

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TRABAJO DIRIGIDO

**RENDIMIENTO DE TOMATES HÍBRIDOS
(*Lycopersicon sculentum*) BAJO SISTEMA HIDROPÓNICO EN
SUSTRATO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

ROCÍO CASTRO TORRES

**LA PAZ – BOLIVIA
2007**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**

**RENDIMIENTO DE TOMATES HÍBRIDOS
(*Lycopersicon esculentum*) BAJO SISTEMA HIDROPÓNICO EN
SUSTRATO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

*Trabajo Dirigido como requisito
Parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

ROCÍO CASTRO TORRES

ASESOR:

Ing. Msc. Jorge Pascuali Cabrera

TUTOR:

Ing. Víctor Paye Huaranca

COMITÉ REVISOR:

Ing. Ph.D. René N. Chipana Rivera

Ing. MS. c. Hugo Bosque Sánchez

Ing. Eduardo Oviedo Farfán

APROBADA

PRESIDENTE:

.....

DEDICATORIA

*Este trabajo es dedicado al
ser humano que no fue hecho sólo
para buscar la sabiduría, sino también
para los que sufren con las tempestades, las
estaciones y raramente descansan, pero
permiten que su vida sea una gran aventura y
no quedan limitados por sus propias paredes.*

YUSPAYARAWINACA

Yuspayartua alaxpach Auquiru, xuphawa uchi thakhin aru suma xansuma xaqinaka xuphanakawa sarnaqañan yatichawayitu, nayraqatar sarañañataki, cunti muntha uka yatinqañkama, ukhamaraki xan walinak utxipansa sartaraktua.

Ukhamaraki yuspayartua aka jach`a yatiqaña utaru Facultad de Agronomía sata, ukhamaraki taqi yatichirinacaru, nayaru yatichatapata, xuk`ampisa yuspayartua aka yatichiri, p`iqinchirinakaru Ing. Víctor Paye, ukhamaraki, Ing. Jorge Pascuali. Ukhamaraki mayniri irptir amuykipirinakaru Ing. Eduardo Oviedo, Ing. René Chipana, Ing. Hugo Bosque, xuphanakaru, amuyt`ayatapatha, taqi yatichawipatha churata taqi lurawitha.

Ukhamaraqui yuspayartua tatan aru maman aru, nayaru yatichayapata k`achampi suma muñasiñampi nayaru p`iqinchitu, nayraru mistuñaxataki, xani xuphanakaspax xaniwa akanxirixatthi.

Nayanpi chikanst`asirinakaru, yanaptásir xilanaka, amuyunsa, kusist`awinakansa taqi urunakana, nayan xakawixana. Yuspayarawinaca taqi muñasiñaxampi taqiniru xumanacaru, aka xakaña urunakanx. Xan xumanakaspaxa nayan xakawixa xaniwa ukhamaxirixanti xaniwa xichurux akhama sarthirixati.

Achukulla

INDICE DEL CONTENIDO

	Pagina
1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Introducción	1
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Justificación	3
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivos específicos	4
2.3 Metas	4
3. ESPECIFICACIONES DEL TRABAJO DIRIGIDO	5
3.1 Ubicación del área experimental	5
3.2 Materiales de estudio.....	6
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
4.1 Clasificación botánica del tomate	7
4.2 Características botánicas.....	8
4.3 Características agro ecológicas del tomate	9
4.4 Composición y valores alimenticios del tomate	10
4.5 Maduración del fruto	11
4.6 HIDROPONIA	12
4.6.1 Definición de hidroponía	12
4.6.2 Sistemas hidropónicos	12
4.6.2.1 Sistemas hidropónicos en agua	12
4.6.3 pH de la solución de nutrientes	13
4.6.3.1 Concentración	14
4.6.3.2 Índice de salinidad.....	14
4.6.3.3 Índice de higroscopicidad.....	14
4.6.4 Conductividad eléctrica de la solución nutritiva.....	14
4.6.4.1 Sistema hidropónico en sustrato	15

4.6.5 Soluciones nutritivas	16
4.6.5.1. Requerimiento de nutrientes	17
4.7. Ventajas de la hidroponía	21
4.8. Contenedores o recipientes hidropónicos.....	22
4.8.1 Recipientes planos.....	22
4.8.2 Recipientes longitudinales horizontales	23
4.8.3 Recipientes longitudinales verticales	23
4.8.4 Recipientes longitudinales individuales.....	23
4.9 FERTIRRIGACIÓN	24
4.9.1 Ventajas de la fertirrigación.....	24
4.9.2 Desventajas e inconvenientes.....	25
4.9.3 Sistemas de riego aptos para la fertirrigación	25
4.10 RIEGO POR GOTEO.....	26
4.10.1 Ventajas del riego por goteo	26
4.10.2 Desventajas del riego por goteo.....	28
4.10.3 Tipos de riego por goteo	28
4.10.4 Componentes del sistema de riego.....	28
4.10.4.1 Sistemas de inyector de fertilizantes	29
4.10.4.2 Líneas de goteo	31
4.10.4.3 Clasificación de goteros	32
5. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA.....	33
5.1 Invernadero.....	33
5.1.1 Temperatura del invernadero	33
5.2 Material vegetal	34
5.2.1 Tomates híbridos	34
5.3 Contenedores o bandejas hidropónicas.....	35
5.4 Sustrato	36
5.4.1 Arena común.....	36
5.4.2 Cascarilla de arroz	37
5.5 Temperatura del sustrato.....	37
5.6 Armado del sistema de riego	37

5.6.1	Instalación de líneas de distribución	37
5.7	Fertirrigación.....	37
5.7.1	Preparación de soluciones nutritivas.....	38
5.7.2	Fertilizantes o sales minerales en hidroponía	39
5.7.3	Solución de nutrientes.....	41
5.7.3.1	Agua de riego.....	41
5.7.3.2	El pH de la solución de nutrientes.....	42
5.7.3.3	Conductividad eléctrica	42
5.8	Manejo del cultivo	42
5.8.1	Semillero con sustrato o almácigo	42
5.8.2	Transplante de las plántulas a las bandejas hidropónicas	43
5.8.3	Labores del cultivo hidropónico.....	43
5.8.3.1	Marcos de plantación	43
5.8.3.2	Tutorado.....	43
5.8.3.3	Poda de formación	45
5.8.3.4	Destallado	45
5.8.3.5	Deshojado	45
5.8.3.6	Tratamiento fitosanitario.....	46
5.8.3.7	Cosecha	46
5.9	Descripción de las variables controladas.....	45
5.9.1	Altura de la planta	46
5.9.2	Número de flores.....	47
5.9.3	Número de frutos	47
5.9.4	Diámetro de frutos.....	47
5.9.5	Peso de frutos	47
5.9.6	Diámetro de tallo	47
5.9.7	Rendimiento	48
5.10	Análisis económico	48
5.10.1	Análisis estadístico.....	49

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	50
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
7.1. Altura de planta.....	51
7.2. Número de flores.....	53
7.3. Número de frutos	55
7.4. Diámetro de frutos	57
7.5. Peso de frutos.....	59
7.6. Diámetro de tallo.....	61
7.7. Rendimiento.....	63
8. ANÁLISIS ECONÓMICO	66
8.1. Relación beneficio / costo	66
9. CONCLUSIONES	69
10. RECOMENDACIONES	70
11. BIBLIOGRAFIA	72

INDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 1. Contenido nutricional en 100 g	10
Cuadro 2. Contenido de minerales por cada 100 g	11
Cuadro 3. Soluciones en diferentes etapas de crecimiento del tomate	20
Cuadro 4. Cantidad en ppm (ml/ℓ) de diferentes elementos requeridos para las soluciones.....	21
Cuadro 5. Eficiencia de los métodos de riego	26
Cuadro 6. Cantidad de macronutrientes necesarios para el tomate.....	40
Cuadro 7. Formulación de nutrientes necesarios para 1000 ℓ.....	40
Cuadro 8. Prueba de t estudent para la igualdad de medias de altura de planta entre dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962	51
Cuadro 9. Prueba de t estudent para la igualdad de medias de número de flores entre dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962	53
Cuadro 10. Prueba de t estudent para la igualdad de medias de número de frutos entre dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962	56
Cuadro 11. Prueba de t estudent para la igualdad de medias del diámetro de frutos entre dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962	58
Cuadro 12. Prueba de t estudent para la igualdad de medias del peso de frutos entre dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962	60
Cuadro 13. Prueba de t estudent para la igualdad de medias diámetro de tallos entre dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962	62

Cuadro 14. Prueba de t estudent para la igualdad de medias del rendimiento entre dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962	63
Cuadro 15. Costos variables en Bs/m ² para la producción de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962.....	66
Cuadro 16. Costos fijos en Bs/m ² para la producción de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962.....	67
Cuadro 17. Rendimiento beneficio bruto, Neto y relación Beneficio Costo del cultivo de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962	68

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Croquis experimental del ensayo	5
Figura 2. Esquema de la fertirrigación en riego localizado	32
Figura 3. Dimensiones de las bandejas hidropónicas	36
Figura 4. Sistema de filtrado e inyección de fertilizantes.....	38
Figura 5. Tutoraje de las dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962	44

INDICE DE GRÁFICOS

	Páginas
Grafico 1. Altura de planta de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo.....	52
Grafico 2. Número de flores de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo.....	54
Grafico 3. Número de frutos de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo.....	56
Grafico 4. Diámetro de frutos de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo.....	58
Grafico 5. Peso de frutos de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo.....	60
Grafico 6. Diámetro de tallos de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo.....	62
Grafico 7. Comparación de rendimiento de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo.....	64

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en el Centro experimental de Cota Cota, administrado por la Facultad de Agronomía de la ciudad de La Paz, en el cual se realizaron los primeros ensayos hidropónicos, obteniéndose resultados positivos hasta el momento.

El propósito de este estudio fue generar información sobre el rendimiento de dos variedades de tomates híbridos (*Lycopersicum sculentum*) en un ambiente atemperado bajo un sistema hidropónico en sustrato, debido a que no se cuenta con una información clara de la producción bajo un sistema hidropónico.

Con este fin fueron utilizadas dos variedades de tomates híbridos de crecimiento indeterminado como ser la variedad TM 959 y la variedad TM 962 en un sistema hidropónico en un ambiente atemperado. Con distintas formulaciones de fertilizantes para cada etapa de su desarrollo.

Las variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962 no son estadísticamente similares, teniendo la variedad de tomate híbrido TM 962 un rendimiento mayor a la variedad de tomate híbrido TM 959 (34 kg/m² con relación a 17 kg/m²) debido a su característica varietal, a su adaptación a la temperatura ambiente y a la asimilación de los nutrientes.

Se han hallado diferencias altamente significativas en altura de planta, número de flores, número de frutos, diámetro de frutos, peso de frutos, diámetro de tallo y en el rendimiento. Por lo tanto se tiene una respuesta del cultivo en cuanto a su rendimiento, siendo mayor la variedad de tomate híbrido TM 962 a la meta planteada.

SUMMARY

The present study was carried out in the Experimental Center of Cota Cota, administered by the Agronomy University of the La Paz city, were carried out the first hydroponics rehearsals, obtaining positive results until the moment.

The purpose of this study was to generate information in the yield of two varieties of hybrid tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in an atmosphere moderated in a hydroponic system in the sand, because it is not had a clear information of the production in a hydroponic system.

With this purpose two varieties of hybrid tomatoes of uncertain growth were used as being the variety TM 959 and the variety TM 962 in a hydroponic system in a moderated atmosphere. With different formulations of fertilizers for each stage of their development.

The varieties of tomatoes hybrid uncertain TM 959 and TM 962 are not statistically similar, having the variety of tomato hybrid TM 962 a bigger yield to the variety of tomato hybrid TM 959 (34 kg/m^2 with relationship to 17 kg/m^2) due to their characteristic varietal, to their adaptation to the ambient temperature and the assimilation of the nutrients.

They have been highly significant differences in plant height, number of flowers, number of fruits, diameter of fruits, weight of fruits, shaft diameter and in the yield. Therefore one has an answer of the cultivation as for their yield, being bigger the variety of tomato hybrid TM 962 to the outlined goal.

1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Introducción

El objetivo de muchos productores hidropónicos son las generosas cosechas de frutos grandes, redondos, fragantes, dulces y jugosos, ya sea a escala comercial o a nivel de aficionados. El tomate es ciertamente una de los cultivos hidropónicos más populares.

La calidad de los frutos que están tradicionalmente en el mercado es generalmente inferior al de los tomates híbridos. Además existe una fuerte competencia en el mercado en busca de cualidades como calidad, tamaño y sabor del fruto.

Los tomates que generalmente se encuentran en el mercado son pequeños y si presentan buen aspecto, se debe al elevado uso de agroquímicos y pesticidas convencionales en su producción. A la calidad se le sigue atribuyendo gran importancia, y los objetivos principales son dos: En primer lugar, seguir perfeccionando el tomate de larga vida y en segundo lugar, crear tomates de mayor calidad.

Hoy en día la hidroponía es el método más intensivo de producción hortícola; es de alta tecnología y de elevado capital, viene siendo aplicada exitosamente con fines comerciales en países desarrollados. El crecimiento futuro de la hidroponía en Latinoamérica dependerá mucho del desarrollo y adaptación de sistemas menos sofisticados de producción que sean competitivos en costos, con respecto a la tecnología sofisticada generada en países desarrollados.

Martínez, (1998) indica que en los últimos quince años, el área mundial destinada a la producción hidropónica se ha incrementado considerablemente. Actualmente se estima más de 30,000 ha dedicadas a la producción hidropónica en el mundo.

El sistema utilizado mayormente es el sistema de riego por goteo (90 %) empleando como sustrato lana de roca (60 %) y sustratos inorgánicos (20 %) y orgánicos (10 %). Luego siguen los sistemas en agua NFT* (7 %) y raíz flotante (3 %). Los cultivos hidropónicos más rentables son tomate, pepinillo, pimiento, fresa, espinaca, lechuga y flores cortadas.

1.2 Descripción del problema

Al ser los tomates híbridos de mejores características hoy son usados para la producción intensiva. Llegando a la uniformidad, sin la necesidad de aditamentos químicos, gracias a los fitomejoradores, pueden ser útiles a las necesidades del mercado, de la producción industrial intensiva y la industria de transformación del tomate.

Los grandes rendimientos se pueden lograr mediante el uso de insumos externos (nutrientes necesarios para la planta) unidos al medio de cultivo, especialmente en ambientes atemperados como ser invernaderos. Este método ha estimulado el uso de híbridos de gran rendimiento, que se introdujeron posteriormente en sistemas más extensivos de cultivo a campo abierto.

Para los productores comerciales, obtener los rendimientos más altos y buena calidad del fruto es vital para el éxito económico. Por lo que los productores necesitan ser hábiles cuando asumen una escala comercial. A pesar que la fisiología de la planta de tomate bajo un cultivo hidropónico parece compleja, no es difícil de cultivar, la mayoría de los productores han tenido éxito con diferentes tipos de tomate y muchos han producido sobresalientes cultivos.

* Nutrient Film Technique (NFT), es un sistema de producción en los cultivos sin suelo donde recircula la disolución nutritiva. Se basa en la circulación continua o intermitente de una fina lámina de disolución nutritiva a través de las raíces, sin que éstas se encuentren inmersas en sustrato alguno, sino que quedan sostenidas por un canal de cultivo, en cuyo interior fluye la disolución hacia cotas más bajas por gravedad. El material de fabricación puede ser polietileno, PVC o fibra de vidrio www.tecnociencia.es (2006).

Con la utilización de un medio de cultivo en un sustrato inerte (hidropónico) se puede reducir la incidencia de la enfermedad, como ser el tizón, por ser este un hongo del suelo (sustrato normal) y algunas plagas, como ser: trips (*Frankliniella occidentalis*), orugas de lepidópteros (*Spodoptera exigua*, *Spodoptera litorales*, *Heliothis armigera*, *Chrysodeisis chalcitos*, *Autographa gamma*), gusanos de suelo (gusanos grises (*Agrotis* spp.), gusanos blancos (*Melolontha* spp.), gusanos alambre (*Agriotes* spp), moscas y mosquitos de la humedad (*Sciara* sp.)), por encontrarse estos frecuentemente en turbas y sustratos con estiércol y también de nemátodos (*Meloidogyne* spp.), ya que estos se transmiten con facilidad por el agua de riego y con cualquier medio de transporte de tierra.

1.3 Justificación

Los tomates híbridos se desarrollan para proporcionar las mejores características de cada variedad. En primer lugar, los híbridos se caracterizan por el tamaño del fruto, el rendimiento por cosecha y su resistencia a las enfermedades. Además, los tomates híbridos utilizados para la producción intensiva muestran un alto grado de uniformidad genética. En segundo lugar, los grandes rendimientos se han logrado mediante el uso a gran escala de insumos externos unido a la alteración del medio de cultivo, especialmente por la utilización de invernaderos y, en algunos casos, la supresión total del suelo.

En tercer lugar, el cultivo en medios hidropónicos permite mejorar el desarrollo de la planta, ya que ésta recibe los nutrientes de manera adecuada y en el momento preciso. En cuarto lugar, un mundo superpoblado, con suelos erosionados e índices cada vez mayores de contaminación, la hidroponía ofrece una alternativa al cultivo tradicional de muchos productos agrícolas de gran importancia en la alimentación, tal es el caso del tomate, en el que se hace necesario incrementar su rendimiento, combinando esta forma de cultivo con el uso de tomates híbridos para procurar más aun, mejores resultados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el rendimiento de dos variedades de tomates híbridos (*Lycopersicum sculentum*) en un ambiente atemperado bajo un sistema hidropónico en sustrato.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico de dos variedades de tomates híbridos bajo un sistema hidropónico en sustrato.
- Determinar la dosis adecuada de fertilizantes para la producción del cultivo de las dos variedades de tomates híbridos.
- Analizar los costos de producción.

2.3 Metas

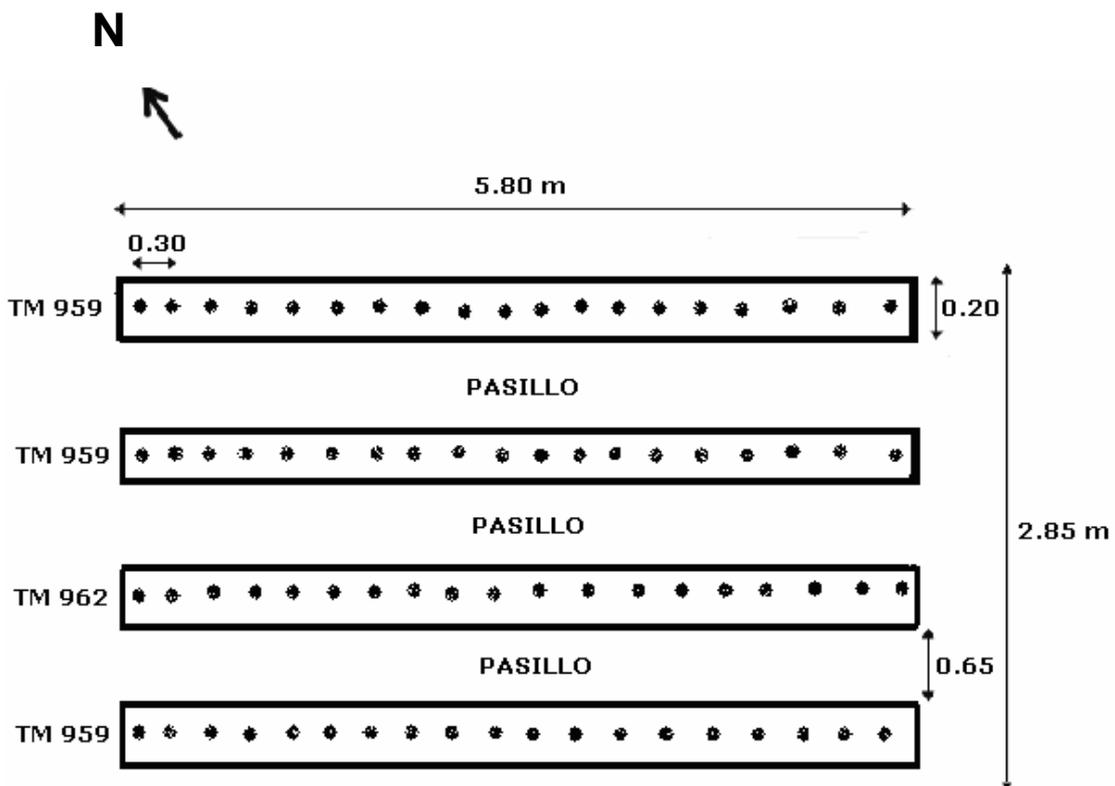
Con el uso de variedades de tomates híbridos indeterminados, en un medio hidropónico, se habrá obtenido un rendimiento mayor a 300 tn/ha para cada variedad, en los tres primeros racimos cosechados.

3 ESPECIFICACIONES DEL TRABAJO DIRIGIDO

3.1 Ubicación del área experimental

El presente estudio se efectuó en el invernadero del Centro Experimental de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, situada en la Provincia Murillo del Departamento de La Paz, a 3445 m.s.n.m. y a 16° 32' 04" Latitud sur y 68° 03' 44" Longitud Oeste. Entre las temperaturas registradas se tiene una máxima de 21.5 °C, una temperatura media de 11.5 °C y una temperatura mínima de – 0.6 °C; con una precipitación de 488.53 mm.

Figura 1. Croquis experimental del ensayo



Donde: **V1 = variedad TM 959**

V2 = variedad TM 962

Delimitación de área: ancho 2.85 m

Largo 5.80 m

Superficie Total: 16.50 m²

Altura de bandejas: 0.12 m

Distancia entre plantas: 0.30 m

Número de plantas por bandeja: 19 plantas/bandeja

Total N° de plantas: 76 plantas

3.2 MATERIALES DE ESTUDIO

Material biológico

- Tomate (*Lycopersicon sculentum*) : Variedad TM 959
Variedad TM 962

- Sustrato: arena
- Cascarilla de arroz
- Damper (fungicida orgánico)
- BB 1000 (insecticida orgánico)

Minerales

- Fertilizantes:

Nitrato de Potasio	9 - 45 -15
Nitrato de amonio	Sulfato de Magnesio
Nitrato de Calcio	Quelato 6 % Fe
Ácido Bórico	Fitrelón Combi (fuente de microelementos)

Material de campo

- Flexómetro
- Plástico
- Termómetro
- Pitas o sogas “cola de rata”
- Vernier
- Alambres
- Alicata
- Picotas
- Rastrillo
- Engrampadora

4 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 Clasificación botánica del tomate

En menos de un siglo, el tomate se ha convertido en un cultivo alimentario importante en todo el mundo. Originario de los Andes, domesticado en México y actualmente consumido en todas partes del mundo (Grain, 1998).

La planta de tomate presenta la siguiente clasificación botánica:

División: Fanerógamas

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Familia: Solanácea

Género: *Lycopersicum*

Especie: *Lycopersicum esculentum*

www.infoagro.com (2005).

4.2 Características botánicas

El tomate, planta perenne de porte arbustivo, la cual se cultiva anualmente puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Esta planta posee variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas) y presenta las siguientes características botánicas:

- Sistema radicular: raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias

- Tallo principal: eje con un grosor que oscila entre 2 - 4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias.

- Flor: es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bilocular o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10; es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada, dando lugar a una inflorescencia compuesta. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2 - 3 hojas en las axilas.

- Fruto: baya bilocular o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto www.infoagro.com (2005).

4.3 Características agro ecológicas del tomate

El tomate cultivado en un suelo normal (no hidropónico) presenta las siguientes características agro ecológicas:

- Período Vegetativo: de 3 a 6 meses, según la variedad.
- Requerimiento de Suelo: el tomate requiere preferentemente suelos franco arenoso, suelto, rico en materia orgánica, drenados; con un pH de 5.5 - 6.8
- Clima: con preferencia templado.
- Época de siembra: la época de siembra es todo el año (trópico).
- Época de Cosecha: se inicia a los 90 días con una duración de 30 días.

www.infojardín.com (2005)

Temperatura ambiente:

- Temperatura máxima: 32 °C
- Temperatura mínima: 15 °C.
- Temperatura óptima: 18 - 22 °C.
- Humedad: óptima 60 % a 80 %.

www.infojardín.com (2005).

Rendimientos (Mg/ha = tn/ha):

- Rendimiento nacional (Bolivia): 122,121 Mg
- Rendimiento departamental (La Paz): 8.605 Mg/ha

INE, Instituto Nacional de Estadística, (2006).

Manejo Técnico:

- Semilla (kg/ha): 1 - 1.5
- Distanciamiento (m): Siembra Trasplante: 5 - 10 g/ m² en cama de almácigo.
- Módulo de Riego (m³ / ha): 8,000 - 9,000.
- Frecuencia de Riego: 12 - 15 días

www.infojardín.com (2005).

4.4 Composición y valor alimenticio del tomate

El tomate contiene la siguiente composición:

Cuadro 1. Contenido nutricional en 100 g.

Compuestos	Cantidad (mg)
Energía (Kcal)	52
Proteínas	2.3
Agua	94 %
Hidratos de carbono	3 % (fibra 1 %)
Lípidos	0, 3 %
Vitamina C	26
Vitamina A (retinol)	207
Tiamina (Vit B1)	0, 06
Riboflavina (Vit. B2)	0, 04
Niacina (Vit. B3)	28 µg

Fuente: Vives (1994)

Cuadro 2. Contenido de minerales por cada 100 g.

Compuestos	Cantidad (mg)
Potasio	0.3
Cloro	0.05
Fósforo	0.023
Calcio	0.014
Azufre	0.014
Magnesio	0.013
Hierro	0.005
Cobre	0.0002
Zinc	0.0002
Cobalto	0.0001
Manganeso	0.0001
Flúor	0.00001
Yodo	0.00001

Fuente: Vives (1994)

4.5 Maduración del Fruto

La maduración del fruto del tomate es dificultosa por la producción de la hormona etileno dentro del corazón del fruto. La tasa de coloración depende de la temperatura y la maduración es más rápida cuando la temperatura es mayor a 22 °C. Los frutos que están a la sombra del follaje toman más días en madurar. Sin embargo, los frutos que están en la sombra son ligeramente más grandes que los que están expuestos al sol, por esta razón, se sombrea artificialmente los frutos que están madurando durante el verano para incrementar el peso del fruto en la cosecha (Morgan, 2005).

4.6 Hidroponía

4.6.1 Definición de Hidroponía

Hoyos *et al.* (2004), indican que la palabra hidroponía fue creada por Gericke en 1935, siendo esta una técnica que permite producir plantas sin emplear el “suelo”. Hidroponía significa “Trabajo en agua”, que proviene de dos palabras griegas:

Hydro= Agua y Ponos = Trabajo

También se puede definir como CULTIVO EN AGUA o CULTIVO SIN SUELO. La Hidroponía ha alcanzado un alto grado de sofisticación en países desarrollados. Gracias a los principios científicos y técnicos en los cuales se basa, se ha convertido en una técnica operativamente sencilla y aplicable en muchos países latinoamericanos (Hoyos *et al.* 2004).

Howard (1987), afirma que la Hidroponía es la ciencia del crecimiento de las plantas, sin utilizar suelo, aunque utilizando un medio inerte como grava, arena, turba, vermiculita, piedra pómez o aserrín, a los cuales se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales, necesitados por la planta para su normal crecimiento y desarrollo. Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo, se les denomina a menudo “cultivos sin suelo”, mientras que el cultivo solamente en agua sería un cultivo hidropónico.

4.6.2 Sistemas Hidropónicos

Hoyos *et al.*, (2004) indican que un sistema hidropónico es un conjunto de materiales y métodos empleados para cultivar plantas sin usar el suelo o tierra de cultivo.

4.6.2.1 Sistema hidropónico en agua

Hoyos *et al.*, (2004) afirman que en un sistema hidropónico en agua las raíces de las plantas están en contacto con el medio líquido.

- El agua

Penningsfeld (1983), menciona que el agua, sustancia esencial para la vida vegetal y un disolvente por excelencia, para la mezcla de las soluciones nutritivas, puede ser utilizada como agua de pozo, de lluvia, las depuradas y destiladas. Para usar la de los arroyos o ríos debe hacerse primero que esté libre de materias perjudiciales y que su contenido de sales minerales no sea muy elevada; como frontera superior para el contenido de sales de un agua correcta recomienda 200 ppm (mg/l).

Según Carrasco (1996), el agua tiene mucha importancia, como saber su calidad para ser utilizada en cultivos hidropónicos, sobre todo la calidad química; es decir su aporte de elementos minerales. Por este motivo se debe realizar un análisis químico del agua a inicio del cultivo para conocer el aporte de algunos elementos minerales.

Según Fernández (1995), es recomendable usar aguas de baja salinidad (< 1.00 mMhos/cm) aunque también se puede usar aguas de salinidad media o ligeramente alta (1.00 a 2.00 mMhos/cm) ya que con el pH muy ácido o alcalino afecta la absorción y disponibilidad de nutrientes, cuando se tenga un agua de este tipo el pH se puede corregir agregando algunas gotitas de alguna base o ácido fuerte.

4.6.3 El pH de la solución de nutrientes

Éste es un parámetro que se debe controlar para mantener disponibles los elementos nutritivos en la solución nutritiva. El rango de pH en el cual el tomate se desarrolla es de 5.5 a 6.5, si se excede en rango de pH superiores a 6.5 se agrega una solución ácida, la cual se compone de una mezcla de ácido cítrico (HNO_3) y ácido orto fosfórico (H_3PO_4) en una proporción de 3:1, preparada al 5 %, si se requiere alcalinizar la solución nutritiva, o aumentar el pH hasta el rango óptimo, se debe preparar una solución básica al 10 % de hidróxido de potasio (KOH) (Carrasco, 1996).

Según Bazán (1995), para la preparación de los nutrientes se debe considerar lo siguiente:

4.6.3.1 Concentración

Es la cantidad de unidades de fertilizantes en un abono.

4.6.3.2 Índice de salinidad

Es la variación de la presión osmótica de una solución por efecto de la adición de fertilizante, se toma como patrón el nitrato de sodio (NO_3Na).

4.6.3.3 Índice de higroscopicidad

Propiedad que poseen ciertos compuestos de absorber el vapor de agua de la atmósfera. Cuanto más elevado es el índice más higroscópico es el abono.

4.6.4 Conductividad eléctrica de la solución nutritiva

La concentración total de elementos en una solución nutritiva debería ser de 1000 a 1500 ppm de forma que la presión osmótica facilite el proceso de absorción por las raíces. Esto responde a las lecturas de contenido total de sales entre 1.5 y 3.5 mMhos; en general los valores más bajos (1,5 – 2.0 mMhos) son preferidos para cultivos como el pepino, mientras que los valores más altos (2.5 – 3.5 mMhos), son más adecuados para la cosecha de los tomates (Howard, 1987).

Carrasco (1996), menciona que en hidroponía para fines prácticos se trabaja con el factor de conductividad (Fc), que se define como;

$$\text{Factor de conductividad (Fc) = C.E. (MS/cm x 10)}$$

Es decir que Fc de 20 equivale a 2 mS/cm. Además indica que el Fc requerido para un adecuado crecimiento de tomate se encuentra entre 25 a 30 mS/cm.

4.6.4.1 Sistema hidropónico en sustrato

Hoyos *et al.*, (2004) menciona que en los sistemas hidropónicos en sustrato, el cultivo se lleva a cabo sobre un medio sólido (sustrato) que sirve de soporte a las raíces de las plantas y a través del riego se aplica la solución nutritiva.

El Sustrato

Hoyos *et al.*, (2004) definen sustrato, a un medio sólido inerte que cumple 2 funciones esenciales:

- Anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar y por otro lado, contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan.
- Los gránulos componentes del sustrato permiten la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15 % y 35 % de aire y entre 20 % y 60 % de agua en relación con el volumen total.

El sustrato debe tener los siguientes aspectos:

- Retención de humedad.
- Buena aireación
- Estabilidad física
- Químicamente inerte

- Biológicamente inerte.
- Tener buen drenaje
- Tener capilaridad
- Ser liviano.
- Ser de bajo costo
- Estar disponible.

Los sustratos más utilizados son los siguientes: cascarilla de arroz, arena, grava, residuos de hornos y calderas, piedra pómez, aserrines y virutas, ladrillos y tejas molidas (libres de elementos calcáreos o cemento), espuma de poliestireno (utilizada casi únicamente para aligerar el peso de otros sustratos 0.001), turba rubia, vermiculita nuevaalenjandría.com (2005).

4.6.5 Soluciones nutritivas

Howard (1987) indica que, una solución de nutrientes consta de todos los elementos esenciales para suministrar los cultivos hidropónicos, con el fin de darles los requerimientos necesarios para el desarrollo vegetativo, una formulación óptima depende de las siguientes variables:

- Especie y variedad de la planta
- Estado del desarrollo de la planta
- Parte de la planta a ser cosechada
- Estación - duración del día
- Clima - temperatura
- Intensidad de la luz
- Hora e iluminación del sol.

4.6.5.1 Requerimiento de nutrientes

Martínez (1998), menciona que en nutrición vegetal, los elementos necesarios para el desarrollo de todos los cultivos se agrupan en 3 categorías de acuerdo a la cantidad requerida.

- **Macronutrientes.-** Carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).
- **Micronutrientes.-** Hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), Zinc (Zn), boro (B), molibdeno (Mb), cloro (Cl).
- **Elementos menores o trazas.-** Cobalto (Co), sodio (Na), silicio (Si).

Menciona también, que todos estos elementos excepto el oxígeno, hidrógeno y carbono, son absorbidos casi exclusivamente por las raíces e ingresan al sistema vascular por medio del agua.

Howard (1987) recomienda que una solución completa de nutrientes son: calcio, que deberá suministrarse por medio de nitrato de calcio. Nitrato cálcico, también aportará nitrógeno. Cualquier otro nitrógeno adicional que sea preciso deberá suministrarse por medio del nitrato potásico el cual también proveerá de potasio. Todo el fósforo deberá obtenerse a partir del fosfato monopotásico el cual también proporcionará potasio. Las necesidades de potasio que existan, podrá obtenerse a partir del sulfato potásico, el cual también aportará azufre. El azufre se obtiene de otros sulfatos, tales como el sulfato de magnesio, también usado para cubrir las necesidades de magnesio. Los micronutrientes se obtienen a partir de preparados comerciales.

Durany (1982) afirma que, el nivel de nitrógeno [N] permanecerá más bajo (N = 80-90 ppm) para las especies que producen frutos que para aquellas que producen hojas (N = 140 ppm). Además recomienda que para el desarrollo de los tomates durante la fase vegetativa inicial la proporción nitrógeno-potasio (N:K) deberá ser 1:5 (180 ppm N; 400 ppm K), la fase intermedia durante la floración y cuajado del fruto debe existir la relación nitrógeno-potasio N:K de 1:3 (110 ppm N; 300 ppm K), y la etapa de maduración de frutos deberá tener una relación nitrógeno-potasio N:K de 1:1.5 (140 ppm N y 210 ppm K).

Fernández (1995), indica que para preparar una solución nutritiva se debe considerar el tipo de cultivo que se va a cosechar, así los que producen frutos como el tomate, exigen cantidades mayores de fósforo y potasio. El período más crítico dentro del crecimiento del tomate se da en la etapa de fructificación, al ser sensible a la deficiencia de calcio; para evitar que los frutos presenten necrosis apical, este elemento debe estar disponible en cantidades adecuadas, por lo menos desde la floración y durante la formación de frutos.

La Universidad Nacional Agraria La Molina (1995), menciona que la FAO prepara una solución concentrada, denominada solución stock o madre, contiene más de un nutriente pero en cantidades altas, de estos se toman pequeños volúmenes para preparar la solución nutritiva. Los fertilizantes son preparados en dos frascos, los que son llamados solución concentrada "A" y "B", y son las siguientes:

Solución Concentra A: (para 5 l de agua)

- Nitrato de potasio 13.5 % N; 45 % K ₂ O	550 g
- Nitrato de amonio 33 % N	350 g
- Superfosfato triple de calcio 45 % P ₂ O; 20 % CaO	180 g

Solución concentrada B: (para 2 l de agua)

- Sulfato de magnesio 16 % MgO	220 g
- Quelato de hierro 6 % Fe	17 g
- Solución de micronutrientes	400 ml

Solución de micronutrientes: (para 1 l de agua destilada)

- 5.0 g de Sulfato de magnesio ($Mn SO_4 + 4HO$)
- 3.0 g de ácido bórico (H_3BO_3)
- 1.7 g de sulfato de zinc ($Zn SO_4 + 7H_2O$)
- 1.0 g de sulfato de cobre ($Cu SO + 5H_2O$)
- 0.2 g de molibdato de amonio ($NH_4Mo_7O_2$)

Rioja (2004), indica que la concentración de nutrientes minerales en mg por litro (ppm) de solución nutritiva. Las concentraciones de calcio, magnesio y azufre deberían ser ligeramente mayores porque no se considera lo que aporta el agua; para saber la concentración final de cada elemento, se debe tener en cuenta el análisis de agua. Pero es conveniente subir el magnesio ya que el cultivo de tomate es sensible a la falta de magnesio.

Menciona además que durante la floración, se debe mantener la concentración de potasio a 240 ppm, y subir ligeramente durante la fructificación (320 - 350 ppm). La propuesta de fertilización para cada etapa sería la siguiente:

Cuadro 3. Soluciones en diferentes etapas de crecimiento del tomate

SOLUCIONES	CRECIMIENTO	FLORACIÓN	FRUCTIFICACIÓN
Solución A (100 ℓ)			
Nitrato de Potasio	8.0 kg	8.0 kg	8.0 kg
Nitrato de Amonio	1.8 kg	1.0 kg	1.0 kg
Fosfato Monopotásico	2.7 kg	4.0 kg	2.7 kg
Solución B (40 ℓ)			
Sulfato de Potasio	2.5 kg	2.5 kg	6.0 kg
Sulfato de Mg	7.5 kg	7.5 kg	7.5 kg
Quelato 6.5 % Fe	385 ml	385 ml	385 ml
Solución Micronutrientes	8.0 ℓ	8.0 ℓ	8.0 ℓ
Solución C (100 ℓ)			
Nitrato de Calcio	13.0 kg	13.0 kg	13.0 kg

Fuente: Rioja (2004)

Padilla (2004), menciona que las plantas de tomate cuando están en pleno crecimiento y desarrollo, se debe ajustar la fórmula para sostener el crecimiento, la floración y fructificación a la vez. Para un volumen de 1,000 litros de solución nutritiva, además de la fórmula que se está empleando, se debe aumentar nitrato de amonio de 350 g a 530 g, el sulfato de potasio de 120 g a 240 g y fosfato monopotásico, de 66.5 g a 133 g. También menciona que cada planta requiere entre 1.5 a 2.0 litros de agua o solución nutritiva por día.

Lobo (2004), indica que según las cantidades de fertilizantes que se emplea para preparar las soluciones concentradas A y B y, con ellas la solución nutritiva para tomate, la concentración obtenida en ppm (mg/ℓ), es la siguiente:

Cuadro 4. Cantidad en ppm (ml/l) de diferentes elementos requeridos para las soluciones

ELEMENTO	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Zn	Cu	Mo
ppm (ml/l)	239	56.5	302	196	39.5	42.8	2.2	1.0	0.1	0.2	0.84	0.09

Fuente: Lobo (2004)

4.7 Ventajas de la hidroponía:

El cultivo sin suelo favorece el desarrollo del cultivo ya que se obtiene una óptima relación aire-agua en el sistema radicular, la nutrición está mucho más controlada, los sustratos inertes se encuentran libres de plagas y enfermedades. Con la producción sin suelo se obtienen hortalizas de excelente calidad y se asegura un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada producción por planta, lográndose mayores cosechas por año www.nuevaalejandría.com (2005).

Además de los fines comerciales que ofrece la hidroponía, puede ser muy bien aplicada con fines sociales, con tecnologías más sencillas en las ciudades latinoamericanas, como una manera de favorecer el autoconsumo de hortalizas y generar empleo a nivel familiar, comunal o micro empresarial. Contribuyendo de esta manera, a mejorar la alimentación y la economía de la población menos favorecida www.nuevaalejandría.com (2005).

Hoyos *et al.* (2004), mencionan las siguientes ventajas:

- Permite aprovechar suelos o terrenos no adecuados para la agricultura tradicional.
- Mayor rendimiento por planta y mayor número de plantas por área de cultivo.
- Crecimiento más rápido y vigoroso de las plantas.
- Menor consumo de agua y fertilizantes.
- Se obtiene un cultivo más sano e higiénico, por lo tanto son buenos para la salud.

- Permite programar las diferentes etapas del cultivo (siembra, transplante y cosecha).
- Permite aprovechar los espacios disponibles en zonas urbanas (azoteas, patios y cornisas).
- No contamina el medio ambiente.

4.8 Contenedores o recipientes hidropónicos

Hoyos (2004), indica que un contenedor es cualquier recipiente que puede servir para cultivar plantas en un sistema hidropónico. Donde éste permite contener el sistema radicular de las plantas, sea un medio sólido o líquido. Además debe tener las siguientes características: ser impermeable al agua, ser resistente al peso que soportará, ser de bajo costo, tener un tamaño apropiado para cultivar plantas, y tener drenaje.

Zap (1991), afirma que existe una gran cantidad de formas de contenedores, y los que han demostrado tener importancia dentro de la hidroponía popular bajo un sistema de riego abierto son los siguientes:

4.8.1 Recipientes planos

Denominados comúnmente bancadas o camas de siembra, son bancadas horizontales con drenaje múltiple, constituyéndose los contenedores más importantes en las granjas hidropónicas domésticas. Su profundidad está regulado por la cantidad de sustrato necesario para suministrar a la planta, suficiente agua y nutrientes para un día. Las dimensiones (largo y ancho) de los contenedores pueden ser muy variables, pero su profundidad en cambio no debe ser mayor de 10-12 cm, dado que no es necesario un espacio mayor para el desarrollo de las raíces de las plantas. Dimensiones superiores a éstas implican mayores costos en materiales (madera, plástico, sustrato) y mayores dificultades y riesgos en el manejo. Las

dimensiones mínimas son muy variables, pues dependen de la disponibilidad de espacio.

4.8.2 Recipientes longitudinales horizontales

Denominados generalmente canales, son las camas de siembra más baratas que existen, están constituidos por una película plástica, sostenidos por alambres en sus bordes, el drenaje está constituido en la parte más baja. Los canales o mangas horizontales se pueden ubicar sobre el terreno (en la base de las paredes) o colgadas sobre las paredes, a varias alturas. Se utiliza plástico negro de calibre 0,15 o 0,20 de 50 o 60 cm de diámetro que se compra en forma de manga con esas dimensiones.

4.8.3 Recipientes longitudinales verticales

Denominados recipientes en columna, la siembra en superficies verticales, permite captar en forma directa el 50 % de la radiación por cada una de sus caras y es factible multiplicar la superficie de siembra sobre un área horizontal. Las mangas verticales (tubos de nylon) ya vienen fabricadas en diferentes anchos y calibres. De preferencia, se debe usar el de color negro, calibre 0.20 y ancho de 20 centímetros, dado que debe soportar el peso del sustrato. Estas mangas se compran por kilos, libras o metros, ya listas para hacerle las perforaciones donde irán las plantas.

4.8.4 Recipientes individuales

Es una de las formas más simples de practicar la hidroponía, la planta es sembrada en planteras individuales. Existen múltiples tipos de contenedores que se pueden usar para hacer un huerto hidropónico, que de acuerdo a las posibilidades económicas, espacio disponible y proyecciones puedan ser más o menos complejos, permitiendo aprovechar productivamente espacios más grandes.

4.9 Fertirrigación

Martínez (1998), menciona que la fertirrigación o Fertigación, es el proceso mediante el cual los fertilizantes o elementos nutritivos que necesita una planta son aplicados junto con el agua de riego.

Froiland (1999), indica que es la aplicación conjunta de agua y nutrientes preparados en formas y proporciones adecuadas, a través del sistema de riego.

4.9.1 Ventajas de la fertirrigación

Entre las ventajas que presenta la aplicación de fertilizantes a los cultivos según Martínez (1998) por medio de un sistema de riego, son las siguientes:

- **Mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes.-** Existe una mejor distribución y uniformidad, mejor penetración en el suelo y menores pérdidas por volatilización debido a que penetra en el suelo disuelto en el agua de riego.
- **Adaptación del programa de fertilización a diferentes etapas de desarrollo del cultivo.-** La aplicación de fertilizantes pueden hacerse al ritmo que el cultivo lo necesita en las fases de crecimiento vegetativo, floración, cuajado y poscosecha
- **Uso de suelos marginales.-** Suelos pedregosos o muy arenosos que se caracterizan por una baja fertilidad natural, pueden ser cultivados sin problema y obtenerse de ellos altas producciones.
- **Ahorro de trabajo y comodidad.-** Se requiere menor mano de obra en la aplicación de fertilizantes y la aplicación es independiente de la hora y del día.

- **Reducción de la compactación del suelo.-** No se utiliza maquinaria agrícola, por lo tanto se reduce la compactación que el exceso de tráfico provoca al suelo.

4.9.2 Desventajas e inconvenientes

Martínez (1998), indica que la mayoría de los inconvenientes asociados a la fertirrigación no se deben al método en sí, sino más bien a un manejo incorrecto o al desconocimiento que existe acerca de los aspectos de la nutrición de las plantas, entre éstos están: las obturaciones, causadas por incompatibilidad de los distintos fertilizantes entre sí o con el agua de riego o bien debido a una dilución insuficiente. La dosificación, ya que un exceso de productos químicos puede inducir toxicidad afectando los futuros rendimientos.

4.9.3 Sistemas de riego aptos para la fertirrigación

Desde el punto de vista del abastecimiento de agua a las plantas, todos los métodos de riego son buenos si el agua es aplicada en el volumen y la frecuencia que las plantas requieren. La diferencia fundamental entre los diversos métodos de riego es su eficiencia. Los métodos de riego gravitacionales son menos eficientes, de 100 ℓ alrededor de 40 a 50 ℓ son efectivamente utilizados por la planta, el resto se pierde por escurrimiento superficial y/o percolación profunda. Por el contrario, los métodos de riego presurizados son más eficientes y se aprovecha casi la totalidad del agua aplicada. Los fertilizantes tienen un costo importante, es por este motivo que la fertirrigación sólo se practica comercialmente en métodos de riego presurizados en donde existe la seguridad de aprovechar al máximo todo el insumo (Martínez, 1998).

Menciona además, que el riego localizado, ya sea goteo, cinta, micro-aspersión o micro-jet brinda la oportunidad óptima para la aplicación de fertilizantes y agroquímicos a través del sistema de riego. Las raíces se desarrollan intensivamente en un volumen reducido de suelo, en donde el agua y los nutrientes se encuentran fácilmente aprovechables. Este es el mejor escenario que puede

tener el cultivo para expresar todo su potencial, lo que más tarde se traducirá en altas producciones, ya sea por planta individual, así como en todo el predio.

4.10 Riego por goteo

Forero (2002), menciona que el riego por goteo es una de las modalidades de riego más eficientes y efectivas, consiste en aplicar la cantidad de agua que la planta necesita para su desarrollo en forma precisa, lenta y continuada, gota por gota. El riego debe realizarse superficialmente o por debajo de la superficie mediante un sistema de conducciones, generalmente mangueras, sobre las que se instalan unos emisores; los goteros, que dejan salir pequeñas y uniformes cantidades de agua.

Cuadro 5. Eficiencia de los métodos de riego

Tipo	Método de riego	Eficiencia (%)
Gravitacional	Tendido	30
	Surcos	45
	Bordes	50
	Tazas	65
	Surcos en contorno	65
Presurizado	Aspersión	75
	Micro-aspersión	85
	Goteo	90
	Cinta	90

Fuente: Martínez (1998)

4.10.1 Ventajas del riego por goteo

Medina *et al.* (1988), mencionan que las principales ventajas del riego por goteo son:

- Ahorro de agua, mano de obra, abonos y productos fitosanitarios.
- Permite realizar simultáneamente el riego y otras labores culturales.

- Aumento de producción, adelantamiento de cosechas y mejor calidad de los frutos.
- No se requiere que el terreno esté nivelado lo que representa siempre un gasto inicial y una alteración inmediata de la fertilidad del suelo que tarda en recuperarse.
- Disminución del ataque de malas hierbas, debido a la extensa zona del predio.
- Posibilidad de fertilizar simultáneamente con el riego, aumentando la eficiencia de la localización y dosis de los abonos.
- Riego continuo al cultivo durante un tiempo prolongado sin que esto traiga problemas de asfixia radicular.
- Reduce el problema de salinidad de las plantas por traslocar las sales fuera del volumen actual por el sistema radicular.

Forero (2002), afirma también que entre las ventajas de esta tecnología apropiada se encuentran:

- Ahorro en las cantidades de agua, ya que el agua se aplica directamente en la zona radicular de la planta.
- Es posible utilizarlo en zonas donde la topografía no permite el uso de sistemas de riego.
- Se puede utilizar para suministrar los fertilizantes que el cultivo necesita.
- Puede aplicarse a todos los cultivos, incluso a los que tienen alta densidad por unidad de superficie, debido a que suministra agua de manera uniforme y constante.
- Los cultivos bajo riego por goteo presentan una menor incidencia de malezas, por utilizar pequeñas cantidades de agua y de forma localizada.
- Al no mojarse el follaje se disminuye la posibilidad de ataque de algunas enfermedades.
- El agua y los nutrientes son elementos indispensables para hacer agricultura; con el riego por goteo es posible cultivar en cualquier tipo de suelo o clima.
- Ahorro de mano de obra en las labores de cultivo.

4.10.2 Desventajas del riego por goteo

Forero (2002), menciona que algunas desventajas del riego por goteo son:

- El costo inicial de la instalación (tuberías, filtros, tanques, bombas, emisores, registros, etc.) es elevado.
- Es necesario un buen diseño para distribuir uniformemente el agua.
- Requiere un buen sistema de filtrado eficiente para eliminar sedimentos y materiales que obstruyan tuberías y emisores.

4.10.3 Tipos de riego por goteo

Medina *et al.* (1988), mencionan dos tipos de riego por goteo, éstos son: riego por goteo subterráneo y riego por goteo superficial.

4.10.4 Componentes del sistema de riego

Forero (2002), indica que para la conexión general del sistema y su buen funcionamiento se requieren de electos accesorios como: uniones, codos, tes, registros de corte, conectores de tuberías a mangueras, adaptadores de diámetro, abrazaderas, tapones finales, pegantes, selladores, empaques, etc.

Los componentes del sistema de riego localizado varían según las peculiaridades de cada tipo, sin embargo básicamente son similares. Un sistema de riego localizado está compuesto de:

- **Unidad de bombeo:** La capacidad de bombeo es la combinación del caudal y la presión necesaria que se debe obtener en un equipo de bombeo para abastecer en forma satisfactoria toda la red de riego. En el riego localizado se puede emplear cualquier tipo de bomba pero lo mas frecuente es utilizar bombas centrífugas.

- **Línea de tubería:** Las tuberías empleadas normalmente en el riego localizado son PE (polietileno) y PVC (Policloruro de vinilo). Normalmente para las líneas laterales se emplean tubos de polietileno.

- **Emisores:** En los sistemas de riego localizado, los emisores son los elementos más importantes. Un aspecto vital en su construcción es que deben dar caudales bajos para presiones relativamente altas.

- **Cabezal de control:** Toda instalación de riego localizado lleva al menos una unidad de control o cabezal. El cabezal de control debe filtrar el agua, adicionar las cantidades adecuadas de fertilizante y ajustar las presiones de tal forma de liberar agua limpia, con la presión apropiada y en el caudal determinado para el sistema. El cabezal de control incluye los siguientes elementos: Válvulas, manómetros, filtros, tanques de fertilizantes y un sistema de control de operación (Chipana, 1996).

Medina *et al.* (1988), afirman que el cabezal de control es el corazón del sistema y cumple con las siguientes actividades: filtración primaria, secundaria, regulación de presión, fertilización, medición de presión, descarga del aire, retención del flujo, dosificación, registro acumulativo del consumo y cierre del paso.

4.10.4.1 Sistema inyector de fertilizantes

- Fertilización

Medina *et al.*, (1988), sostienen que la fertilización es mezclar los nutrientes con el agua de riego.

- Métodos de fertilización

De acuerdo a Medina *et al.*, (1988), entre los métodos más conocidos están: Tanque fertilizador, ventura y bomba de inyección.

- Sistema de filtración

Medina *et al.*, (1988), indican que el sistema de filtración constituye una operación importante del cabezal de control, este sistema debe ser eficiente para el perfecto funcionamiento de todo el sistema de irrigación por goteo.

Forero (2002), respecto a esto dice que por lo general el agua se filtra mediante filtros de malla plástica y metálica o por medio de filtros de discos con pequeñas ranuras que retienen las partículas sólidas. Para grandes cantidades de agua se utilizan recipientes con arena, grava y otros materiales filtrantes.

- Necesidad de filtrado

Medina *et al.*, (1988), sostienen también que la necesidad de filtrado se establece como una forma preventiva ante problemas de obstrucción del sistema de riego, ya que las aguas consideradas de buena calidad para consumo humano acarrean elementos orgánicos e inorgánicos que conducirían a un eventual taponamiento de los goteros que son los puntos más sensibles.

- Dispositivos de control

Según Medina *et al.*, (1988) indican, es el conjunto de elementos que permite regular el funcionamiento de la instalación y contribuye por lo tanto a obtener el máximo rendimiento de las mismas. Comprende por lo tanto reguladores de caudal, válvulas métricas de caudal, regulador de presión y medidor de presión.

4.10.4.2 Líneas de goteos

Forero (2002), indica que las líneas de goteo están conformadas por las mangueras y los goteros en el caso de las líneas tradicionales, o por las cintas de goteo. También menciona que una cinta de goteo está constituida por una manguera de polietileno de menor peso y rigidez que la manguera tradicional sobre la cual vienen perforados orificios muy precisos en diámetro y ubicación a través de la cual sale el agua a gotas y requiere un mayor cuidado en su manejo por el agricultor.

Por su parte Medina *et al.*, (1988), explican que es una estructura mecánica idealizada para disipar la presión de agua en las tuberías laterales de modo a permitir un caudal pequeño de algunos litros por hora. Por tanto, el gotero es la pieza principal de este método de riego y debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Proporcionar un caudal relativamente bajo, constante y uniforme.
- Presentar un orificio de salida de flujo relativamente grande.

Caudal y presión de los goteros

Medina *et al.*, (1988), sostienen que el caudal de los goteros puede fallar desde 0.5 a 10 l/h a una presión de servicio variando en torno de 10 m.c.a.

Orificio de gotero

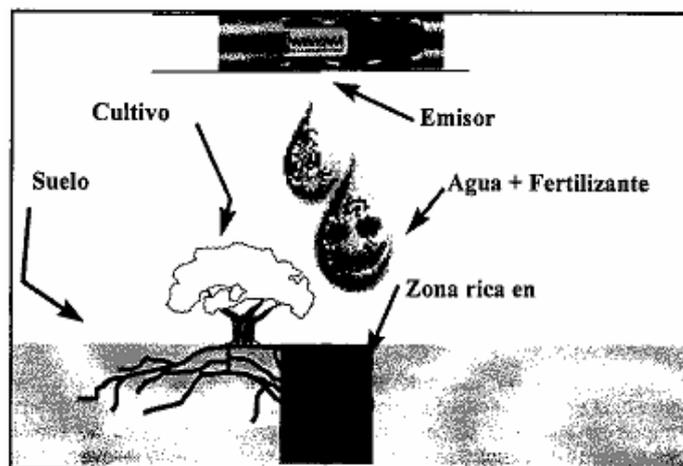
Medina *et al.*, (1988), aseveran que el orificio del flujo de gotero es generalmente reducido variando de 0.3 a 1.0 mm, su confección deberá ser bastante exacta y uniforme, puesto que pequeñas variaciones pueden causar grandes diferencias en el caudal

4.10.4.3 Clasificación de goteros

Medina *et al.*, (1988), comentan que la gran variedad de goteros da la siguiente clasificación:

- Por el régimen hidráulico de funcionamiento.
- Por la forma que tiene lugar la pérdida de carga.
- Goteros con orificios de salida
- Goteros con cámara de vértice
- Por la forma de conexión de los goteros en la tubería (gotero lateral integral e insertado).

Figura 2. Esquema de la fertirrigación en el riego localizado



Fuente: Martínez (1998)

5 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

5.1 Invernadero

El ensayo se llevó en un ambiente atemperado, donde el invernadero es de tipo batería, cubierta con agofilm, incluyendo las paredes laterales y frontales, con una ventana lateral similar al largo total. Este invernadero tiene 12 m de largo por 6 m de ancho, con una superficie total de 144 m². (Anexo 11)

La ventilación en un invernadero para los cultivos hidropónicos es muy importante, especialmente los instalados en lugares cerrados, donde debe haber una buena circulación de aire fresco. En lugares abiertos debe protegerse a los cultivos de vientos fuertes pues afecta la polinización de las flores secándolas. Sin embargo, los vientos moderados suelen favorecer la circulación de la savia, facilitan la fecundación transportando el polen y renuevan el aire en el medio ambiente de la planta nuevaalejandria.com (2005).

Muchos invernaderos comerciales cultivan tomate por 10 a 11 meses antes de reemplazarlos. Ya que el tomate es una planta semiperenne, los productores pueden explotar esta característica y el crecimiento del cultivo por muchos meses, proporcionando mejor rendimiento durante todo el año (Morgan, 2004).

5.1.1 Temperatura del invernadero

La variación de temperatura en el interior del invernadero durante diferentes horas del día de los meses que duró el ensayo (Noviembre de 2005 – Abril de 2006), se observó que la temperatura en horas de la mañana subía progresivamente de 14 °C a 36 °C, pudiéndose controlar esta temperatura abriendo las ventanas laterales, llegando así a una temperatura promedio de 28 °C. Ya por la tarde la temperatura llegaba a mantenerse de 36 °C a 25 °C. Teniendo así en todo el transcurso que duró el ensayo una temperatura mínima de 14 °C y máxima 36 °C.

5.2 Material vegetal

Existen muchas variedades y cada poco tiempo salen nuevas al mercado. Las variedades comerciales son híbridos F1, más productivas, homogéneas que incorporan resistencia a enfermedades, pero no son adecuadas para dejar semillas para el año siguiente.

5.2.1 Tomates híbridos

Los tomates híbridos son los resultantes de programas de hibridación. Todos los tipos de tomate tienen un buen potencial para crecer y producir en cultivos hidropónicos. Un híbrido F1 resulta de un cruce de dos líneas parentales no mejoradas y da como resultado un cultivar con genes uniformes y estables, esto significa que todas las plantas de un cultivo serán genéticamente iguales. Pues se desarrollan para proporcionar las mejores características de cada variedad, por el tamaño del fruto, el rendimiento por cosecha y su resistencia a las enfermedades (Lowes, 2002).

En este ensayo se usaron dos variedades de tomates híbridos, los cuales son los siguientes:

Variedad Híbrido TM 959

Híbrido de larga vida producido en la ciudad de Hamilton, en el occidente de Canadá, variedad de crecimiento indeterminado, tiene resistencia principalmente al virus Mosaico del Tabaco V.M.T, Stemphylium, Verticillium, Alternariosis, Cladosporium A, B, C, D, E, Fusarium raza 1 y 2. Se caracteriza por ser una variedad de frutos largos y redondos, con un peso de 160 g. (Anexo 10)

Variedad Híbrido TM 962

Híbrido producido en la ciudad de Hamilton, en el occidente de Canadá, variedad de crecimiento indeterminado, tiene resistencia principalmente al virus Mosaico del Tabaco V.M.T, Stemphylium, Verticillium, Alternariosis, Cladosporium A, B, C, D, E, Fusarium raza 1 y 2 y Nemátodos. Se caracteriza por tener frutos largos y redondos, con 180 g. de peso. (Anexo 10)

5.3 Contenedores o bandejas hidropónicas

Un contenedor hidropónico permite contener el sistema radicular de las plantas, esta puede ser con un sustrato sólido o un medio líquido.

En el ensayo se utilizaron 4 bandejas construidas de polietileno de color negro de 5.80 m de largo, 0.20 m de ancho, y 0.12 m de profundidad, ocupando internamente un volumen de 0.14 m³, sujetadas en el piso por estacas, cada 1.5 m, formando un bateón (figura 3).

Para la preparación de las bandejas hidropónicas se siguieron los siguientes pasos:

- 1° Se delimitó el área del ensayo y de cada una de las bandejas; posteriormente se niveló el terreno. (Ver anexo 5)
- 2° Se colocaron estacas para cada una de las bandejas a una distancia de 1.50 m a lo largo y 0.20 m a lo ancho.
- 3° Se colocaron alambres nº 10 en todo el perímetro de cada bandeja.
- 4° Se colocó nylon negro, formándose así cada una de las bandejas, con una altura de 0.12 m del suelo. (Ver Anexo 5)

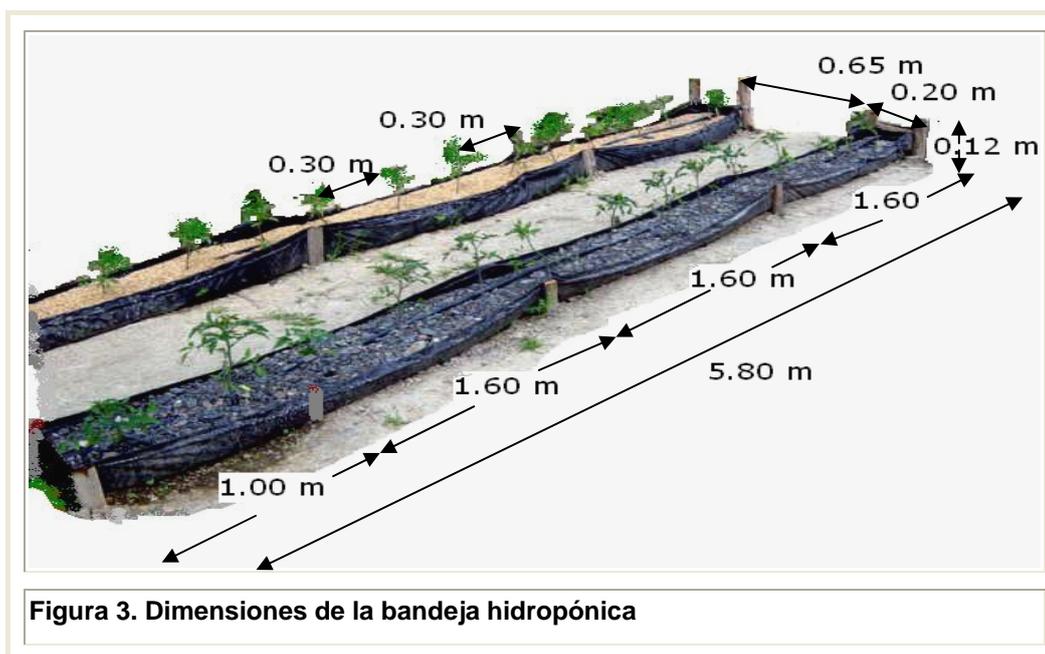


Figura 3. Dimensiones de la bandeja hidropónica

5.4 Sustrato

En semi hidroponía, un sustrato es todo material que puede sustituir al suelo (tierra) y además proporcionar a la planta un medio adecuado para su crecimiento y desarrollo, manteniendo las características de la solución nutritiva utilizada y la adecuada nutrición de la planta.

El sustrato utilizado en el ensayo fue el siguiente:

5.4.1 Arena común

La arena común, material local de la zona, recomendado por Food and Agriculture Organization - FAO, (1990); Universidad Nacional Agraria La Molina, (2004), fue colocada en cada una de las bandejas hidropónicas, previamente lavada y desinfectada, estando ésta conformada por 75 % de arena y 25 % de cascajo. La cantidad de arena utilizada para cada bandeja hidropónica fue de 2 ½ carretillas. Haciendo un total de 10 carretillas de arena para el ensayo. (Ver Anexo 6)

5.4.2 Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz fue colocada superficialmente, con el propósito únicamente, de conservar la humedad de la arena y así evitar la pronta evaporación del agua en las bandejas hidropónicas. En total se utilizó 1 carretilla de cascarilla de arroz para las 4 bandejas hidropónicas. (Ver Anexo 6)

5.5 Temperatura del sustrato

La temperatura del sustrato en este ensayo fue de 24 °C durante las horas del día, en el período de la noche la temperatura descendía a 15 °C.

5.6 Armado del sistema de riego

Para el armado del riego de cada una de las bandejas hidropónicas se siguieron los siguientes pasos:

5.6.1 Instalación de líneas de distribución

En este ensayo se empleó una línea de distribución, con cuatro ramales de 6 m de longitud cada uno. La primaria fue de material PVC de $\frac{3}{4}$ " de longitud 3.50 m. desde la llave de paso tipo globo. La conexión se realizó con gotero botón, para los goteros integrales compact de 16 mm de diámetro con una separación entre goteros de 30 cm. El agua fue impulsada hacia los emisores por diferencia de alturas.

5.7 Fertirrigación

La fertirrigación es la aplicación conjunta de agua y nutrientes preparados en formas y proporciones adecuadas a través del sistema de riego.

La preparación de la solución nutritiva se hizo en un tanque Duralit de 1000 ℓ de capacidad, a cuya preparación se añadió la misma, en función a la cantidad requerida por las plantas en las bandejas hidropónicas.

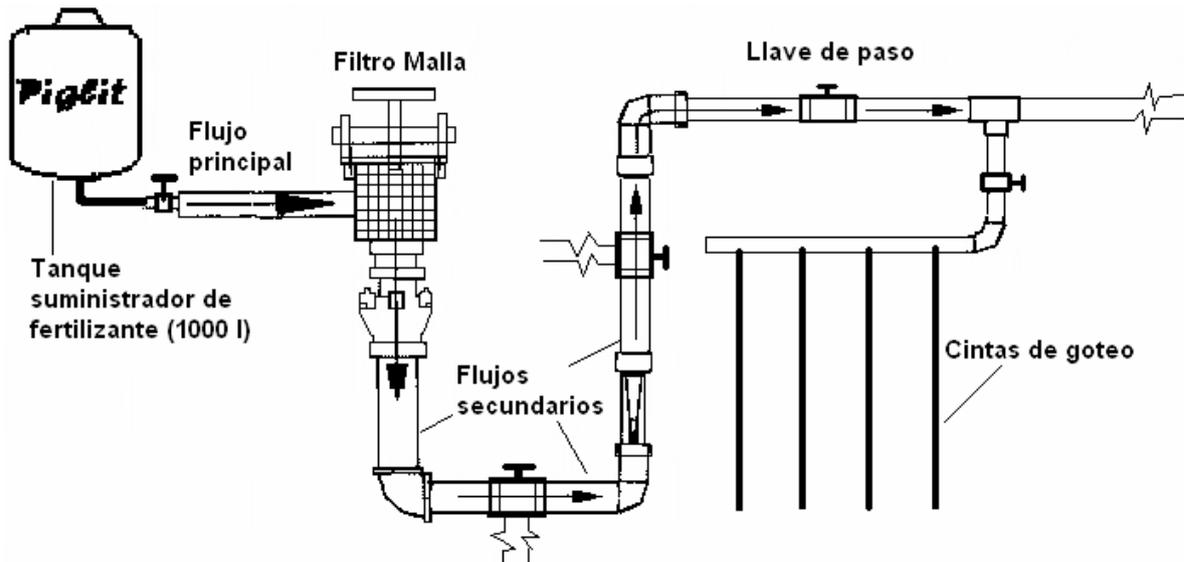


Figura 4. Sistema de filtrado e inyección de fertilizantes

5.7.1 Preparación de soluciones nutritivas

Una vez determinado el tipo de fertilizante y la cantidad a emplear, se preparó la solución "A" (macro nutrientes) y solución "B" (micro nutrientes). El volumen de agua que se utilizó en el ensayo fue de 1000 ℓ. (Ver anexo 11)

Para la preparación de la solución se siguieron los siguientes pasos:

- 1° Se llenó el tanque de 1000 ℓ únicamente hasta la mitad, es decir, hasta 500 ℓ.
- 2° Una vez ya preparadas ambas soluciones, se prosiguió a introducirlas al tanque de agua.
- 3° Se agitó vigorosamente hasta que todo el producto se encuentre disuelto.
- 4° Se agregó agua hasta completar el volumen requerido de 1000 ℓ y se agitó nuevamente, para una mejor disolución y conseguir así, un buen grado de homogeneidad de la solución.
- 5° Se prosiguió a introducir mediante el sistema de riego a cada una de las bandejas hidropónicas del ensayo.

5.7.2 Fertilizantes o sales minerales en hidroponía

Los elementos nutritivos que requiere la planta en un cultivo hidropónico son suministrados mediante la adición de sales minerales (solubles en agua) cuyas características pueden ser alteradas por factores del medio.

La siguiente formulación de nutrientes (Cuadro 7) y la cantidad de macronutrientes (Cuadro 6) requeridos para el cultivo de tomate hidropónico para el presente ensayo, se elaboraron en base a recopilaciones de distintas formulaciones creadas por entidades de investigación, de diferentes países. Para posteriormente ambientarlo a nuestro cultivo y nuestro medio.

A continuación se muestra las características de sales minerales utilizadas en el ensayo:

Cuadro 6. Cantidad de macronutrientes necesarios para el tomate

Estado	N (%)	P (%)	K (%)
Crecimiento	200	40	200
Floración	170	50	250
Fructificación	200	55	350

Cuadro 7. Formulación de nutrientes necesarios para 1000 ℓ

Sol. "A"	Fertilizantes	Crecimiento (g)	Floración (g)	Fructificación (g)
	Nitrato de Potasio	455	571	829
	Nitrato de Amonio	301	149	130
	Nitrato de Calcio	135	135	135
	9 - 45 -15	204	256	281
Sol. "B"	Sulfato de Magnesio	220	220	280
	Quelato de Hierro (6%)	8.5	8.5	30
	Ácido Bórico	1.2	1.2	1.2
	Fetrilón Combi	12	12	12

La frecuencia de riego para el cultivo en el ensayo fue de 5 a 6 veces por semana, ya que el cultivo fue establecido en los meses de primavera-verano, con un caudal de 1.2 ℓ por planta, en un tiempo de riego de 1 h.

En cuanto a la nutrición, como muestra el cuadro 2, cabe destacar que en la etapa inicial (Etapa de crecimiento) la aplicación de N fue de 200 ppm para un mejor establecimiento del cultivo. En la etapa de floración se redujo la cantidad de N, aumentando la cantidad de P en 50 ppm, ya que el fósforo juega un papel importante en las etapas de crecimiento y floración, siendo éste, determinante sobre la formación de raíces y sobre el tamaño de las flores. En la etapa de fructificación se incrementó el K a 350 ppm, ya que en el cultivo del tomate el papel del potasio en la maduración del fruto es esencial, suministrándose en forma de nitrato de potasio, o mediante quelatos.

Entre los micro elementos de mayor importancia en la nutrición del tomate como muestra el cuadro 1 está el hierro, que juega un papel primordial en la coloración de los frutos, es por eso, que éste se aumentó de 8.5 g. a 30 g. en la etapa de fructificación.

5.7.3 Solución de nutrientes

5.7.3.1 Agua de riego

El agua, siendo la sustancia esencial para la vida vegetal y un disolvente por excelencia, en este ensayo, se utilizó agua potable para la preparación de las soluciones nutritivas, de característica limpia, por lo que se utilizaron dos filtros malla para retirar algunas partículas que pudieran existir. El agua fue almacenada en un tanque de 1000 ℓ de capacidad., ubicada a 85.25 m del ensayo.

5.7.3.2 El pH de la solución de nutrientes

El pH ideal aceptable para el cultivo de tomate es de 5.5 a 6.8 (Hoyos *et al*, 2004). La lectura de pH en la solución de nutrientes del ensayo se realizó con un pHmetro (Oakton pH 5 Acorn series pH/°C Meter), que dio una lectura de 6.3 a 18 °C, el cual es un rango aceptable. (Anexo 9)

5.7.3.3 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica ideal aceptable para el cultivo de tomate es de 2 ds/m como rango máximo (Hoyos *et al*, 2004). El agua como solución preparada, la cual se proporcionó a las plantas de tomate en el ensayo, fue de 1.7 ds/m a una temperatura del agua de 24 °C. La lectura se realizó con un conductivímetro (Oakton TDS/Conductivity/°C Meter con 10 series). (Anexo 9)

La lectura de conductividad eléctrica de la solución una vez consumida por las plantas fue de 0.2 ds/m a una temperatura de 18 °C. Lo cual indica que las plantas consumieron las sales requeridas durante su desarrollo.

5.8 Manejo del cultivo

5.8.1 Semillero con sustrato o almácigo

Los plantines de tomate antes de ser transplantados a las bandejas semi hidropónicas fueron primeramente aclimatados en un ambiente controlado. El almácigo que contenía cada plantín tenía como sustrato: vermiculita y turba.

5.8.2 Transplante de las plántulas a las bandejas hidropónicas

Cada plantín de tomate fue transplantado a cada una de las bandejas semi hidropónicas, cuando alcanzaron una altura de 20 cm. Cada una fue transplantada a una distancia de 0.30 m, teniendo 19 plantas por bandeja, con un total de 76 plantas en las 4 bandejas hidropónicas. (Ver Anexo 7)

5.8.3 Labores de cultivo hidropónico

5.8.3.1 Marcos de plantación

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez depende de la variedad comercial cultivada. La distancia entre bandejas fue de 0.65 m. cada una. Siendo la distancia entre una planta de una bandeja con otra planta de otra bandeja, de 1.00 m y la altura de la bandeja de 0.12 m

5.8.3.2 Tutorado

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales; ya que todo esto, repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

El tutoraje o la sujeción de las plantas fue hecha con hilo de cola de rata, sujetas de un extremo a la zona basal de la planta y de otro, a un alambre situado a una altura de 2.5 m. del suelo, por encima de la planta con la utilización de un mecanismo de sujeción denominado “holandés” o “de perchas”, que consiste en colocar las perchas con el hilo enrollado alrededor de ellas para ir dejándolo caer conforme la planta va creciendo. A medida que fue creciendo la planta, se fue sujetando al hilo tutor, hasta que la planta alcance el alambre.

El tutoraje de las plantas se realizó de la siguiente manera:

1° Se construyeron las perchas de alambre galvanizado N° 10 para cada una de las plantas. (Ver anexo 7)

2° Con el hilo se hizo un nudo a la altura de las primeras hojas de las plantas; posteriormente se fueron envolviendo a cada una en el sentido de las manecillas del reloj. (Ver anexo 8)

3° Se envolvió el hilo a las perchas; posteriormente se suspendieron las plantas y se engancharon los clips a un alambre previamente instalado a una altura de 2.50 m. (Ver anexo 8)

4° Finalmente se sujetaron cada una de las plantas al tutoraje ya construido.



Figura 5. Tutoraje de las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962

5.8.3.3 Poda de formación

La poda de formación es una práctica imprescindible para las variedades de crecimiento indeterminado. Esta se realizó a la aparición de los primeros tallos laterales, que fueron eliminados, al igual que las hojas más viejas; mejorando así la aireación del cuello. Así mismo se determinó el número de brazos (tallos) a dejar por planta, por lo que se dejó desarrollar a cada planta con un solo brazo; para evitar la competencia de los frutos por brazo.

5.8.3.4. Destallado

El destallado consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Esta práctica se realizó manualmente con la mayor frecuencia posible (semanalmente) para evitar la pérdida de biomasa fotosintéticamente activa y la realización de heridas.

5.8.3.5 Deshojado

Es recomendable tanto en las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la fuente de inóculo.

El deshojado de las plantas se realizó cada 2 semanas* permaneciendo así cada planta con 20 a 25 hojas nuevas.

* De esta forma la planta siempre se desarrolla hacia arriba, recibiendo el máximo de luminosidad, por lo que incide en una mejora de la calidad del fruto y un incremento de la producción. Este sistema está empezando a introducirse, dejando que la planta crezca cayendo por propia gravedad.

5.8.3.6 Tratamientos fitosanitarios

En el ensayo se presentaron Minadores de hoja o "Submarino" (*Liriomyza trifolii*), en un 7.8% del total de las plantas.

Estos son dípteros, que en estado larval se esconden en las camas durante el día y se alimentan de las hojas y tallos durante la noche. Estos se presentan sobre todo en invernaderos. Las hembras realizan las puestas dentro del tejido de las hojas jóvenes, donde comienza a desarrollarse una larva que se alimenta del parénquima, dibujando unas galerías características. Su control es difícil por lo protegidas que están (infoagro. 2003).

Se controló con la eliminación de malas hierbas, trampas amarillas adhesivas y la aplicación de un insecticida sistémico "Actara 25 WG", a una dosis de 10 g/20 l.

5.8.3.7 Cosecha

La cosecha se realizó a partir del 4 de Marzo de 2006 cuando los frutos presentaban una coloración rojo pintón. La cosecha se realizó según la maduración de los frutos 2 veces por semana para su posterior toma de datos y comercialización.

5.9 Descripción de las Variables controladas

5.9.1 Altura de la planta

Se consideró la altura final de todas las plantas de las variedades TM 959 y TM 962, desde el nivel del sustrato hasta el ápice terminal de la planta; la medición se realizó cada 7 días.

5.9.2 Número de flores

Se hizo un conteo del número total de flores por racimo de todas las plantas de las variedades TM 959 y TM 962, la medición se realizó cada 7 días.

5.9.3 Número de frutos

Se realizó un conteo del número total de frutos por racimo de cada una de las plantas de las variedades TM 959 y TM 962, la medición se realizó 2 veces por semana, en cada cosecha.

5.9.4 Diámetro de los frutos

A partir de la primera cosecha del primer racimo al tercer racimo cosechado se hizo la respectiva medición del diámetro de frutos a las dos variedades TM 959 y TM 962 respectivamente, con el instrumento Vernier. Este procedimiento se realizó cada cosecha.

5.9.5 Peso de los frutos

Se hizo un pesaje individual de los frutos en la cosecha (madurez fisiológica), y se sacó un promedio por cada variedad, la medición se realizó cada cosecha. El pesaje se realizó con una balanza doméstica (Haushaltwaage) hasta 12 kg de medición.

5.9.6 Diámetro de tallo

Se consideró el diámetro final de todas las plantas de las variedades TM 959 y TM 962, esta medición se realizó a la altura de las rodillas.

5.9.7 Rendimiento

Posterior a la recolección o a la cosecha se pesaron todos los frutos en la madurez fisiológica, expresando el rendimiento en kg/planta y t/ha.

5.10 Análisis económico

El análisis de la relación beneficio costo del cultivo de dos variedades de tomates híbridos indeterminados, se realizó a través de cálculos, en cuanto a costos de producción y beneficios, teniendo en cuenta los costos parciales de producción, beneficios brutos y netos, sugerido por Perrín *et al.*, (1988), que propone una metodología sobre el presupuesto parcial, como herramienta útil para determinar las implicaciones económicas y bajo condicione de manejo ecológico, se calcularon a través de las siguientes fórmulas:

$$BB = R \text{ ajustado} * P$$

$$BN = BB - C$$

Donde:

R = Ajustado, es el rendimiento reducido en un 20 % en tn/ha, con la finalidad de estimar el que podría lograr el agricultor con estas variedades de tomates TM 956 y TM 962, ya que las condiciones de manejo, tamaño de bandeja hidropónica y época de cosecha no son los mismos a nivel experimental y de agricultor, siendo más precisos a nivel experimental.

P = es el precio del producto, considerando que en los mercados de la ciudad de La Paz, el precio fue de 3.5 Bs/kg ó 3500 Bs/tn para la época entre marzo y abril, con el tipo de cambio 1\$us = 8.06 Bs.

C = es el costo variable de producción en Bs/ha, considerando los costos de insumos mano de obra y herramientas.

BB = Es el beneficio bruto, resultado de la multiplicación del rendimiento ajustado con el precio del producto.

BN = es el beneficio neto, que resulta entre la diferencia entre el beneficio bruto y el costo variable de producción.

La relación Beneficio costo (B/C), se determinó a través de la fórmula:

$$B/C = BB/C$$

La relación de interpretación, fueron:

Cuando la relación B/C es menor a 1, significa que no existen beneficios, por lo tanto, el ensayo de cultivar de tomates híbridos indeterminados bajo condiciones hidropónicas no es rentable; si la relación B/C es igual a 1, los beneficios logrados solo compensan los costos de producción, por tanto, tampoco es rentable, y cuando la relación B/C es mayor a 1, los beneficios son mayores que los costos parciales de producción, por lo tanto el ensayo, es rentable (Mokate 1998).

5.10.1 Análisis estadístico

El procesamiento y análisis estadístico de los datos transformados fue con el paquete de Programación y análisis estadístico SPSS versión 11.5, para ver si existe o no diferencias significativas en el rendimiento de las variedades.

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El presente Trabajo Dirigido se inició en Noviembre de 2005 con la delimitación del area experimental, colocado de bandejas, alambres, cintas de goteo, desinfectado de arena y el transplante de plantines en el mes de Diciembre; los demás meses tubieron lugar al mantenimiento de las plantas con preparado de fertilizantes para las distintas etapas de crecimiento del tomate, realizándose también labores culturales como ser: riego, deshije, deshierbe y arreglo de tutores; finalizando el trabajo en Abril de 2006.

ACTIVIDADES	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Delimitación y preparado del terreno	X					
Colocado de postes y alambres	X					
Colocado de bandejas, arena y cintas de goteo	X					
Transplante		X				
Colocado de tutores		X				
Labores culturales		X	X	X	X	X
Cosecha					X	X
Comercialización					X	X
Análisis y evaluación de resultados						X
Documento Final						X

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se detallan los resultados de las características agronómicas y económicas del presente trabajo, realizadas en verano 2005 y 2006

7.1 Altura de planta

La altura de planta de las dos variedades de tomates híbridas indeterminados varía de acuerdo al análisis de la prueba de t Student como se muestra en el cuadro 8, en un período de crecimiento de 5 meses de Diciembre del 2005 a Abril de 2006.

De acuerdo al cuadro 8 de la prueba de t Student, con los datos de altura de planta; nos muestra diferencias estadísticas altamente significativas al 1 % de probabilidad, entre las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962. Según el grado de libertad GL de 23, el manejo y la obtención de datos fueron aceptables.

Cuadro 8. Prueba de t para la igualdad de medias de Altura de planta entre dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962

T	GL	Sig. (0.01)
4.65	23	0.000 **

Nivel de significancia = 1%

** Altamente significativo

En el gráfico 1 se observa que la variedad TM 959 tiene un mayor promedio de altura de planta con respecto a la variedad TM 962; siendo 153,34 cm. en relación a 132,72 cm. siendo además su variabilidad menor, teniendo una diferencia altamente significativa; tal como se puede observar en el cuadro 8, donde la probabilidad para la prueba de t Student es 0.000, menor a 0.01.

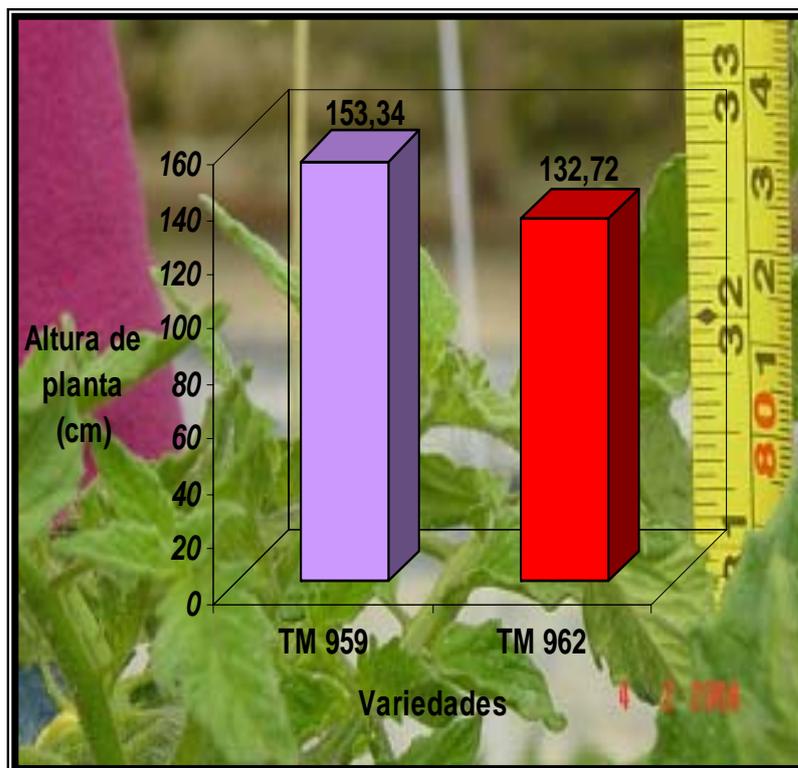


Gráfico 1. Altura de planta de dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo

Siendo mejor la de la variedad TM 959, que llegó a alcanzar una altura máxima de 1.71 m y 1.50 m de la variedad TM 962. Esta respuesta a la mayor altura de la variedad TM 959 introducida se puede atribuir a su característica varietal, ya que los caracteres como número de frutos por planta, peso, altura y diámetro del fruto, así como el número de racimos por planta, se atribuye a la heredabilidad, expresándose en un buen desarrollo en su crecimiento. Por otro lado, la asimilación de los nutrientes logró influir sustancialmente en esta variedad; por lo cual, su respuesta en crecimiento llega a ser superior que de la variedad TM 962.

También influyó notablemente en ambas variedades de tomates la cascarilla de arroz, ya que resultó ser óptima para un adecuado desarrollo y crecimiento de las plántulas, ayudándolas a retener la humedad del sustrato y contribuyendo así a un pronto desarrollo y crecimiento.

El crecimiento de la variedad TM 962 es relativamente lento, tomándose esta variedad un tiempo mayor para su desarrollo completo respecto a la variedad TM 959.

7.2 Número de flores

El número de flores de las dos variedades de tomates híbridos indeterminados varían de acuerdo al análisis de la prueba de t Student como se muestra en el cuadro 9, en un período de 2 meses, enero y febrero, tomando en cuenta solamente, los tres primeros racimos de las plantas del ensayo.

De acuerdo al cuadro 9 de la prueba de t Student, con los datos de número de flores; nos muestra diferencias estadísticas altamente significativas al 1 % de probabilidad, entre las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962. Según el grado de libertad GL de 23, el manejo y la obtención de datos fueron aceptables.

Cuadro 9. Prueba de t para la igualdad de medias del Número de flores entre dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962

T	GL	Sig. (0.01)
-5.47	23	0.000 **

En el gráfico 2 se observa que la variedad TM 962 tiene un mayor promedio de número de flores con respecto a la variedad TM 959; 15 flores en relación a 11 flores. Siendo además su variabilidad menor, teniendo una diferencia altamente significativa; tal como se puede observar en el cuadro 9, donde la probabilidad para la prueba de t Student es 0.000, menor a 0.01.

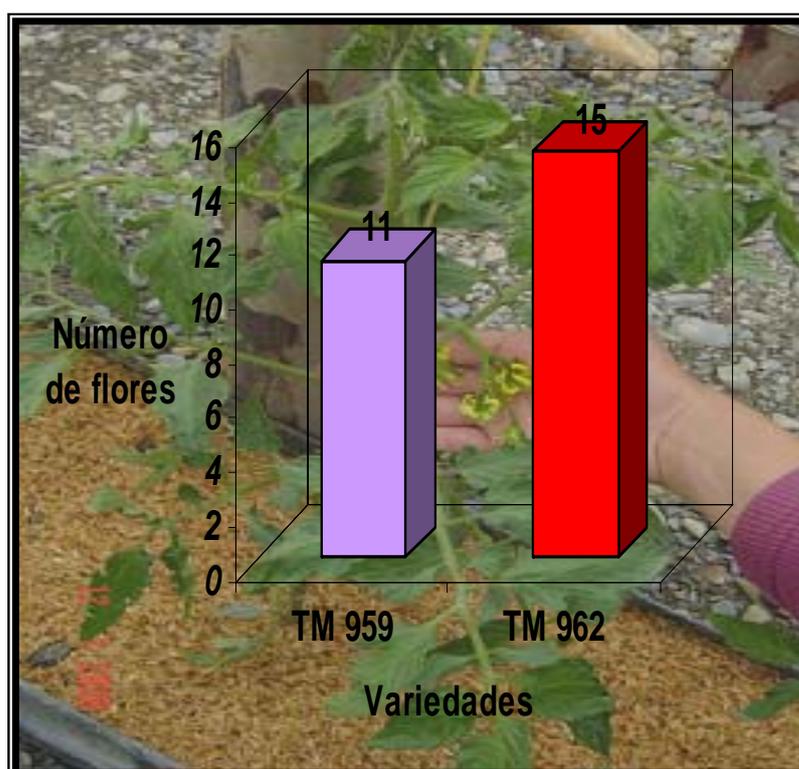


Gráfico 2. Número de flores de dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo

La mayor cantidad de flores de la variedad TM 962 introducida se puede atribuir a su heredabilidad, que se expresa en un buen número de flores. Por otro lado, la asimilación de los nutrientes en la etapa de floración influyó principalmente en esta variedad.

Otra respuesta que se atribuye a la cantidad de flores en ambas variedades de tomates es el deshije realizado semanalmente en las plantas, que contribuyó en la cantidad de flores, llegando a ser superior la variedad TM 962.

Notándose que en ambas variedades de tomates híbridos indeterminados, TM 959 y TM 962, no se presentaron marchitamiento ni caída de flores en el desarrollo de las plantas, hasta el tercer racimo, atribuyéndose esta respuesta al manejo adecuado.

La variación promedio del número de flores de las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 hasta el tercer racimo de las plantas fue significativa, pues resultó tener mayor cantidad la de la variedad TM 962, que llegó a obtener 15 flores y 11 flores la variedad TM 959.

7.3 Número de frutos

El número de frutos de las dos variedades de tomates híbridos indeterminados varía de acuerdo al análisis de la prueba de t Student como se muestra en el cuadro 10, en un período de 2 meses, de marzo y abril. Por otro lado, todas las flores de las dos variedades de tomates híbridos cuajaron, hasta los tres primeros racimos de las plantas, tiempo en el cual duró el ensayo.

Existiendo así una alta asociación entre el número de flores con el número de frutos, concluyendo, de esta manera, que cuanto mayor número de flores cuajan, mayor es el número de frutos, y por consiguiente mejora el rendimiento.

De acuerdo al cuadro 10 de la prueba de t Student, con los datos de número de flores; nos muestra diferencias estadísticas altamente significativas al 1 % de probabilidad, entre las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962. Según el grado de libertad GL de 23, el manejo y la obtención de datos fueron aceptables.

Cuadro 10. Prueba de t para la igualdad de medias del Número de frutos entre dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962

T	GL	Sig. (0.01)
-5.35	23	0.000 **

En el gráfico 3 se observa que la variedad TM 962 tiene un mayor promedio de número de frutos con respecto a la variedad TM 959; 15 frutos en relación a 11 frutos. Siendo además su variabilidad menor, teniendo una diferencia altamente significativa; tal como se puede observar en el cuadro 5, donde la probabilidad para la prueba de t Student es 0.000, menor a 0.01.

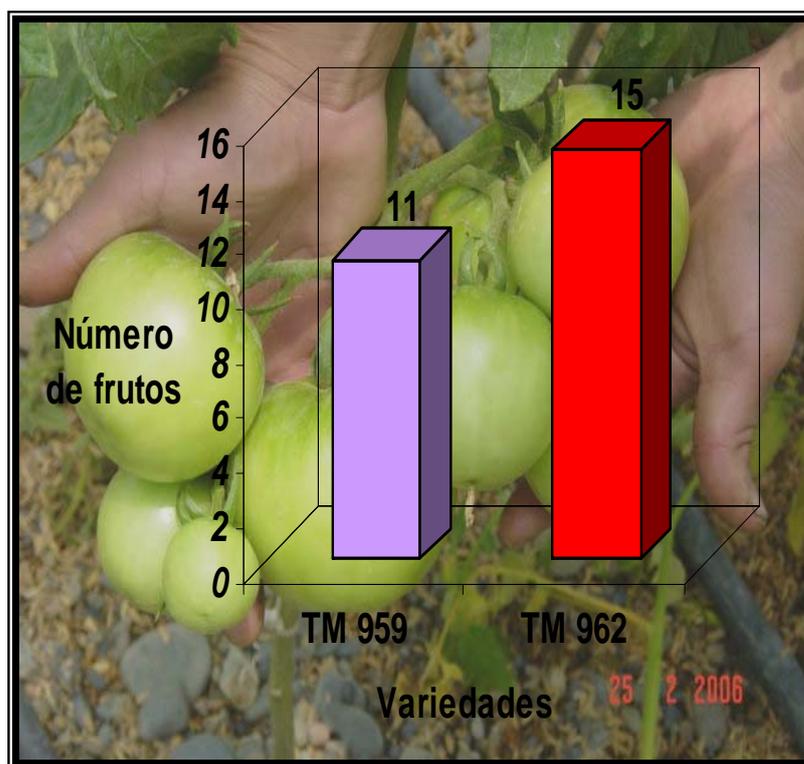


Gráfico 3. Número de frutos de dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo

La mayor cantidad de frutos de la variedad TM 962 introducida se puede atribuir a su heredabilidad, que se expresa en un buen número de frutos. Por otro lado, la asimilación de los nutrientes en la etapa de fructificación influyó principalmente en esta variedad, ya que para este período se cambió la dosificación de ambas soluciones (solución “A” y “B”), incrementándose y disminuyéndose algunos minerales (Ver cuadro 6 y 7).

Notándose que ambas variedades de tomates híbridos indeterminados, TM 959 y TM 962, no presentaron aborto ni caída de sus frutos en su desarrollo, hasta la culminación de la cosecha del tercer racimo, atribuyéndose esta respuesta al manejo adecuado.

El número de frutos de ambas variedades tienen una directa relación con el número de flores. La variación promedio del número de frutos hasta el tercer racimo de las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 fue significativa, ya que superó la variedad TM 962, que llegó a obtener 15 frutos y 11 frutos la variedad TM 959.

7.4 Diámetro de frutos

El diámetro de los frutos de las dos variedades de tomates híbridos indeterminados varía de acuerdo al análisis de la prueba de t Student como se muestra en el cuadro 11, en el período de los 2 meses de cosecha, de Marzo y Abril, hasta concluir la cosecha de los tres primeros racimos de las plantas, tiempo que duró el ensayo.

De acuerdo al cuadro 11 de la prueba de t Student, con los datos del diámetro de los frutos; nos muestra diferencias estadísticas altamente significativas al 1 % de probabilidad, entre las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962. Según el grado de libertad GL de 23, el manejo y la obtención de datos fueron aceptables.

Cuadro 11. Prueba de t para la igualdad de medias del diámetro de frutos entre dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962

T	GL	Sig. (0.01)
-6.57	23	0.000 **

En el gráfico 4 se observa que la variedad TM 962 tiene un mayor promedio de diámetro de frutos con respecto a la variedad TM 959; 10 cm en relación a 8.5 cm. Siendo además su variabilidad menor, teniendo una diferencia altamente significativa, tal como se puede observar en el cuadro 11, donde la probabilidad para la prueba de t Student es 0.000, menor a 0.01.

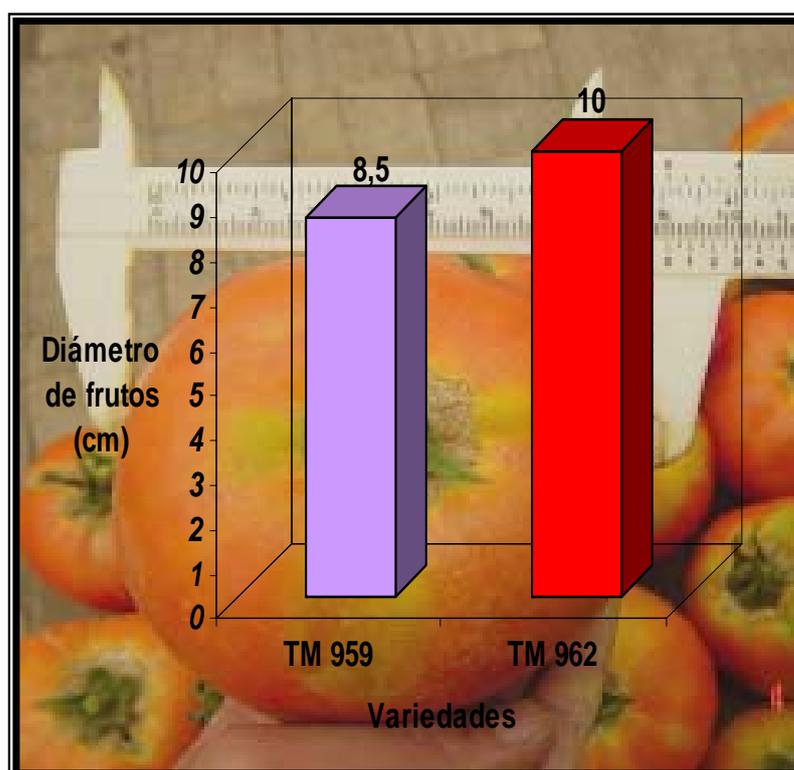


Gráfico 4. Diámetro de frutos de dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo

El mayor diámetro de frutos de la variedad TM 962 introducida se puede atribuir a su a una buena iluminación y buena retención de humedad, que se expresa en un buen diámetro de sus frutos. Por otro lado, la asimilación de los nutrientes en la etapa de fructificación influyó principalmente en esta variedad, ya que para este período la dosificación de las soluciones, los nutrientes fueron de acuerdo al requerimiento de las plantas (Ver cuadro 6 y 7).

La variación promedio del diámetro de frutos de las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 También fue significativa, resultando mejor la de la variedad TM 962. Que tuvo un diámetro máximo de 11 cm en relación a 9 cm de la variedad TM 959.

7.5 Peso de frutos

El peso de los frutos de las dos variedades de tomates híbridos indeterminados varía de acuerdo al análisis de la prueba de t Student como se muestra en el cuadro 12, en el período de los 2 meses de cosecha, de Marzo y Abril, hasta concluir la cosecha de los tres primeros racimos de las plantas del ensayo.

Observándose que los pesos obtenidos de la variedad de tomate híbrido TM 962, de este ensayo, superaron a los pesos estándares de la empresa que proporciona la semilla. En cuanto a la variedad de tomate híbrido TM 959, tuvo un peso promedio aproximado al peso estándar.

De acuerdo al cuadro 12 de la prueba de t Student, con los datos del peso de los frutos; nos muestra diferencias estadísticas altamente significativas al 1 % de probabilidad, entre las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962. Según el grado de libertad GL de 23, el manejo y la obtención de datos fueron aceptables.

Cuadro 12. Prueba de t para la igualdad de medias del peso de frutos entre dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962

T	GL	Sig. (0.01)
-3.92	23	0.001**

En el gráfico 5 se observa que la variedad TM 962 obtuvo mayor cantidad de frutos con pesos promedio de 209 g, respecto a la variedad TM 959, que obtuvo mayor cantidad de frutos con pesos promedio de 145 g. Siendo además su variabilidad menor, teniendo una diferencia significativa; tal como se puede observar en el cuadro 12, donde la probabilidad para la prueba de t Student es 0.001, menor a 0.01.

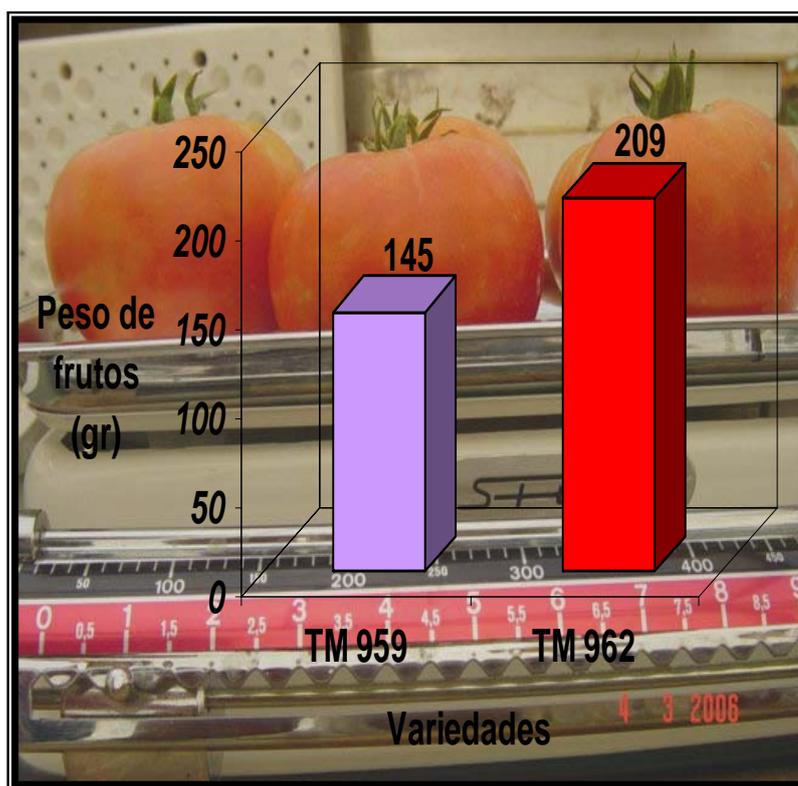


Gráfico 5. Peso de frutos de dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo

El peso de frutos de ambas variedades TM 959 y TM 962 introducidas se puede atribuir a la poda de hojas basales y al deshije realizados, ya que gracias a estas labores culturales mencionadas cada fruto no tuvo competencia por los nutrientes con hojas ni brotes, teniendo así los nutrientes necesarios para su desarrollo proporcionados de la misma planta, expresándose así en un buen peso de sus frutos.

Por otro lado, la asimilación de los nutrientes en la etapa de fructificación influyó principalmente en estas variedades, ya que para este período la dosificación de las soluciones, los nutrientes fueron al requerimiento de las plantas (Ver cuadro 6 y 7).

La variación promedio del peso de frutos de las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 fue significativa, siendo mejor la de la variedad TM 962. Logrando un peso máximo de 380 g y 311 g respecto a la de la variedad TM 959.

7.6 Diámetro de tallo

El diámetro de los tallos de las dos variedades de tomates híbridos indeterminados varía de acuerdo al análisis de la prueba de t Student como se muestra en el cuadro 13, en un período de crecimiento de 5 meses de Diciembre del 2005 a Abril de 2006.

De acuerdo al cuadro 13 de la prueba de t Student, con los datos del diámetro de los tallos; nos muestra diferencias estadísticas altamente significativas al 1 % de probabilidad, entre las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962. Según el grado de libertad GL de 23, el manejo y la obtención de datos fueron aceptables.

Cuadro 13. Prueba de t para la igualdad de medias del diámetro de tallos entre dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962

T	GL	Sig. (0.01)
-3.54	23	0.002 **

En el gráfico 6 se observa que la variedad TM 962 tiene un mayor promedio de diámetro de tallo con respecto a la variedad TM 959; 1.7 cm en relación a 1.5 cm. Notándose que además su variabilidad es menor, teniendo una diferencia significativa; tal como se puede observar en el cuadro 8, donde la probabilidad para la prueba de t Student es 0.002, menor a 0.01.

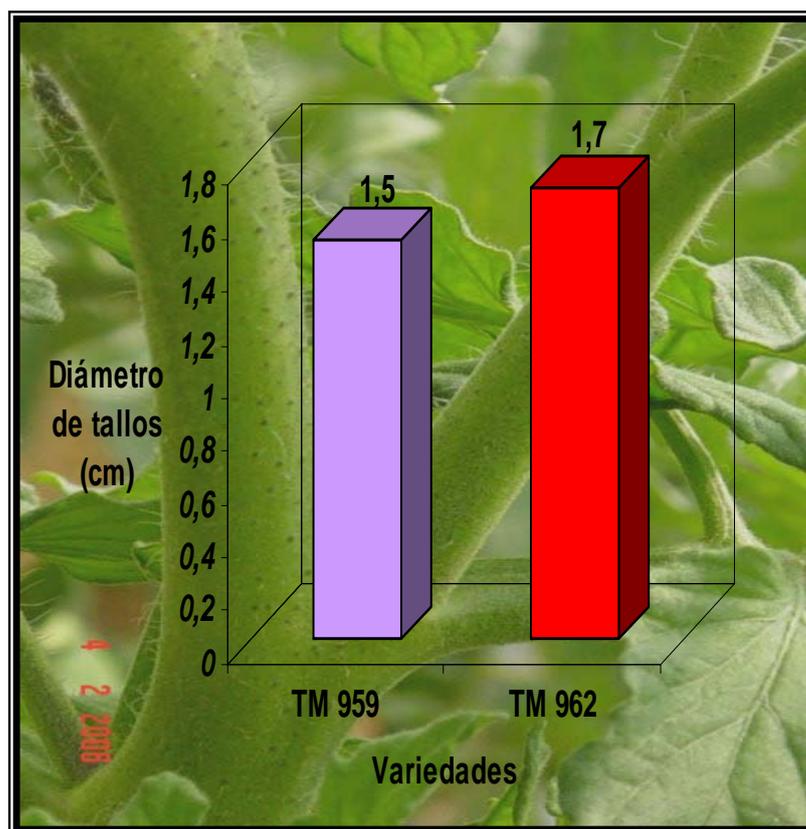


Gráfico 6. Diámetro de tallos de dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo

El diámetro de tallos de ambas variedades de tomates, se puede atribuir a la mayor proporción de cascarilla de arroz que se comportó como componente liviano, la cual brindó menor porosidad de aireación y mayor capacidad de retención de humedad, donde se obtuvo la menor acumulación de materia seca de órganos, número de hojas, longitud y diámetro de tallo, que se expresa en un buen diámetro de sus tallos. Por otro lado, la asimilación de los nutrientes influyó principalmente.

La variación promedio del diámetro de tallo de las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 fue significativa, resultando mejor la de la variedad TM 962. Pues se llegó a obtener un diámetro máximo de 1.81 cm y 1.73 cm respectivamente.

7.7 Rendimiento

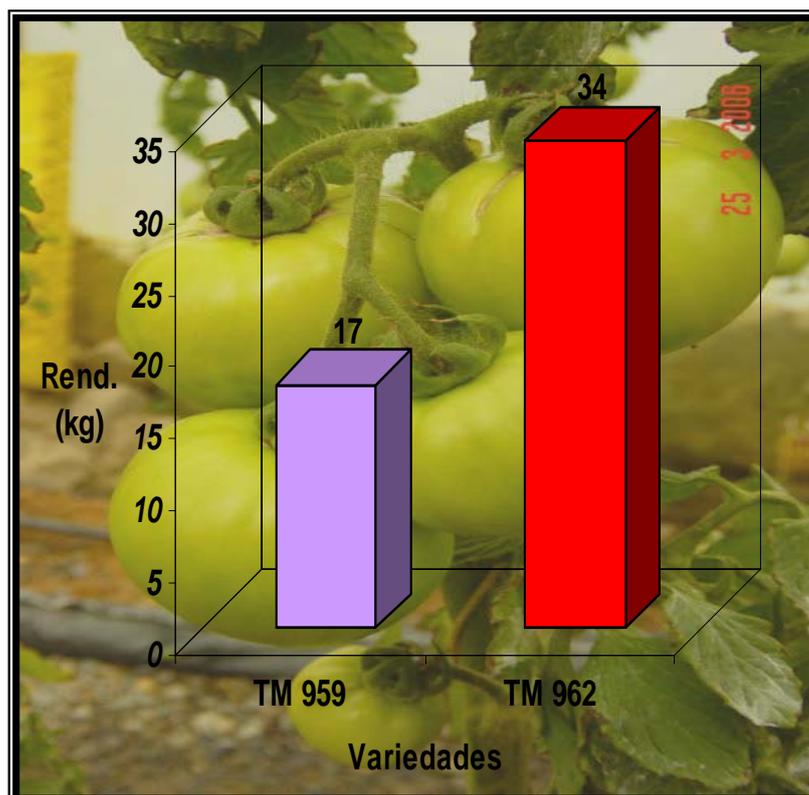
El rendimiento en 16.50 m² de superficie total del ensayo de las dos variedades de tomates híbridos indeterminados varía de acuerdo al análisis de la prueba de t Student como se muestra en el cuadro 14, en un período de 2 meses de marzo y abril.

Se puede observar que la variedad TM 962 tuvo un rendimiento de 33,97 kg, equivalente a 340 tn/ha. También se pudo observar que la variedad TM 959 tuvo un rendimiento de 17,02 kg, equivalente a 170 tn/ha, en este ensayo.

Cuadro 14. Prueba de t para la igualdad de medias del rendimiento entre dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962

t	GL	Sig. (0.01)
-4.05	23	0.000 **

En el gráfico 7 se observa que la variedad TM 962 tiene un mayor rendimiento de frutos con respecto a la variedad TM 959; Mostrando además su variabilidad menor, teniendo una diferencia altamente significativa; tal como se puede observar en el cuadro 14, donde la probabilidad para la prueba de t Student es 0.000, menor a 0.01.



Gráfica 7. Comparación de rendimiento de dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 hasta la cosecha del tercer racimo

El rendimiento que tuvo la variedad TM 962 introducida en el período de 2 meses de marzo y abril, únicamente hasta la cosecha del tercer racimo, se puede atribuir a su característica varietal y a un adecuado manejo, que se expresa en un buen rendimiento en sus cosechas. Por otro lado, la asimilación de los nutrientes influyó principalmente en esta variedad; también se puede indicar que la variedad TM 962 se adaptó al ambiente, por lo cual, su repuesta en el rendimiento de sus frutos llega a ser superior que de la variedad TM 959.

Por otro lado aquellas plantas de tomate que son establecidas por transplante, obtienen un rendimiento mayor y más temprano que aquellas sembradas directamente, en todas las estaciones del año, mostrando rendimientos tempranos y totales superiores a las plantas sembradas directamente.

También se puede atribuir a la tecnología empleada en el ensayo, ya que en un sistema semi hidropónico con un riego adecuado las plantas de tomate recibieron los nutrientes necesarios en cada etapa de su desarrollo.

Los rendimientos totales de frutos aumentaron con la disminución de las distancias entre plantas y del número de plantas por sitio de siembra, teniendo así un mayor rendimiento.

8 ANÁLISIS ECONÓMICO

8.1 Relación Beneficio/Costo

El costo total de la producción hasta la cosecha del tercer racimo de las plantas fue aproximadamente de 4.560,20 Bs/ha, considerando los costos de: materiales de trabajo, insumos utilizados, y la mano de obra empleada como puede observarse en el cuadro 15 y 16, considerando el manejo.

Cuadro 15. Costos variables en Bs/m² para la producción de dos variedad de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962

Detalle	Unidad	Cantidad	Precio (Bs)	Total (Bs)
Insumos				
Tomates TM 959	unidad	43	8,06	346,60
Tomates TM 962	unidad	14	8,06	112,84
Desinfección arena	m ³	0,6	25,00	15,00
Cascarilla de arroz	talegos	4	1,00	4,00
Fertilizantes	Kg	8	21,07	168,56
Actara (insecticida)	Kg	1	25,00	25,00
Mano de obra	Hr	188.5	3.75	706.88
SUB TOTAL (1)				1379

Cuadro 16. Costos fijos en Bs/m² para la producción de dos variedad de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962

Detalle	Unidad	Cantidad	Precio (Bs)	Total (Bs)
Equipos y materiales				
Cintas de goteo	Metro	25	4,70	117,50
Engrampadota	unidad	1	12,00	12,00
Grampas	Caja	1	30,00	30,00
Nylon negro	Metro	24	2,00	48,00
Alambre galvanizado N° 10	Metro	55	2,50	137,50
Vernier	unidad	1	10,00	10,00
Flexo de 3m	unidad	1	15,00	15,00
Pitas de 100 m	unidad	3	6,00	18,00
Termómetro	unidad	1	30,00	30,00
Otros				
Depreciación carpa	m ²	16,5	18,38	303,27
Transporte	Mes	6	410,00	2.460,00
SUB TOTAL (2)				3181,30

Total costos de producción = Sub Total (1) + Sub Total (2)

Total costos de producción = 1379 + 3181,30 = 4.560,20 Bs/ha

Los cálculos de rendimiento ajustado, beneficio bruto, beneficio neto y la relación beneficio / costo para las dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962 se muestran en el cuadro 16.

Cuadro 17. Rendimiento, Beneficio Bruto, Neto y Relación Beneficio Costo del cultivo de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962

Variedad	Rdto. Prom (kg/m ²)	Rdto. Ajust. (kg/m ²)	Precio Prod. (Bs/kg)	BB (Bs/m ²)	CV (Bs/m ²)	BN (Bs/m ²)	Relación B/C
TM 959	18	14,4	3,5	50,4	83,57	-33,17	0,603
TM 962	34	27,2	3,5	95,2	83,57	9,90	1,14

BB = Beneficio bruto

CV = Costo variable

BN = Beneficio neto

Siendo el Costo variable del ensayo 1379 Bs para el área total de 16.5 m², y realizando los cálculos para 1 m² se tiene 83.57 Bs/m² siendo este el costo variable para el cálculo de B/C.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que el cultivo de tomate híbrido indeterminado de la variedad TM 959 resulta ser no rentable en los primeros meses de cosecha, siendo lo contrario para la variedad de tomate híbrido indeterminado TM 962, que supera al primero en 16 kg, ya que la producción obtenida para la variedad TM 959 es de 170 tn/ha y para la variedad TM 962 es de 340 tn/ha, superando así este la meta planteada de 300 tn/ha.

Al no concluir el ciclo completo de producción de ambas variedades de tomates híbridos se tienen ganancias mínimas en los primeros meses de cosecha, siendo ya rentable la producción a partir de primer año. Siendo de mayor beneficio las superficies extensas; por las cuales al incrementarse las ganancias, permiten recuperar los costos parciales de inversión en un menor tiempo.

9 CONCLUSIONES

En base a los resultados, se concluye que:

- El rendimiento total de los frutos en tn/ha de las dos variedades de tomates híbridos TM 959 y TM 962 tuvieron resultados óptimos, superando la producción departamental, que es de 8.605 tn/ha.
- El tiempo desde el transplante hasta la culminación de frutos del tercer racimo fue de 146 días, con la técnica del cultivo en hidroponía.
- Las condiciones de temperatura en época de primavera y verano del invernadero del Centro Experimental de Cota Cota son aptas para cultivar tomates híbridos, en especial variedad TM 959 y TM 962.
- El deshojado de las plantas ayudó al desarrollo de los frutos, ya que éstos, no se malograron al desarrollarse con el tallo de las hojas y pudieron formarse con libertad al existir poca densidad de follaje.
- En deshije realizado semanalmente a cada una de las planta de tomate contribuyó sustancialmente en el aumento de flores por planta, teniendo así un mayor número de frutos por racimo.
- Al no culminar el ciclo completo de cultivo de estas plantas de tomates híbridos, no es posible obtener una simulación de datos de la producción para un análisis económico para un flujo de caja.

10 RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidas, es posible sugerir:

- El acceso de entrada a un invernadero debe ser restringido a personas ajenas, para evitar el contagio de enfermedades y plagas que pudieran entrar al cultivo.
- Utilizar cascarilla de arroz en la parte superior de las bandejas hidropónicas ya que, éstas ayudan a conservar la humedad del sustrato con solución hidropónica, ayudando a la vez en un rápido crecimiento de las plantas de tomate y un mejor desarrollo de las mismas al retener la humedad.
- Efectuar el retostado de la cascarilla de arroz para esterilizar el brote, puesto que, con el contacto del agua tienden a germinar y enraizarse, compitiendo con el cultivo principal y obstruyendo de esta manera, los emisores de los tubos del riego por goteo.
- En cuanto al tanque de administración de solución hidropónica, éste debe ser de uso exclusivo de la conexión de riego y no debe estar alejada del ensayo a realizarse, para evitar así pérdidas físicas y/o mecánicas.
- El plástico de las bandejas a utilizarse en un sistema hidropónico debe ser de 300 micrones o de un material grueso, como agofilm, para evitar que con el tiempo, el plástico llegue a romperse y exista lixiviación o pérdida de los nutrientes proporcionados a las plantas.
- El alambre para el sostén de plantas de tomate, perchas y soporte del plástico de las bandejas, en un sistema hidropónico debe ser de un grosor no menor a 9, ya que este debe mantenerse firme y ser resistente para soportar el peso de las plantas y de los frutos.

- La exposición directa del fruto al brillo solar puede desarrollar un número de desórdenes fisiológicos como ser rajaduras, caída prematura, tamaño reducido y corta vida del fruto, por lo que se debe colocar malla de semisombra al ensayo.
- Efectuar estudios para solucionar el problema del enrollamiento de las hojas en las plantas de tomates, en ambientes atemperados.
- Efectuar estudios para solucionar el problema de frutos con malformaciones morfológicas.
- Efectuar estudios para solucionar el problema de las rajaduras de los frutos.
- Para un completo estudio económico se sugiere analizar el ciclo completo de producción de estas variedades de tomates híbridos para así conocer la rentabilidad que tiene cada variedad.

11 BIBLIOGRAFÍA

BAZÁN, R. 1995. Los fertilizantes en hidroponía, curso taller. Lima – Perú. 317 p.

BISHOP, C. TOUSSAINT, W. 1991. Introducción al Análisis de Economía Agrícola. Primera Edición. Editorial Limusa. México D.F. 121 – 134 p.

CABALLERO, C. 1981. Introducción a la Estadística, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica. 47 – 50 p.

CADAHIA, C. 2000. Fertiirrigación; Cultivos hortícolas y ornamentales. Segunda Edición. Editorial Mundi Prensa. Madrid – España. 367 - 369 p.

CAMILO, F. 2000. Manual Agropecuario; Tecnologías orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente. Planeación y construcción de la granja. Editorial Lexus. Bogotá – Colombia. 233 – 235 p.

CAÑADAS, M. 2006. Recirculación de las soluciones nutritivas. Canadá. Disponible en www.tecnociencia.es/especiales/cultivos_hidroponicos/7.htm

CARRASCO, G. 1996. La Empresa Hidropónica a mediana escala, La Técnica de la solución nutritiva recirculante (“NFT”). Editorial Universidad de Talca Talca. Chile. 318 p.

CORDERO, R. 2005. Manejo ecológico del pimentón (*Capsicum Nahum L.*) con dosis de ceniza en sustrato de almacenado y plantado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. Tesis para Licenciatura. La Paz – Bolivia. 65 - 66p.

- EL BUEN JARDINERO, 2006. El Cultivo de Tomate. Canadá. Disponible. www.elbuenjardinero.com/vegetales/vegetales/tomates.html.
- ENCARTA. 2006. Biblioteca de Consulta Microsoft ® Microsoft Corporation. Variedades de tomates híbridos. Hamilton, Canadá. 4p.
- FERNANDEZ, E. 1995. La solución de nutrientes en hidroponía, curso taller. Lima – Perú.
- FERRÁN, N. 2001. SPSS para Windows; Análisis estadístico. Editorial McGraw – Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid – España. 420 P.
- FORERO, G. 2000. Manual Agropecuario; Tecnologías orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente. Tecnologías apropiadas. Editorial Lexus. Bogotá – Colombia. 407 – 409 p.
- GRAIN, J. 1998. Biodiversidad. Disponible en www.grain.org.
- HOWARD, M. 1987. Cultivos Hidropónicos. Ediciones Mundi Prensa. Madrid – España
- HOYOS, M., RODRIGUEZ, A., CHANG, M., 2004. Manual de Hidroponía. La Molina, Universidad Nacional Agraria La Molina. Centro de Investigación de Hidroponía y nutrición mineral. Lima - Perú. 25 P.
- INE, Instituto Nacional de Estadística, 2006. Producción por año agrícola según cultivos 1995 – 2004. La Paz - Bolivia.

- INFOAGRO. 2005. Cultivos Hidropónicos. El Tomate. Disponible en www.infoagro.org.
- LOBA, M. 2005, Cultivos hidropónicos de tecnociencia. Quito - Ecuador. Disponible. www.tecnociencia.es/especiales
- LOWES, S. 2005. Tomates Híbridos. Nueva Alejandría. Disponible en www.nuevaalejandria.com/01/bialik/h/hidroponia.
- MARTINEZ, L. 1998. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Manual de Fertirrigación. Oficina Técnica Huayco. La Serena, Santiago de Chile.
47 P.
- MEDINA, R., ARMONI, S., OLITTA, A. 1988 El riego por goteo. Sistemas y características. Estado de Israel. Ministerio de agricultura. Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo CINADCO. Israel. 99 p.
- MIRANDA, D. 2000. Manual Agropecuario; Tecnologías orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente. Editorial Lexus. Bogotá – Colombia. 116 – 117 p.
- MORGAN, L. 2006. Tomates Hidropónicos: Guía completa para el éxito. Fisiología completa del tomate. Volumen 14. Lima - Perú. 20 P.
- MOKATE, K.M. 1998. Evaluación financiera de proyectos de inversión. Ediciones Uniandes. Santa Fe de Bogotá – Colombia. 108 p.

- ORELLANA, J. 1996. Proyectos de inversión; Términos de referencia para su formulación. Primera Edición. Editorial Flexocruz Ltda. Santa Cruz Bolivia. 93 p.
- PENNINGSFELD, F. 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. Ediciones mundi – prensa. Madrid – España 343 p.
- PERRIN, R., WINKELMANN, D., MOSCARDI E., ANDRESON, J., 1988. Manual Metodológico de Evaluación Económica. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. CIMMYT. México DF. 77 p.
- RIOJA, J., 2005. Cálculos para formular una solución nutritiva de acuerdo al estado de desarrollo del libro Soluciones Nutritivas en Hidroponía. Buenos Aires - Argentina. 6p.
- VIVES, E. 1984. Cultivo de tomate. Barcelona – España.
- ZAPP, I. 1991. Cultivo sin tierra, Hidroponía popular. Editorial Presencia. Bogotá – Colombia. 235 p.

ANEXOS

Anexo 1. Extracciones medias de algunos cultivos hortícolas expresadas en base a la producción (tn/ha)

Cultivo	Nivel de cosecha (tn/ha)	N (kg/tn)	P ₂ O ₃ (kg/tn)	K ₂ O (kg/tn)	MgO (kg/tn)
Ajo	6-15	8-13	4-6	8-15	s/i
Alcachofa	12-30	8-10	1,5-4	12-20	1,3-1,6
Berenjena	35-80	3-4	0,6-1	4-5	0,4-0,8
Cebolla	25-50	2,5-4	1-1,5	3-4,5	0,8-1
Coliflor	15-30	4-5	1-1,8	4-7	0,4-0,7
Espárrago	6-10	10-20	3-5	15-30	1-2
Espinaca	15-60	1,6-4,5	0,5-1,5	3-5	0,3-0,4
Frutillas	25-50	2-3	1-1,5	4-5	0,4-0,5
Lechuga	18-50	2-3,5	0,6-1,2	4-5	0,3-0,5
Melón	25-70	3,4-6	0,8-2,7	4,5-10	1,0-2,5
Pepino	40-300	1-1,6	0,7-0,9	2,6-3,2	0,2-0,5
Pimentón	35-100	3,5-4,5	0,8-1,2	4-7	0,5-0,9
Porotos verdes	10-30	12-20	3-6	12-25	2-3
Repollo	25-50	6-7	1-2	7-8	0,7-0,9
Sandia	20-50	3-4	0,8-1,5	4-5	1-2
Tomate	25-200	2,5-4	0,5-1	3-7	0,4-1
Zanahoria	25-35	3-5	1,2-1,6	6-7	0,5-0,8

Fuente: Domínguez, 1996

Anexo 2. Recomendaciones generales de fertilización (kg/ha/tn) para hortalizas en función de la producción esperada (toneladas)

Cultivo	Nivel de cosecha (tn/ha)	N (kg/tn)	P ₂ O ₃ (kg/tn)	K ₂ O (kg/tn)
Ajo	6,0-15	60-200	60-120	100-200
Alcachofa	12,0-30	200-400	60-120	60-300
Berenjena	35-80	200-400	90-160	150-400
Cebolla	20-50	60-220	60-150	60-200
Coliflor	15,0-30	150-250	80-120	210-240
Espárrago	6,0-10	120-200	50-100	100-200
Espinaca	15-60	60-180	30-90	50-150
Frutillas	25-50	100-240	50-100	150-300
Lechuga	18-50	60-180	30-90	50-150
Melón	15-70	150-350	50-150	100-450
Pepino	40-300	60-500	50-200	80-700
Pimentón (aire libre)	35-50	150-200	50-150	100-270
Pimentón (invernadero)	70-120	250-350	90-200	150-600
Porotos verdes	10,0-30	60-100	30-60	50-100
Repollo	25-50	100-200	60-120	100-200
Sandía	20-50	80-300	60-200	80-400
Tomate (aire libre)	45-80	150-250	40-150	80-300
Tomate (invernadero)	80-200	250-600	100-200	300-750
Zanahoria	25-35	80-160	30-100	100-250

Fuente: Domínguez, 1996

Anexo 3. Promedios obtenidos de las variables estudiadas del cultivo de tomate híbrido indeterminado TM 959 del ensayo (Diciembre 2005 - Abril 2006)

Nº	Altura de planta (cm)	Número de flores	Número de frutos	Diámetro de frutos (cm)	Peso de frutos (g)	Diámetro de tallos (cm)
1	143	9	9	7,7	150	1,4
2	158	9	9	8,37	80	1,45
3	145	13	13	8,9	190	1,38
4	166	11	11	8,4	167	1,4
5	163	9	9	8	200	1,25
6	152	9	9	8,7	160	1,5
7	170,6	15	15	7,66	125	1,65
8	142	11	11	8,2	148	1,38
9	168	10	10	8,85	120	1,35
10	150	10	10	8,2	85	1,2
11	146,5	10	10	7,85	130	1,68
12	140	9	9	8,9	190	1,73
13	147	14	14	8,88	167	1,5
14	165,5	12	12	8,5	160	1,32
15	143,5	10	10	8,8	110	1,67
Prom	153,3	11	11	8,4	145	1,5
∑	2300,1	161	161	125,91	2182	21,86

Fuente: Domínguez, 1996

Anexo 4. Promedios obtenidos de las variables estudiadas del cultivo de tomate híbrido indeterminado TM 962 del ensayo (Diciembre 2005 - Abril 2006)

Nº	Altura de planta (cm)	Número de flores	Número de frutos	Diámetro de frutos (cm)	Peso de frutos (g)	Diámetro de tallos (cm)
1	148,6	17	17	9,3	150	1,7
2	130	15	15	8,88	170	1,65
3	122	17	17	9	166	1,68
4	118	12	12	10,55	188	1,68
5	120	17	15	10,8	280	1,7
6	135	13	13	9,57	250	1,81
7	142,6	16	16	9,8	200	1,78
8	146	17	17	10,2	265	1,81
9	127	13	13	10	210	1,5
10	138	14	14	10,7	210	1,42
Prom	132,7	15	15	9,88	208,9	1,67
Σ	1327,2	151	149	98,8	2089	16,73

Anexo 5



Preparación del área experimental



Preparación de las bandejas hidropónicas del ensayo

Anexo 6



Llenado de arena a las bandejas



Colocado de cascarilla de arroz

Anexo 7



Anexo 8



Proceso de enroscamiento



Proceso de entutorado

Anexo 9

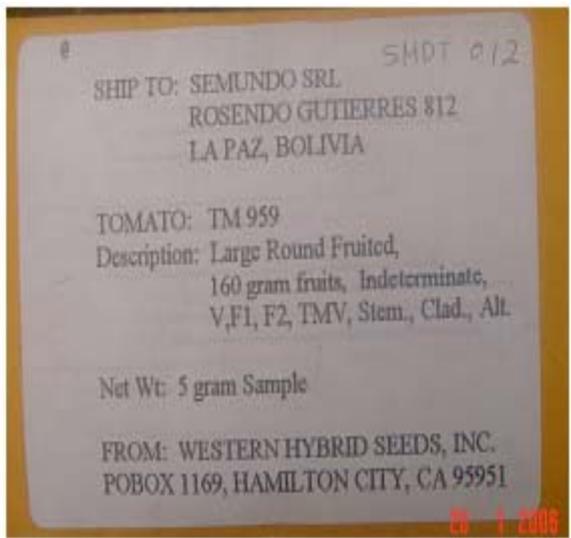


pH metro para medir temperatura a nivel de las plantas de tomate



Conductímetro para medir conductividad eléctrica de la solución de nutrientes

Anexo 10

 <p>SHIP TO: SEMUNDO SRL SMDT 012 ROSENDO GUTIERRES 812 LA PAZ, BOLIVIA</p> <p>TOMATO: TM 959 Description: Large Round Fruited, 160 gram fruits, Indeterminate, V,F1, F2, TMV, Stem., Clad., Alt.</p> <p>Net Wt: 5 gram Sample</p> <p>FROM: WESTERN HYBRID SEEDS, INC. POBOX 1169, HAMILTON CITY, CA 95951</p>	
<p>Paquete de semillas y frutos del tomate híbrido variedad TM 959</p>	

 <p>SHIP TO: SEMUNDO SRL SMDT 014 ROSENDO GUTIERRES 812 LA PAZ, BOLIVIA</p> <p>TOMATO: TM 962 Description: Large Round Fruited, 180 gram fruits, Indeterminate, V,F1, F2, N, TMV, Stem., Clad., Alt.</p> <p>Net Wt: 5 gram Sample</p> <p>FROM: WESTERN HYBRID SEEDS, INC. POBOX 1169, HAMILTON CITY, CA 95951</p>	
<p>Paquete de semillas y frutos del tomate híbrido variedad TM 962</p>	

Anexo 11



Anexo 12. Ensayo del cultivo de dos variedades de tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962 en 16.50 m²



Anexo 13. Caldero de vapor seco para la desinfección de sustratos



Anexo 14. Frutos de tomate del ensayo



Anexo 15. Atura de plantas de tomate del ensayo en el mes de marzo 2006



Anexo 16. Cálculo de beneficio costo del cultivo de dos tomates híbridos indeterminados TM 959 y TM 962 para una producción de un ciclo completo.

VARIEDAD	REN. PROM. (kg)	REN. AJUS. (kg)	PRECIO PROD (Bs/kg)	BB (Bs)	CV (Bs)	BN (Bs)	B/C
TM 959	51	40,80	3,5	142,80	83,57	59,23	1,7
TM 962	102	81,60	3,5	285,60	83,57	202,03	3,4

