruto (g)	
T ₁	20 / 80	106.84± 10.99	a
T ₃	10 / 90	95.75± 7.24	a b
T ₄	5 / 95	91.05± 11.57	a b
T ₂	15 / 85	90.23± 9.37	a b
T ₅	0 / 100	79.90± 5.72	b

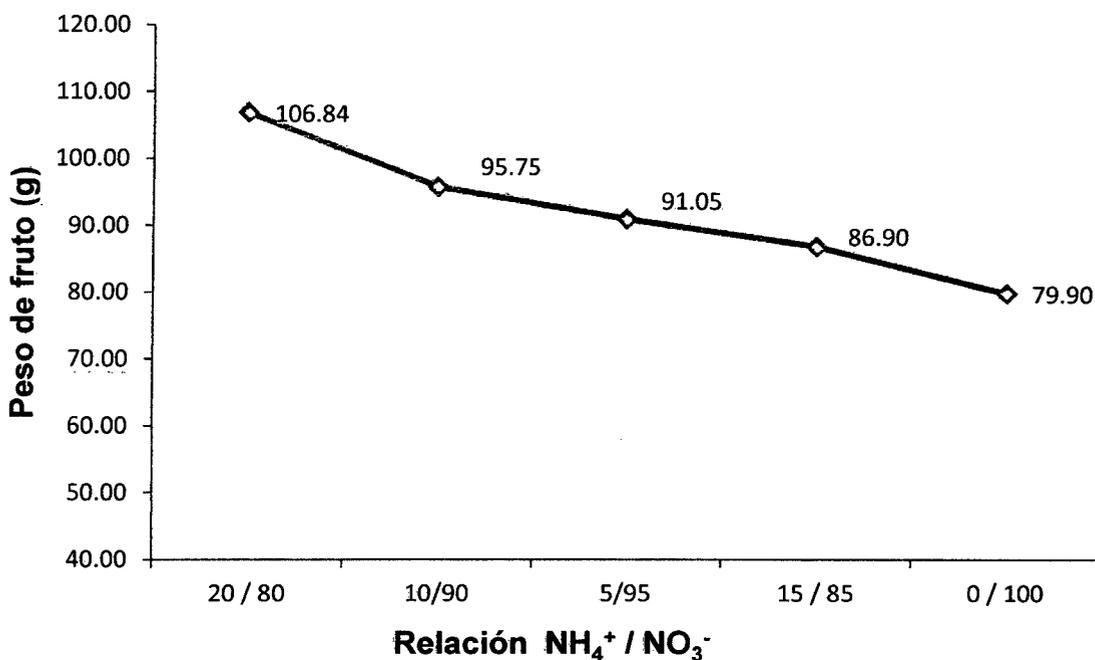


Figura 4. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ en el peso de fruto.

En el Cuadro 15 y Figura 4 se observa en los promedios de los diferentes tratamientos, donde la relación $20\% \text{NH}_4^+ / 80\% \text{NO}_3^-$, resultó tener el mejor peso del fruto alcanzando 106.84 g, mientras que la relación $0\% \text{NH}_4^+ / 100\% \text{NO}_3^-$, obtuvo el más bajo peso de fruto con 79.90 g pero en el tratamiento cinco presenta un bajo pH lo que se puede deber a que se utilizó el ácido fosfórico como fuente de fósforo y el ácido para poder regular el pH de la solución. Según PIZARRO (1990) Es probable que esta reducción del pH haya influenciado en la disponibilidad de nutrientes e incidido en una baja productividad en la relación $0\% \text{NH}_4^+ / 100\% \text{NO}_3^-$.

GUTIERREZ (2011), recomienda mantener siempre una concentración constante de nitratos en solución arriba de 500 ppm, en el caso de cultivos exigentes de nitrógeno. Se señala que un rango óptimo es de 100-199 ppm, se considera alto 200-299 ppm y muy alto 300 ppm. El mayor rendimiento que él obtuvo se logró con la concentración de 100 ppm de nitratos en la solución del suelo y constituirá una guía para suministrar los nutrientes en función de la demanda del cultivo y para establecer el calendario de fertilización haciendo posible proporcionarlos nutrientes en la cantidad adecuada para que la planta desarrolle un crecimiento potencial.

KNIGHT *et al.* (2000), citados por PNA (2010) encontraron que la nutrición con alto NO_3^- se opone a la con alto NH_4^+ , resultando la primera más beneficiosa con respecto al rendimiento en papas, características de calidad y mayor rentabilidad financiera para los agricultores. Donde el bajo pH de suelo y carencia de arcilla y la materia orgánica en el suelo no son favorables para la nitrificación. Se compararon tres diferentes relaciones de amonio y nitrato: 80:20, 50:50 y 20:80 para tres diferentes niveles de N.

Los mejores resultados, en términos de rentabilidad para los agricultores, se obtuvieron con 80% de los requerimientos de N aplicados como NO_3^- y 20% como NH_4^+ , obteniéndose también en la tesis con la misma relación amonio/nitrato un mayor peso en fruto.

En situaciones parecidas en que las relaciones entre NO_3^- y NH_4^+ , fueron comparadas se han obtenido conclusiones similares en muchos otros cultivos en cuanto a mejoras en el desempeño (PNA, 2010).

Según BERNABE y SOLIS (1999), el peso del fruto se encuentra determinado en su aspecto genético y estos caracteres son heredables; sin embargo, pueden modificarse por condiciones ecológicas (temperatura, agua, suelo) y las labores culturales en el cultivo (fertilización, poda, raleo de frutos, riegos, etc.).

4.5. Diámetro ecuatorial y polar del fruto

En el Cuadro 16 se aprecia el análisis de variancia para la medida longitudinal del fruto, donde no se encontró una diferencia estadística significativa para los tratamientos, pero se puede ver también que el coeficiente de variabilidad fue de 4.48 y 3.90% lo que muestra que la homogeneidad de los datos obtenidos fue excelente en el efecto de relación amonio nitrato.

Cuadro 16. Análisis de variancia para el diámetro ecuatorial y polar de fruto.

F. de Variación	Diámetro Ecuatorial				Diámetro Polar		
	GL	SC	CM	Sig.	SC	CM	Sig.
Tratamientos	4	44.03	11.01	n.s.	23.39	5.85	n.s
Error Experimental	25	201.83	8.07		154.79	6.19	
Total	29	245.86	8.48		178.17	6.14	
C.V.		4.48%				3.90%	

Cuadro 17. Influencia en la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el diámetro ecuatorial y polar.

Tratamiento	Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro polar (mm)
T ₁	20 / 80	66.32 ^a	54.28 ^a
T ₂	15 / 85	66.22 ^a	52.17 ^a
T ₃	10 / 90	65.08 ^a	49.58 ^a
T ₄	5 / 95	64.88 ^a	54.59 ^a
T ₅	0 / 100	62.97 ^a	48.95 ^a

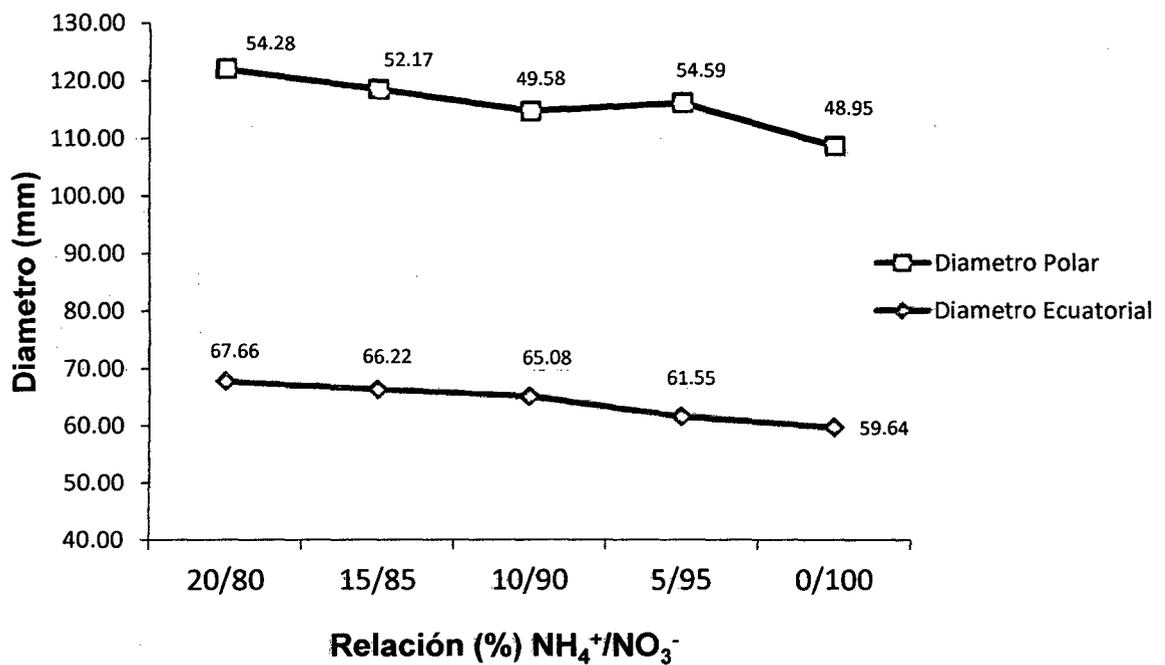


Figura 5. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el diámetro ecuatorial y polar.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación e interpretados en base al Cuadro 17 y Figura 5 los frutos tuvieron un promedio en diámetro ecuatorial siendo la relación $20\%\text{NH}_4^+/\text{80}\%\text{NO}_3^-$, resultó tener mayor diámetro

ecuatorial de fruto con 66.32 mm, mientras que la relación $0\%NH_4^+/100\%NO_3^-$ con 62.97 mm, fue la que tuvo el más bajo diámetro ecuatorial de fruto. Con respecto al diámetro polar la relación $5\%NH_4^+/95\%NO_3^-$ resultó obtener el mayor diámetro polar de fruto con 52.92 mm, mientras que la relación $0\%NH_4^+/100\%NO_3^-$ con 50.45 mm, fue la que obtuvo el más bajo diámetro polar no encontrándose diferencia significativa entre tratamientos pero si una diferencia aritmética. RIVERA (2009), obtuvo diámetros polares y ecuatoriales de fruto más altos (53.79 y 62.94 mm), cuando las plantas se trataron con la relación 12 meq/L de NO_3^- : Agua y los valores más bajos (48.18 y 54.87 mm), cuando se trataron con la relación agua: 6 meq/L de NH_4^+ . Resultados similares en proporción obtuvieron AMBOISE y BRUTUS (2001), al evaluar el efecto de la combinación NH_4^+/NO_3^- , en proporción 0:3, 1:2, 2:1 y 3:0 ($3= 150 \text{ Kg ha}^{-1}$), en el diámetro de frutos de tomates (*Lycopersicum esculentum* Mill).

4.6. Rendimiento

En el Cuadro 18 se aprecia el análisis de variancia para el rendimiento del tomate, donde se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos, se puede observar que el coeficiente de variabilidad fue de 9.41% lo que muestra que la homogeneidad de los datos obtenidos fue excelente en el efecto de relación amonio nitrato.

Cuadro 18. Análisis de variancia para el rendimiento de tomate.

F. de Variación	GL	SC	CM	Sig.
Tratamientos	4	415.972	103.993	*
Error Experimental	25	42.512	1.700	
Total	29	458.484	15.810	
C.V	9.41%			

Cuadro 19. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el rendimiento de tomate.

Tratamiento	Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)	Kg/planta	Promedio (t/ha)	
T ₄	5 / 95	5.25	112.63	a
T ₃	10 / 90	5.15	110.28	a b
T ₁	20 / 80	5.13	109.85	a b
T ₂	15 / 85	5.00	107.50	a b
T ₅	0 / 100	4.75	101.71	b

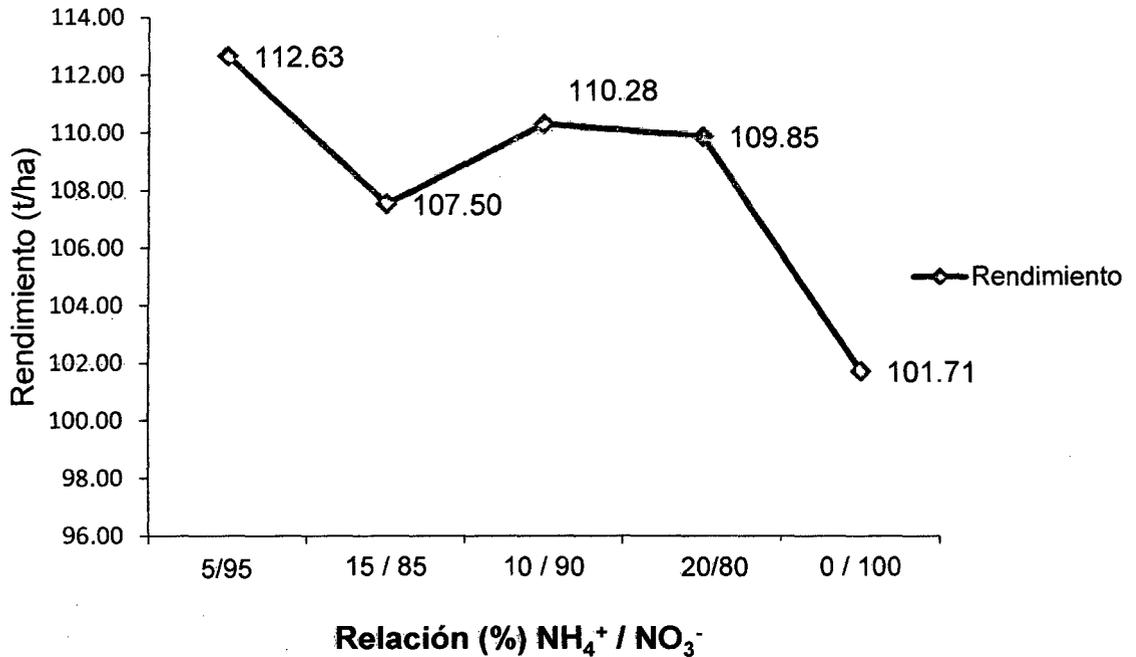


Figura 6. Influencia de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el rendimiento de tomate.

En el Cuadro 19 y Figura 6 se muestran los promedios de fruto de tomate teniendo el mayor rendimiento la relación $5\%\text{NH}_4^+/95\%\text{NO}_3^-$, con 5.5 Kg por planta, 252 Kg en 22.4 m^2 y llevados a t/ha nos da un rendimiento de 112.63 t/ha y teniendo el más bajo rendimiento con la relación $0\%\text{NH}_4^+/100\%\text{NO}_3^-$, con 4.75 Kg/planta, 228 Kg en 22.4 m^2 y llevados a t/ha nos da un rendimiento con 101.71 t/ha, existiendo diferencia significativa entre los tratamientos. RIVERA (2009), obtuvo rendimientos de fruto por planta en un sistema hidropónico donde el mayor rendimiento fue de 4.44 kg por planta se tuvo en plantas tratadas con la relación 12 meq/L de NO_3^- y el menor fue de 1.23 Kg por planta con la relación 6 meq/L de NH_4^+ las cuales llevadas a toneladas tuvieron un rendimiento de 102.120 t/ha y 28.290 t/ha de tomate fresco respectivamente en un sistema hidropónico.

AQUINO (1997), manifiesta que en suelos en un sistema tradicional reportan una productividad de 16 t/ha, asimismo CIPCA (2001), con un trabajo realizado con tutores colgantes obtuvo un rendimiento de 49.141 t/ha y BRAVO (1988), reporta 57.733 Kg/ha de tomate fresco en un sistema tradicional.

4.7. Análisis económico

Cuadro 20. Análisis económico.

Trat.	Rendimiento (t/ha)	Valor Bruto S/. (B)	Costo Producción S/ (C)	Precio Kg. S/.	Utilidad (U) U=B- C (s/.)	Relación B/C	Rentabilidad (%)
T ₄	112.63	191,471	55,205	1.70	136,260	3.47	246.83
T ₁	109.85	186,745	55,205	1.70	131,540	3.38	238.28
T ₃	110.28	187,476	55,205	1.70	132,270	3.40	239.59
T ₂	107.50	182,750	55,205	1.70	127,560	3.31	231.07
T ₅	101.71	172,907	55,205	1.70	117,700	3.13	213.21

T₁ : 20/80 NH₄⁺/NO₃⁻
 T₂ : 15/85 NH₄⁺/NO₃⁻
 T₃ : 10/90 NH₄⁺/NO₃⁻
 T₄ : 5/95 NH₄⁺/NO₃⁻
 T₅ : 0/100 NH₄⁺/NO₃⁻

En el Cuadro 20 podemos observar los resultados del análisis económico de los tratamientos, el mayor rendimiento fue el T₄ (5/95 NH₄⁺/NO₃⁻) que tuvo una utilidad neta (UN) de S/. 136.26 con una rentabilidad de 246.83%, siendo el tratamiento más rentable.

El resultado de la relación B/C fue de 3.47, lo que significa que los ingresos netos fueron superiores a los egresos netos. En otras palabras, los beneficios (ingresos) son mayores a los costos (egresos); en consecuencia el proyecto genera riqueza y con seguridad traerá consigo un beneficio social.

Todos los tratamientos reportan beneficios económicos. No siempre una gran producción dará grandes ganancias pues hay otros factores relacionados con la demanda del mercado como tamaño y forma de los frutos (tomate de jugo y gran tamaño mayor precio), el tiempo de duración de los frutos (frutos de mayor duración mayor precio) y el tipo de mercado (en base a la clase social o ingresos) (CIPCA, 2001 y AQUINO, 1997).

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se ejecutó el trabajo experimental y de los resultados obtenidos, se concluye:

1. La mejor relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el crecimiento del tomate se obtuvo en $20\%\text{NH}_4^+/80\%\text{NO}_3^-$ con 189.39 cm, aunque no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.
2. La mejor relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en el peso de fruto de tomate se obtuvo con $20\%\text{NH}_4^+/80\%\text{NO}_3^-$ con 105.84 g, mientras que la relación $0\%\text{NH}_4^+/100\%\text{NO}_3^-$ con 79.90 g fue el que obtuvo el menor peso de fruto.
3. El mayor rendimiento de frutos de tomate se obtuvo con la relación $5\%\text{NH}_4^+/95\%\text{NO}_3^-$ con 112.63 t/ha. La relación $0\%\text{NH}_4^+/100\%\text{NO}_3^-$, reporta menor rendimiento con 101.71 t/ha.
4. La mejor calidad de fruto se obtuvo con la relación $20\%\text{NH}_4^+/80\%\text{NO}_3^-$ por haber generado un mayor tamaño fruto con diámetro ecuatorial de 66.32mm y un mejor diámetro polar de 54.59 mm, aunque sin diferencias significativas con los demás tratamientos.
5. La mayor utilidad neta se obtuvo con la relación $5\%\text{NH}_4^+/95\%\text{NO}_3^-$ con S/. 136,260 así como la mejor relación costo beneficio con 246.83%.

VI. RECOMENDACIONES

De las conclusiones obtenidas se recomienda:

1. Utilizar la relación $5\%NH_4^+/95\%NO_3^-$ para la producción hidropónica de tomate Dominique en un sistema de riego por micro túbulos en Tingo María, ya que con este tratamiento se obtuvo un mayor peso promedio de frutos por planta (5.25 kg) con un peso promedio por fruto de 106.84 g.
2. No utilizar la relación $10\%NH_4^+/90\%NO_3^-$, por inducir a un mayor largo de hojas (58.19 cm) que produce un traslape induciendo una mayor densidad foliar que dificulta las labores culturales.
3. Realizar trabajos de investigación concerniente a las características organolépticas del cultivo de tomate Dominique en un sistema de fertirrigación en Tingo María.

VII. RESUMEN

En el presente trabajo se llevó a cabo en el vivero de la facultad de agronomía UNAS de la ciudad de Tingo María, el cual es una zona de vida con bosque húmedo lluvioso montano bajo tropical. El régimen térmico media anual de 24.5°C, cálidos Enero y Febrero con 28°C, Junio es más frío con 23°C. La pluviosidad anual tiene una media de 3000 mm, Febrero es el mes más húmedo y mayo el mes más seco. Características del campo: experimental 114 m², el diseño estadístico empleado diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 6 repeticiones, resultados analizados con el análisis de varianza y la prueba de significancia de Duncan.

Se evaluó la mejor relación amonio/nitrato en la variedad de tomate Dominique de crecimiento indeterminado bajo fertirrigación en un sistema de riego por micro túbulos de polipropileno color negro en un sistema hidropónico en lo cual se sembró en mangas de un metro de largo por cada 30 cm de ancho utilizándose como sustrato arena y cascarilla de arroz 50% de cada uno haciéndose uso de un planta por manga. La fecha de siembra 10 de mayo y la última cosecha se llevó a cabo el 23 de setiembre del 2012. La siembra fue en los almácigos y al trasplante fue conducido bajo un sistema de fertirrigación de riego por micro túbulos, con tutores tipo colgantes. El comportamiento climático fue de 81.18 mm de lluvia y una temperatura media de 25.02 °C para el periodo vegetativo.

De los resultados obtenidos se concluye que existió diferencia estadística en cuanto a producción de frutos de tomate; el que obtuvo el mayor rendimiento con 112.63 t/ha. De acuerdo al análisis económico; beneficio costo la relación 5% NH_4^+ /95% NO_3^- , obtuvo mayor rentabilidad comparado con los demás tratamientos. En consecuencia este cultivar se determinó como promisorio por su potencial de rendimiento y económicamente rentable.

No existió diferencia estadística entre los tratamientos la eficiencia del sistema de fertirrigación por micro túbulos donde las plantas en general recibieron dosis y concentración de nutrientes diferente pero aproximadamente igual en volúmenes.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ADATIA, M. y BESFOR, R. 1986. The effect of silicon on cucumber plants grow in recirculating nutrient solution. *Annals of Botany*, 56,343-351.
2. ALPIZAR, L. 2004. Hidroponía, cultivo sin tierra. Editorial tecnológica de Costa Rica. Cartago. Costa Rica. 104p.
3. AMBOISE, G. y BRUTUS, M. 2001. Efecto de la combinación de Amonio (NH_4^+)/nitrato (NO_3^-) y de sustancia húmica (Humiplex 50 G) en el comportamiento del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) industrial en Guatapanal provincia Valverde, República Dominicana. Tesis de Ingeniería Agronómica. Instituto superior de Agricultura (ISA). Santiago de los Caballeros, República Dominicana. 50p.
4. AQUINO, Y. D. 1997. Estudio comparativo de 6 variedades de tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 77p.
5. ARANO, C. 1998. Forraje verde hidropónico y otras técnicas de cultivos sin tierra. Buenos Aires, Argentina. 397 p.

6. BARKER, A. V. and H.A. MILLS 1980. Ammonium and nitrate nutrition of horticulture crops. Horticultural reviews. 2: 395-423.
7. BERNABÉ, A. y SOLIS, V. 1999. Evaluación del rendimiento, calidad y precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en invernadero, tesis de licenciatura. México. 85 p.
8. BIALCZYK, J., LECHOWSKI, and A. LIBIK. 2004. Early vegetative growth of tomato plants in media containing nitrogen source as nitrate, ammonium, or various nitrate-ammonium mixtures with bicarbonate addition. Journal of Plant Nutrition. 27:1687-1700.
9. BRAVO, J. A. 1988. Cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) con 4 sistemas de tutores a igual densidad de siembra en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 70 p.
10. CARAVEO, L. 1994. Relaciones nutrimentales en el cultivo hidropónico de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) empleando el polvo de bonote de coco como sustrato. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

11. CIPCA. 2001. Cultivo del tomate. [En línea]: CIPCA (www.cipca.org.pe/cipca/informacionydesarrollo/agraria/fichas/tomate. Doc. 15 Jul. 2012).
12. FURLANI, P. 1998. Instrucciones para el cultivo de hortalizas técnica de hidroponía – NFT. Boletín Técnico 168. 2^{da} impresión. Instituto Agronómico de Campinas, Sao Paulo. Brasil. 30 p.
13. GRAVES, C. 1983. The nutrient film technique. Hort. Rev. 5: 1-44.
14. GUTIERRES, C. 2011. Curva de extracción de nitrógeno en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) para tres niveles de nitratos en la solución de un suelo arcilloso compactado del Valle del Yaqui. Dirección de investigación y estudios de post grado. [En línea]:(www.slideshare.net/CarlosOmarGutierrezCruz/tesis-6967894. Doc. 20 Jun. 2012).
15. HOLDRIDGE, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Editorial IICA, 206 pp. San José, Costa Rica.
16. HOYOS, M; RODRIGUEZ-DELFIN, A. y CHANG, M. 2002. Manual de hidroponía escolar. CIHNM: UNALM. Lima, Peru. 18 p.

17. KNIGHT, F., BRINK, N. y COMBRINK, C. 2000. Effect of nitrogen source on potato yield and quality in the Western Cape. FSSA Journal 2000, pp. 157-158.
18. LARA, A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Universidad Autónoma de Zacatecas. Terra Vol. 17 N° 3.
19. LLERENA LARA, E. 2007. Comportamiento de dos genotipos, de tomate riñón *Lycopersicum esculentum* Mill. en diferentes sustratos hidropónicos en yuyucocha. Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador
20. MARULANDA, C. e IZQUIERDO, J. 1997. La huerta hidropónica popular. 2^{da} ed. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago.Chile.118 p.
21. MENGEL, K. y KIRKBY, E. A. 2000. Principios de nutrición vegetal. Introducción al español de 4ta edición de Melgar, R.J. y Ruiz, M. Internacional potash institute. Basel, Switzerland 135-146 pp.
22. MONTES, A. y HOLLE, M. 1970. Descripción de algunos cultivos-olerícolas. El tomate.La Molina, UNA, 21 p.

23. MORENO, H. 2008. Estudio bioagronómico de 10 cultivares de tomate riñón (*Lycopersicum Esculentum Mill.*), bajo invernadero. Tesis ing° Agr. Ecuador.
24. OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES (ONERN). 1975. Perú. Evaluación e integración del potencial económico y social de la zona Perené - Satipo - *Ene*. Lima, Perú.
25. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA (FAO). 2002. Forraje verde hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago. Chile. 79 p.
26. PIZARRO, F. 1990. Riegos localizados de alta frecuencia, goteo, micro aspersión, exudación. Ediciones Mundi-Prensa. 2da ed. Madrid. España. 471 p.
27. POTASSIUM NITRATE ASOCIACIÓN (PNA), 2010. Nitrato (NO_3^-) versus amonio (NH_4^+). [En línea]: (<http://www.kno3.org/es/product-features-a-benefits/nitrate-no3-versus-ammonium-nh4> Doc. 18 Nov. 2012)
28. PRECIADO, R. P.; CASTILLO, G. A. B. TOMAS, J. L. T.; SHIBATO, J. K.; CHAVEZ, L. T. y GARZA, A. M. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. pp 20: 67-76.

29. RESH, H. 2001. Cultivos hidropónicos, nuevas técnicas de producción. 5^{ta} ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 558 p.
30. RIVERA, E. 2009. Fertilización con nitrato y amonio en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con raíces separadas. Tesis. colegio de posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 120 p. [En línea]: (http://www.cm.colpos.mx/2010/images/tesis_p/edafologia/tesis_fertilizaci%F3n.pdf)
31. RODRIGUEZ-DELFIN, A.; HOYOS, M. y CHANG, M. 2001. Soluciones Nutritivas en Hidroponía: Formulación y preparación. CIHNM. UNALM. Lima. Perú. 100 p.
32. SALSAC, L., CHAILLOU, S.; MOROT-GAUDRY, J. F.; LESAIN, C. y JOLIVET, E. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant physiology and biochemistry* 25: 805-812. [En línea]: (<http://aob.oxfordjournals.org/content/72/4/359.full.pdf>)
33. SANDOVAL-VILLA, M.; WOOD, C. W. y GUERTA, E. A. 2001. Ammonium concentration in solution affects chlorophyll meter readings in tomato leaves. *Journal of plant Nutrition* 22: 1717-1729.
34. SIDDIQI, M. Y.; MALHOTRA, B.; XIANGJIA y GLASS, A. D. M. 2002. Effects of ammonium and inorganic carbon enrichment on growth

and yield of a hydroponic tomato. *Crop. J. plant Nutr. soil Sci.*
165:191-197.

35. SIAVICHAY, M. 2011. Aclimatación de 10 cultivares de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), en el canton Riobamba provincia de Chimborazo. Tesis para obtener el título de ing. Agrónomo. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Riobamba-Ecuador. 47 p.
36. SONNEVELD, C. y VOOGT, W. 2009. Plant nutrition of green house crops. Springer Dordrecht Heidelberg London New York. 431p.
37. VEGA, C. G. 1983. Efecto de la fertilización N-P-K en el rendimiento del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 83 p.

IX. ANEXO

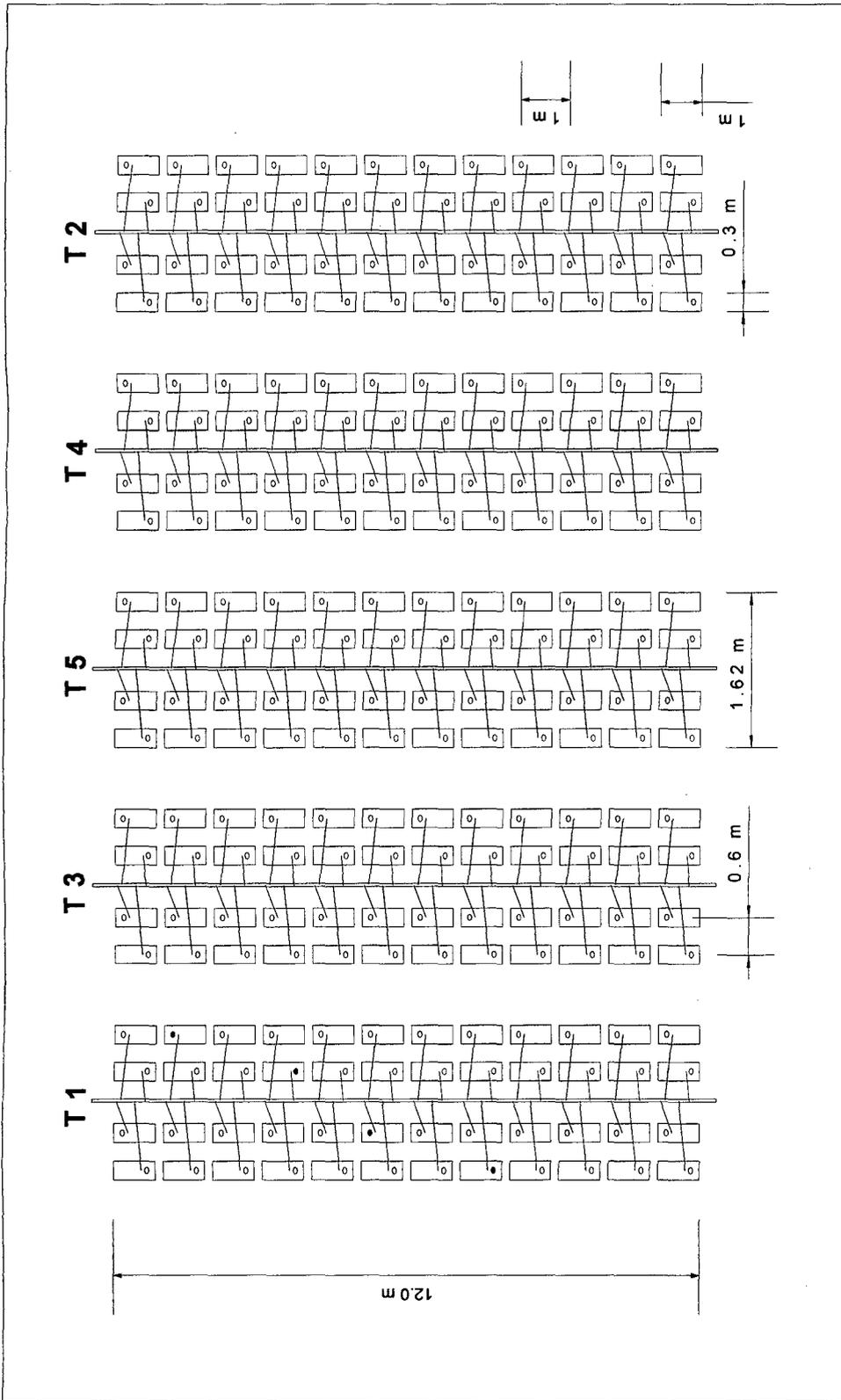


Figura 7. Croquis del experimento.

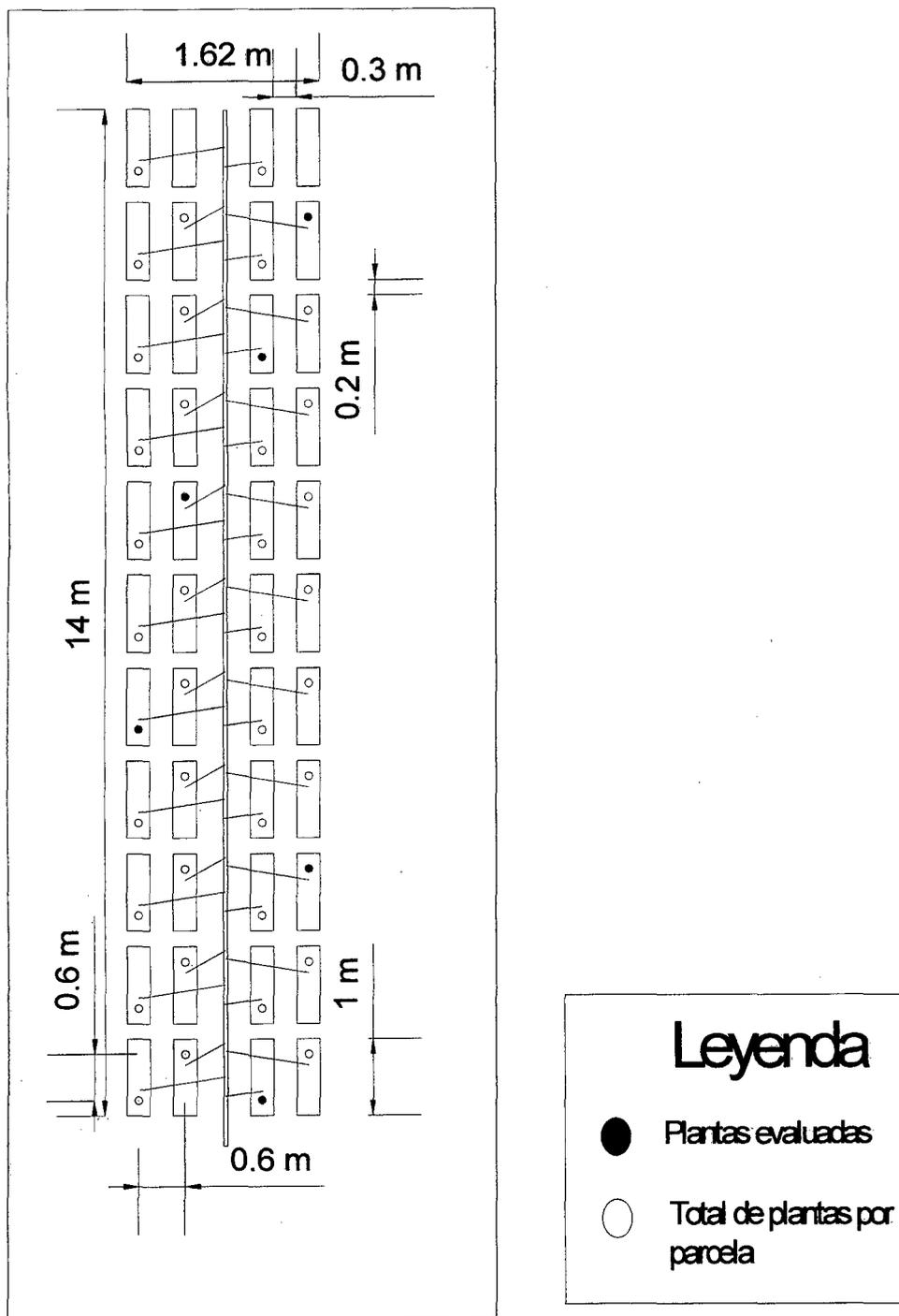


Figura 8. Detalles de una parcela experimental.

Cuadro 21. pH de cada tanque.

Fecha	T₁	T₂	T₃	T₄	T₅	Agua de caño
22 de junio	5.83	6.39	5.89	5.7	2.96	6.45
26 de junio	5.52	5.05	5.70	5.60	2.95	6.45
30 de junio	5.88	4.89	5.38	5.82	3.12	6.45
05 de julio	5.59	5.23	5.54	5.4	3.06	6.45
12 de julio	5.51	5.08	4.53	4.93	3.14	6.45
23 de julio	5.81	4.81	5.98	5.55	3.25	6.45
31 de julio	5.84	5.81	5.47	5.59	3.35	6.45
15 de agosto	6.03	6.01	5.53	5.8	3.42	6.45
28 de agosto	5.52	5.58	5.59	5.67	3.52	6.45
Promedio	5.73	5.43	5.51	5.56	3.20	6.45

En el Cuadro 21 se aprecia los distintos promedios de pH de la solución nutritiva donde presentan tanto los cuatro primeros tratamientos un pH óptimo para la solución nutritiva ya que en estos pH la planta puede absorber los nutrientes que necesitan pero en el tratamiento cinco presenta un bajo pH esto se puede deber a que se utiliza el ácido fosfórico como fuente de fósforo y el ácido para poder regular el pH de la solución.

Cuadro 22. Fertilizantes solubles utilizados en el trabajo de investigación.

Fertilizantes	Unidad	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
MgSO ₄	g.	136.00	136.00	136.00	136.00	136.00
Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O	g.	155.37	155.37	155.37	155.37	155.37
KNO ₃	g.	27.35	63.77	100.25	136.63	169.71
KH ₂ PO ₄	g.	44.20	44.20	44.20	44.20	-
NH ₄ NO ₃	g.	57.80	42.91	28.90	13.43	-
KCl	g.	82.82	55.90	28.90	2.17	-
H ₃ PO ₄	g.	-	-	-	-	37.44
Total	Litros	220	220	220	220	220

Cuadro 23. Fertilizantes solubles utilizados en el trabajo de investigación expresado en molaridad.

Fertilizantes	Unidad	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
MgSO ₄	g.	0.60M	0.60M	0.60M	0.60M	0.60M
Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O	g.	0.71M	0.71M	0.71M	0.71M	0.71M
KNO ₃	g.	0.12M	0.29M	0.46M	0.62M	0.77M
KH ₂ PO ₄	g.	0.20M	0.20M	0.20M	0.20M	-
NH ₄ NO ₃	g.	0.26M	0.20M	0.13M	0.06M	-
KCL	g.	0.38M	0.25M	0.13M	0.009M	-
H ₃ PO ₄	g.	-	-	-	-	0.17M

Cuadro 24. Composición de micronutrientes (Fetrilom Combi).

Manganeso (Mn)	4.0%
Hierro (Fe)	4.0%
Cobre (Cu)	1.5%
Cinc (Zn)	1.5%
Boro (B)	0.5%
Molibdeno (Mo)	0.1%

Cuadro 25. Presupuesto para la producción de tomates en el trabajo de investigación y su proyección en una hectárea. Nuevo soles (S/).

	Actividades	Unidad	Cantidad	P. Unidad (S/.)	Total (S/.)
A	Labores culturales				
	Preparación de terreno	Jornal	2	20.00	40.00
	Siembra y trasplante	Jornal	1	20.00	20.00
	Control cult. y en tutorado	Jornal	9	20.00	180.00
	Control químico	Jornal	1	20.00	20.00
	Cosechas y evaluación.	Jornal	2	20.00	40.00
	Riegos	Jornal	12	20.00	240.00
B.	Insumos:				
	Semillas	Millar	0.25	300.00	75.00
	Rafia	Kg	1	10.00	10.00
	Fertilizantes				
	Nitrato de calcio	kg	31	3.20	99.20
	Nitrato de potasio	kg	19	3.80	72.20
	Fosfato mono potásico	kg	7	4.20	29.20
	Nitrato de amonio	kg	5	1.92	9.60
	Sulfato de magnesio	kg	27	1.60	43.20
	Cloruro de potasio	kg	6	1.80	10.80
	Ácido fosfórico			1.40	7.00
	Fungicidas 2				
	Ridomil			60.00	60.00
	Carbendazyn	kg	1	40.00	40.00
	Depreciación de equipo			9000.00	9.74
	Costo producción				1005.94
C.	Comercialización.				
	Comercialización	Jornal	3	20	60.00
	Costo total en 114 m²				1065.74
	Costo producción hectárea				55,205.0

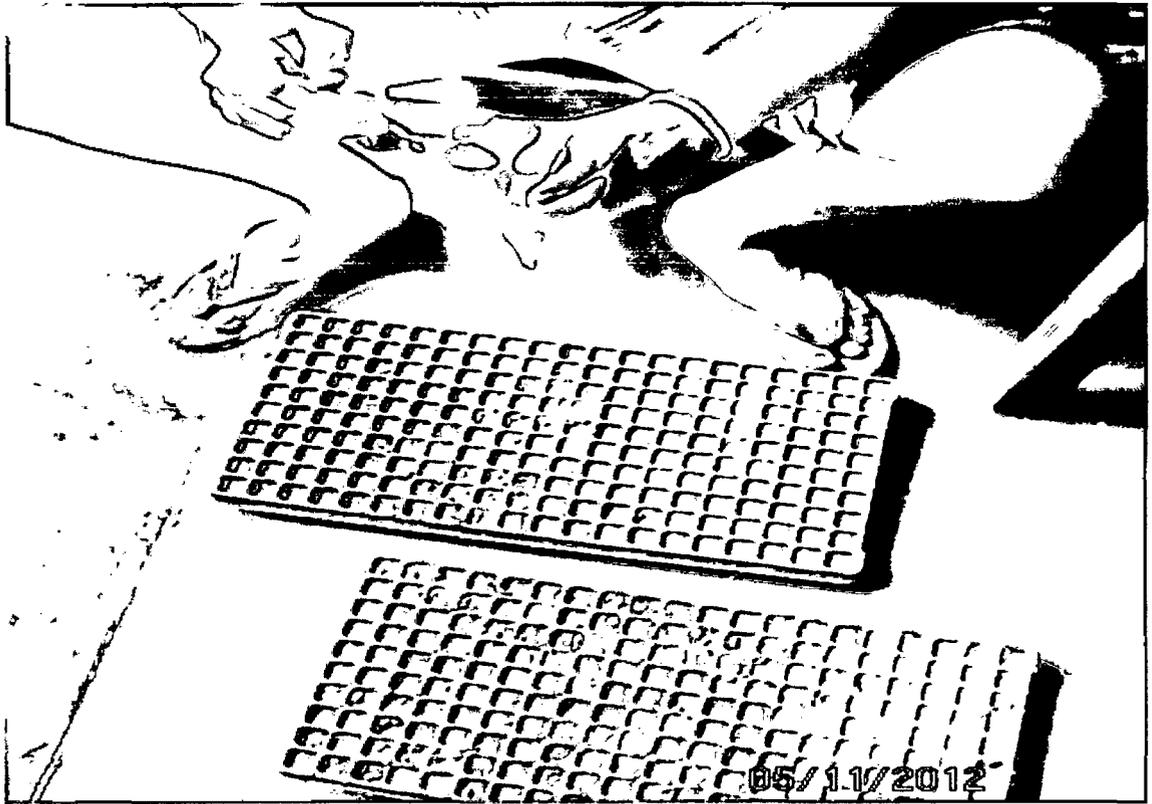


Figura 9. Siembra de tomate "Dominique" en las bandejas almacigueras.

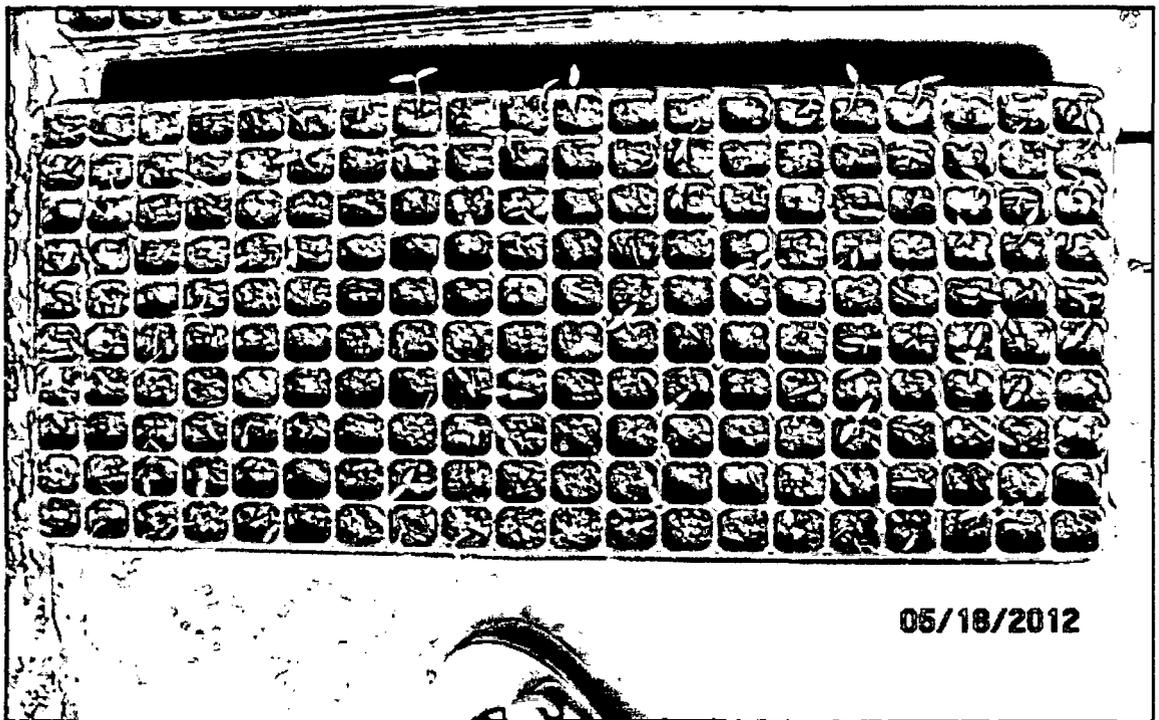


Figura 10. Plántulas de tomate "Dominique" en germinación.

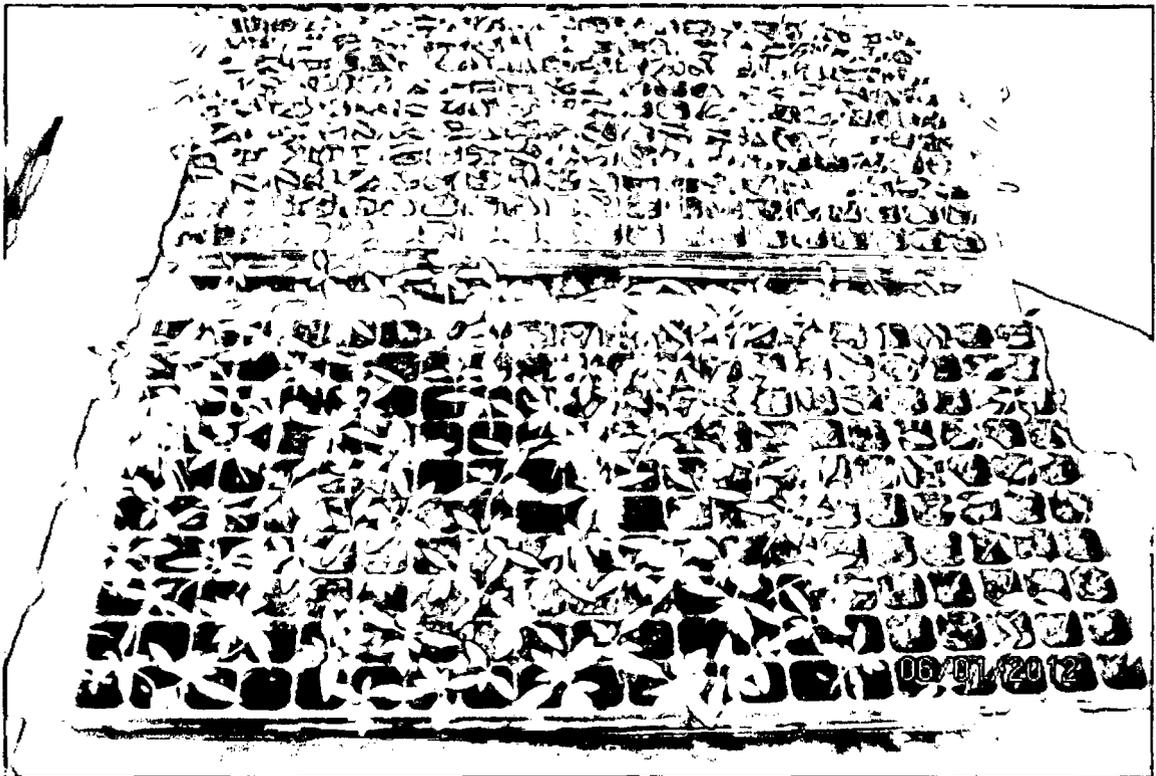


Figura 11. Almacigo de tomate "Dominique".

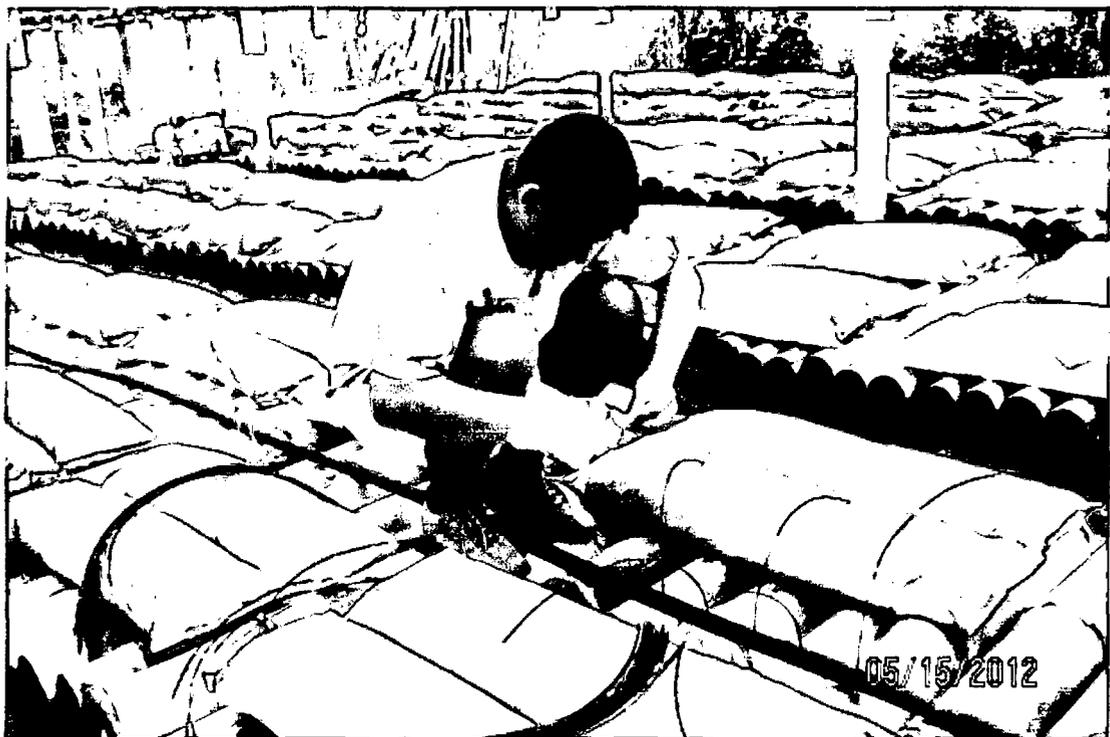


Figura 12. Instalación del sistema de riego.



Figura 13. Trasplante del tomate "Dominique" a las mangas.



Figura 14. Crecimiento vegetativo del tomate "Dominique"



Figura 15. Tutorado del tomate "Dominique".

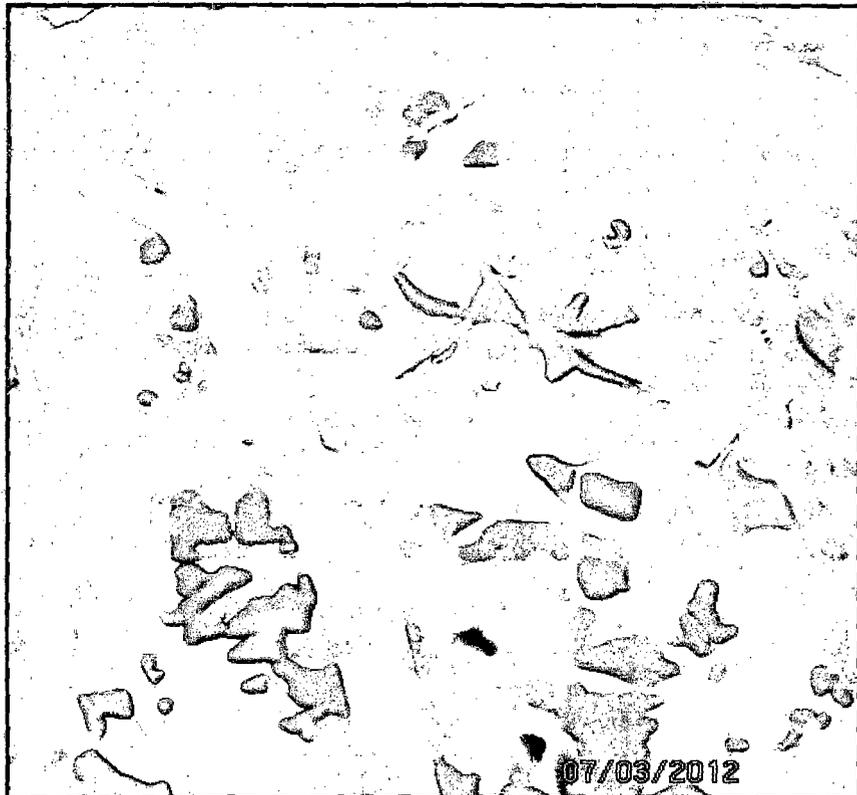


Figura 16. Floración del tomate "Dominique".

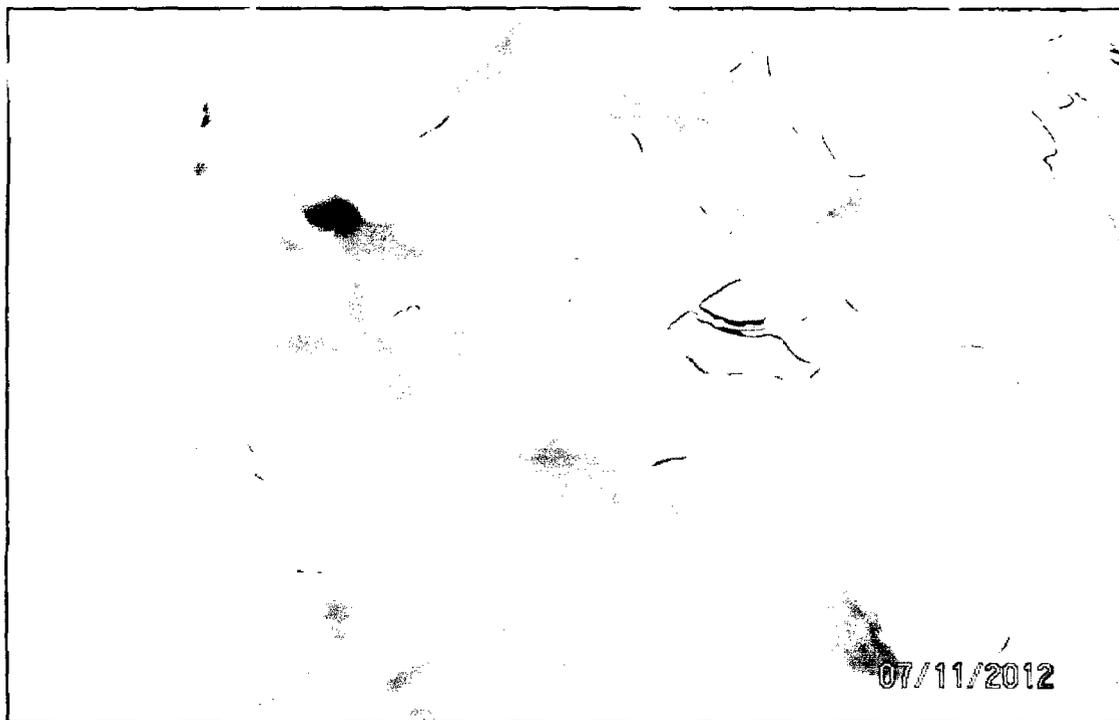


Figura 17. Fructificación de tomate "Dominique".

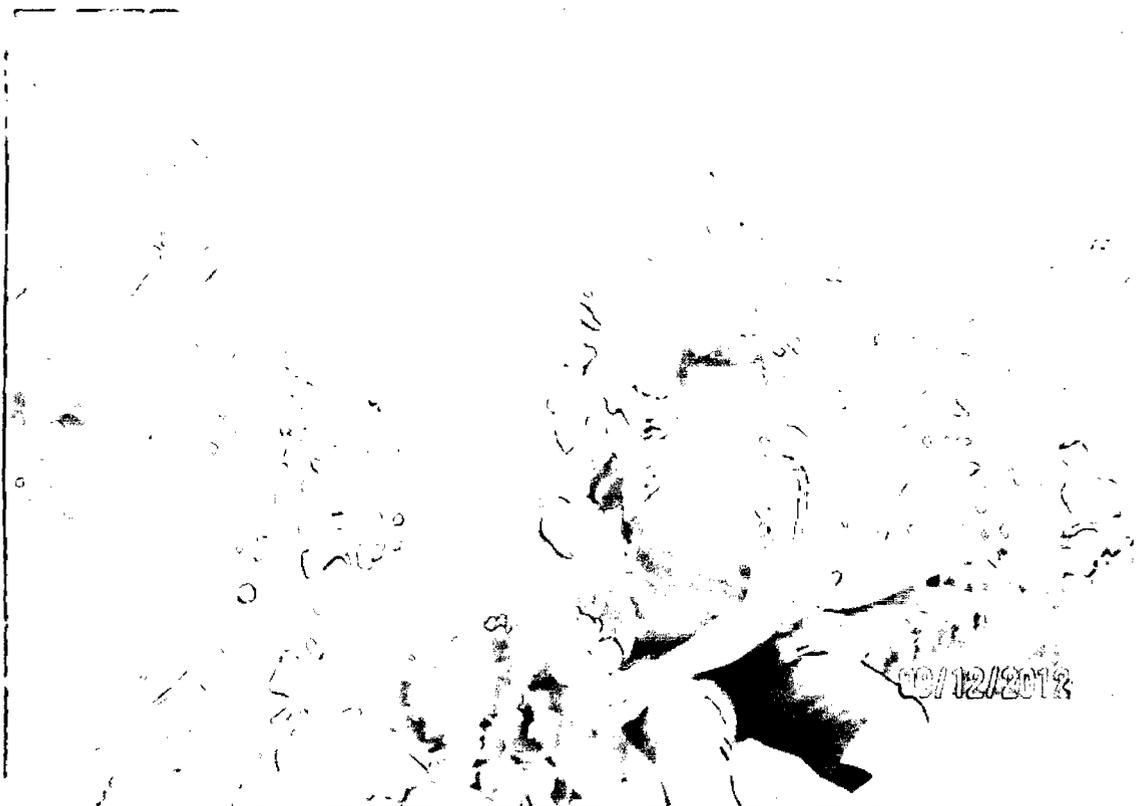


Figura 18. Producción del tomate "Dominique".



Figura 19. Fruto maduro del tomate "Dominique".