

**Comparación técnica y económica de dos  
cultivares de chile dulce (*Capsicum annuum*  
L.) en tres medios de producción en  
condiciones de macrotúnel**

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

Presentado por

**Felipe Chiriboga Torres.**

**Zamorano, Honduras**  
Abril, 2000

## RESUMEN

Chiriboga, Felipe. 2000. Comparación técnica y económica de dos cultivares de chile dulce (*Capsicum annuum* L) en tres medios de producción en condiciones de macrotúnel. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 43 p.

Los factores que rodean a la producción de hortalizas pueden llegar a ser la limitante para el alcance de rendimientos que generen utilidades satisfactorias. Existen tecnologías que disminuyen el efecto de estos factores, por ejemplo el cultivo en bolsas con sustratos o variedades mejoradas. El objetivo principal consistió en evaluar la productividad y la rentabilidad de dos cultivares de chile dulce en tres medios de producción. El estudio fue realizado entre el 30 de noviembre de 1999 y el 17 de marzo del 2000, en El Zamorano, Honduras. Se utilizaron los cultivares Keystone Resistant Giant (KRG) y Plutona y tres medios de producción: el suelo, sustrato con proporción de 58:34:8 de compost, casulla semiquemada de arroz y arena y sustrato con proporción de 38:50:12. Se utilizaron bolsas de polietileno de 22.5 cm de diámetro por 44 cm de altura para los sustratos. Estadísticamente no hubo diferencia significativa entre medios de producción en rendimiento ( $P=0.6255$ ), el rendimiento de los medios de producción fue: 28,318 kg/ha en suelo, 29,340 kg/ha en sustrato 58:34:8 y 30,653 kg/ha en sustrato 38:50:12, en cambio, los cultivares sí influyeron ( $P=0.0321$ ), el híbrido Plutona superó a la variedad mejorada KRG, con 31,731 kg/ha comparado con 27,142 kg/ha. El tratamiento más rentable fue KRG en sustrato 38:50:12 (169%) seguido de KRG en suelo (156%) a un precio por kilogramo de chile dulce de US\$ 0.75. La tasa de retorno marginal más alta se consiguió al pasar del cultivar KRG con sustrato 58:34:8 a KRG con sustrato 38:50:12 (6392%).

**Palabras claves:** Evaluación, rendimiento, rentabilidad, sustratos, tasa de retorno marginal.

## NOTA DE PRENSA

### Disminuyendo el riesgo de producción en la horticultura

La horticultura es una de las ramas más rentables de la agricultura, sin embargo, como todo trabajo con la naturaleza, tiene factores limitantes que la rodean y que la convierten en una actividad de alto riesgo por lo que es necesario investigar tecnologías que resuelvan estas limitantes.

En Zamorano se hizo un ensayo para comparar el rendimiento y la rentabilidad de dos cultivares de chile dulce en tres medios de producción, el experimento se realizó desde el 30 de noviembre (fecha de trasplante) hasta el 17 de marzo, bajo invernadero con riego por goteo.

Se utilizó la variedad mejorada Keystone Resistant Giant (KRG) y el híbrido Plutona sembrados en tres medios de producción: el suelo, sustrato 1 (58% de compost, 34% de casulla semiquemada de arroz y 8% de arena) y sustrato 2 (38% de compost, 50% de casulla semiquemada de arroz y 12% de arena), los dos últimos se utilizaron en bolsas de polietileno de 44 cm de altura por 22.5 cm de diámetro.

El compost es la descomposición de desechos orgánicos como frutas, verduras, cereales y pastos entre otros, al que se le mezcla una cantidad de arena y tierra u otros materiales para conseguir un sustrato óptimo para el desarrollo de una planta.

Para la desinfección de los sustratos se pasteurizó con vapor de agua a una temperatura de 70°C, por 3 horas. Esto se hizo con el objetivo de reducir la utilización de pesticidas químicos y averiguar si es factible económicamente esta práctica.

Como resultados el cultivar Plutona en el sustrato 2 obtuvo el rendimiento comercial más alto (36,839 kg/ha), seguido de Plutona en suelo (35,598 kg/ha), en el cultivar KRG, el que se trasplantó en sustrato 2, fue el de mayor rendimiento (34,502 kg/ha).

Rentabilidad sobre costos de dos cultivares de chile dulce en tres medios de producción bajo invernadero en Zamorano, Honduras

Cultivar	Medio de producción	Rendimiento (kg/ha)	Ingreso (Precio 0.75 US\$/kg)	Costo total (US\$/ha)	Utilidad neta (US\$/ha)	Rentabilidad (%)
KRG	Suelo	27,132.07	20,441.30	7,962.46	12,478.85	156.72
KRG	Sustrato 1	31 486.48	23,721.91	9,593.59	14,128.32	147.27
KRG	Sustrato 2	34 502.50	25994.18	9628.59	16,365.59	169.97
Plutona	Suelo	35,598.83	26,820.16	15,668.62	11,151.54	71.17
Plutona	Sustrato 1	34,643.59	26, 100.48	21,334.10	4,766.38	22.34
Plutona	Sustrato 2	36 839.78	27 755.09	21 369.10	6 385.99	29.88

La rentabilidad más alta se obtuvo con el cultivar KRG en el sustrato 2 seguida del mismo cultivar en suelo.

El ensayo determinó que el uso de estas tecnologías ayudan a conservar el suelo y a reducir la aplicación de pesticidas, también se observó que son rentables por lo que es factible la utilización de sustratos en bolsas.

La mortalidad de plantas en suelo (KRG 71% Y Plutona 62%) fue mucho más alta que en los sustratos, que en promedio tuvieron una mortalidad del 14% por lo que se observó que los sustratos prolongaron la producción del chile dulce ya que disminuyeron el ataque de enfermedades.

También se observó que los sustratos ayudan en la conservación del suelo ya que no se necesita una preparación muy profunda y continua, pues los sustratos pueden durar varios ciclos. Otra ventaja de los sustratos es que se puede producir en tierras degradadas o marginales.

La pasteurización con vapor de agua tuvo un costo bien alto (US\$ 1,046 por ha.) que en caso de los tratamientos con el cultivar KRG representa del 10% al 12%, por lo que se recomienda buscar una fuente de pasteurización más barata pero que siga siendo amigable con el ambiente.

Se recomienda continuar estudios a partir del sustrato 2 con otros cultivares y en otras especies vegetales además del chile dulce.

## CONTENDIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Resumen.....	vi
Nota de prensa.....	vii
Contenido.....	ix
Índice de cuadros.....	xi
Índice de anexos.....	xii
1 <b>INTRODUCCION</b> .....	1
2 <b>REVISION DE LITERATURA</b> .....	2
2.1    GENERALIDADES DEL CHILE DULCE.....	2
2.2    CUL TIV ARES.....	2
2.3    SUSTRA TOS.....	2
2.4    COBERTOR PLASTICO.....	3
2.5    MACROTUNEL.....	4
3 <b>MATERIALES y METODOS</b> .....	6
3.1    UBICACION y AREA.....	6
3.2    CUL TIV ARES.....	6
3.3    SUSTRA TOS.....	6
3.4    BO LSAS.....	7
3.5    COBERTOR PLASTICO.....	7
3.6    TRASPLANTE.....	7
3.6.1   Trasplante en bolsa.....	7
3.6.2   Trasplante al suelo.....	8
3.7    TUTOREO.....	8
3.8    RIEGO.....	8
3.9    FERTILIZACION.....	8
3.10   COSECHA.....	9
3.11   PESO Y CLASIFICACION.....	9
3.11.1   Comercial.....	9
3.11.2   Comercial deforme.....	9

3.11.3	No comerciales .....	10
3.12	PARAMETROS .....	10
3.13	TRATAMIENTOS .....	10
3.14	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	10
3.15	ANALISIS EST ADISTICO .....	11
3.16	ANALISIS ECONOMICO.....	11
4	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	11
4.1	ANALISIS EST ADISTICO .....	11
4.1.1	Rendimiento comercial .....	11
4.1.2	Peso promedio de fruto .....	12
4.2	ANALISIS ECONOMICO .....	12
4.3	RESULTADOS TECNICOS .....	15
5	<b>CONCLUSIONES</b> .....	16
6	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	17
7	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	18
8	<b>ANEXOS</b> .....	20

## 1 INTRODUCCION

El entorno que rodea a la producción de hortalizas está condicionado por varios factores. Estos en algunos casos han llegado a ser limitantes para el alcance de rendimientos satisfactorios que resulten en utilidades aceptables.

En el suelo del macrotúnel G ubicado en zona m de Zamorano, ocurren elevaciones de la capa freática y existen problemas de acumulación de sales, estas situaciones hacen difícil la producción de hortalizas cuando se realizan trasplantes al suelo.

Según Fassbender (.1975) los suelos con altos contenidos de sales tienen una conductividad eléctrica saturada mayor de 4 milimho/cm. Estas condiciones deprimen el desarrollo normal de la mayor parte de las especies vegetales.

Pinargote (1997) tomó lectura, en el macrotúnel G de zona ID, de 5 milimho/cm, esto lo atribuye a la alta concentración de sales que a su vez son causa de fertilizaciones y pobres lixiviaciones.

Estos son algunos ejemplos de los problemas que afectan al desarrollo normal del cultivo, por lo que se investigó alternativas de producción que disminuyan estas limitantes, considerando la rentabilidad con el uso de estas tecnologías.

Como alternativa del trasplante al suelo, se efectuó trasplante en bolsas de polietileno con sustrato orgánico que según Benton (1997) ofrece ventajas tales como el amortiguamiento del pH y un mecanismo de almacenamiento de elementos esenciales lo cual reduce deficiencias y excesos de los mismos.

La siembra en bolsas conteniendo sustrato orgánico y el uso de cultivares. mejorados son tecnologías relevantes en la producción dentro de los macrotúneles por el incremento de la productividad y consecuentemente la rentabilidad. Según Kallo y Bergh (1993) los cultivares genéticamente mejorados han jugado un papel muy importante en aumentar el rendimiento de los cultivos vegetales.

El objetivo principal de este ensayo. consistió en evaluar la productividad y la rentabilidad de dos cultivares de Chile dulce en tres tipos de medios de producción.

Los objetivos específicos fueron; determinar el rendimiento y calidad de frutos de chile dulce sembrados en tres medios de producción, comparar económicamente la interacción entre los dos cultivares de chile dulce y los tres medios de producción y observar el comportamiento usando medios cuya preparación haya sido "ecoamigable" comparada con los tratamientos tradicionales hechos en suelo.

## 2 REVISION DE LITERATURA

### 2.1 GENERALIDADES DEL CHILE DULCE

El chile es originario de la zona tropical y subtropical de América. La primera característica para clasificarlos es el grado de picor o pungencia producida por una sustancia llamada capsicina ( $C_{18}H_{27}NO_3$ ), estos se dividen en dulces y picantes. La especie *annuum* es probablemente la más sembrada en el mundo y la que tiene mayor variabilidad genética. El centro de domesticación de esta especie se encuentra en Centroamérica y México (Bolaños 1998).

Para este ensayo se utilizó chile dulce (*Capsicum annuum*), del grupo campana ("bell"). El grupo campana incluye la mayoría de los cultivares para consumo fresco. Los frutos tienen un diámetro de 8 a 10 cm y de 10 a 14 cm de largo, compuestos de 4 lóbulos y paredes gruesas. El fruto alcanza el color verde intenso al estado verde "maduro" y toma la coloración roja o amarilla cuando logran la madurez fisiológica (Montes ¿ 19961).

### 2.2 CULTIVARES

Con el uso de variedades mejoradas e híbridos se obtiene mayor volumen de cosecha por área sembrada, productos uniformes y de mejor calidad, a su vez esto se refleja en un aumento de ingresos económicos.

Según Evans, citado por Wallace (1993) las contribuciones que las variedades mejoradas han ofrecido se pueden resumir en 5 categorías, estas son:

- . Adaptación aceptable a condiciones ambientales y de estrés locales
- . Resistencia genética a plagas y enfermedades,
- . La adaptación a prácticas hortícolas y agronómicas que están en continuo cambio
- . Potencial para lograr altos rendimientos
- . Calidad mejorada (proteínas, contenido graso, calidad de cocido y la relación ácido-azúcar. )

Como ejemplo, en los Estados Unidos de Norte América, análisis reportados por Cardwell, citado por Wallace (1993) en maíz en Minnesota demostraron que el 58% del incremento en los rendimientos, en los últimos 50 años, son debidos a la genética.

### 2.3 SUSTRATOS

El uso de sustratos que reemplazan el suelo ofrece varias ventajas, según Resh (1997) la desinfección es rápida y barata es posible una mayor densidad de plantas, el laboreo como deshierbas es mínimo, no hay enfermedades ni insectos en el medio de

cultivo, tampoco enfermedades en las raíces, no se necesita preparación del terreno y se puede utilizar el sustrato varias veces.

Enfermedades del suelo, como las causadas por los hongos *Fusarium* y *Verticillium*, y la bacteria patogénica *Pseudomonas solanacearum* pueden ser prevenidos con la utilización de sustratos esterilizados (Mabbett 1997).

Con los sustratos se puede lograr un medio óptimo para el crecimiento y desarrollo del cultivo ya que se consigue, si es una buena mezcla, una estructura adecuada con buena aireación, retención de agua y drenaje óptimo.

Uno de los materiales que se utilizó para los sustratos fue el compost. Según Benton (1997) los sustratos orgánicos, además de que ayudan a amortiguar el pH y almacenar elementos esenciales reduciendo deficiencias y excesos, tienen la ventaja de ser baratos, también describe que es común que se adicione otros materiales, incluyendo vermiculita, perlita o arena para mejorar algunas características como aumentar la porosidad, mejorar la capacidad de retención de agua u obtener peso.

Otro de los componentes utilizados fue la arena, Benton (1997) menciona que este es uno de los componentes más comunes y que se añade para proveer porosidad y peso a los contenedores (en este caso las bolsas) para mantenerlos firmes, pero recomienda que la arena no debe exceder más del 20% al 25% de la mezcla además, menciona que mezclas con más del 50% de arena tienen problemas con la capacidad de retención de agua.

La casulla de arroz, que fue otro de los componentes que se usó, es un elemento que ayuda a la estructura de los medios y acepta ser compostado con productos fermentables tales como gallinaza, estiércol de cerdos o sedimentos de estaciones purificadas de aguas servidas. La casulla no es muy hidrófila, por lo que se puede aumentar la relación con productos fermentados hasta en un 40% a 50% de manera de obtener una buena retención de agua en el sustrato para cultivos (FAO ¿1997?).

La producción en bolsas conteniendo sustratos ha sido bastante utilizada en Europa y en lugares donde siembran cultivos que necesitan tutoro como el tomate o el pepino. Este sistema es menos costoso que otros y es más flexible para utilizarlo en camas. Una recomendación es que las bolsas deben estar aisladas del suelo con una lamina de polietileno (FAO 1990).

## 2.4 COBERTOR PLÁSTICO

El "mulch" de polietileno (lámina de polietileno) ha generado alzas significativas en los rendimientos totales y comerciales. El plástico produce un efecto invernadero, calentando el suelo por el día y perdiendo lentamente en la noche el calor almacenado. El plástico también modifica la fluctuación de humedad, eliminando parcialmente la evaporación y evita que haya pérdida de nutrientes. El plástico preferido generalmente es el de color negro ya que ayuda a controlar el crecimiento de malezas, reduce la pérdida de agua por evaporación del suelo. También se han reportado incrementos de CO<sub>2</sub> cuando se utiliza plástico negro (Peirce 1987).

Otras ventajas mencionadas por Cermeño (1979), son el mantenimiento de la estructura y el aumento de la fertilidad del suelo. Con respecto a la primera, el suelo se conserva sin formarse costra y queda de la misma manera en que se cubrió, ya que no actúan los agentes atmosféricos y la desecación por pérdida de humedad. Por otro lado, se incrementan los procesos de nitrificación y solubilización de las sales del suelo por el aumento de la temperatura, conservación de humedad y el mantenimiento de la estructura en buen estado. Con el aumento en la temperatura y la humedad óptima se incrementa el desarrollo de los microorganismos que trabajan en beneficio de la fertilidad del suelo.

La calidad de estos plásticos se ha ido incrementando al grado que se utilizan varias veces sin necesidad de cambiarlo por lo que se diluyen los costos; por otro lado se han desarrollado cobertores plásticos en varios colores los cuales han demostrado un alza en el rendimiento con los cultivos que se han experimentado (Greenleaf 1999).

## **2.5 MACROTÚNEL**

Otra tecnología utilizada para reducir el riesgo en la agricultura y resolver limitantes en el campo son las estructuras de cobertura.

No existe una definición precisa para invernadero, Gorini, citado por Alpi y Tognoni (1991), describe en un artículo de la "Revista de la Hortofloricultura Italiana" de 1962 al invernadero de esta manera: "una construcción de madera, hierro u otro material, cubierta por cristales, provista por lo general de calefacción, que, a veces, está iluminada artificialmente y en donde se pueden cultivar hortalizas tempranas, flores y plantas verdes, en épocas en que la temperatura y la luz del lugar en donde se está cultivando sedan insuficientes para su crecimiento y su fructificación". Alpi y Tognoni (1991) añaden que se puede sumar a esta definición otros materiales, sobre todo, de recubrimiento.

Por otro lado, otros autores definen a los túneles como invernaderos sencillos. Estos túneles son la forma más simple de invernaderos, no poseen ventiladores, calefactores, o electricidad, comenta Rick Snyder, especialista en extensión vegetal de la Universidad de Mississippi, citado por Greenleaf (1999). Estas estructuras crean ventajas como la producción temprana en el verano y permiten la producción en tiempo de invierno.

Cermeño (1979) describe al invernadero como una instalación cubierta y abrigada artificialmente con materiales transparentes para defender las plantas de la acción de los meteoros exteriores. El volumen interior del recinto permite el desarrollo de los cultivos en todo su ciclo vegetativo.

Estas instalaciones están formadas por una estructura o armazón ligero (metálico, madera, hormigón, etc.), sobre la que se asienta una cubierta de material transparente (polietileno, policloruro de vinilo, poliéster, cristal, etc.), con ventanas frontales, cenitales y puertas para el servicio del invernadero.

Hay varias razones por las cuales se justifica la utilización de estructuras de cobertura, aunque los costos fijos de producción aumentan, los rendimientos en la mayoría de los casos son mayores significativamente y los costos variables como los de fitoprotección normalmente disminuyen así como los de mano de obra.

Según Alpi Y Tognoni (1991), los límites productivos están determinados por la potencialidad genotípica y por las condiciones ambientales y afirma que tales estructuras ayudan a obtener cercanamente los rendimientos máximos esperados por la expresión del genotipo.

Cermeño (1979), menciona que el aumento en producción dentro de invernaderos es de 2 a 3 veces superior que al aire libre, en caso del pimiento (chile dulce) a intemperie produce de 30,000 a 50,000 kg/ha Y dentro de invernadero 100,000 a 150,000 kg/ha.

Las ventajas que nos proveen estas estructuras son las siguientes: cultivar fuera de época, aumentar la producción, obtener mejor calidad, conseguir mayor precocidad, controlar mejor las plagas y enfermedades, ahorrar agua de riego, sufrir menos riesgos catastróficos, trabajar con mayor seguridad y comodidad (Cermeño 1979).

Otra razón de utilizar estas estructuras es que nos protegen del clima y eliminan la amenaza de enfermedades como el tizón temprano (*Alternaria solani*) y el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) (Mabbett 1997).

Entre las desventajas que pueden presentarse en el interior de las estructuras están:

El cultivo bajo cubierta puede traer problemas específicos que tal vez no se den al descubierto. La luz que penetra al interior puede ser filtrada por el polietileno o el vidrio resultando benéfico para algunos insectos y microbios. Insectos chupadores como los áfidos, mosca blanca y arañuelas rojas pueden causar mayores problemas dentro del invernadero ya que a la intemperie tienen varios factores que intervienen en su infestación como el efecto combinado del viento, el golpe de las gotas de lluvia, el escurrimiento y salpicaduras desde el suelo (Mabbett 1997).

Por otra parte, los invernaderos se prestan para producir microclimas altos en humedad en el interior que facilitan la aparición de hongos como *Botrytis* o el moho foliar del tomate causado por *Fulvia fulva*, estas enfermedades rara vez se presentan en producciones a la intemperie a menos de que sea en lugares altos y húmedos de los trópicos (Mabbett 1997).

## **3 MATERIALES Y METODOS**

### **3.1 UBICACION y AREA**

Este ensayo se realizó entre el 30 de noviembre de 1999 (fecha de transplante) al 7 de marzo del 2000 (última cosecha), en Zamorano, Honduras a 30 km. al este de Tegucigalpa a 14° latitud norte y 87° longitud oeste, a una altura de 800 msnm, con una temperatura promedio anual de 23.3 °C, humedad relativa promedio anual de 70.5% y una precipitación promedio anual de 1210 mm. El experimento se desarrolló en el macrotúnel G, con un área de 827 m<sup>2</sup>, ubicado en la zona 3 de la Zamoempresa de Cultivos Intensivos. Se surcaron 11 camas, 3 fueron utilizadas como pasillos con el objetivo de facilitar las labores culturales realizadas.

### **3.2 CULTIVARES**

Para este ensayo se utilizó el cultivar Keystone Resistant Giant (KRG), variedad mejorada de la casa comercial norteamericana Petoseed, el precio por plántula fue de US\$ 0.0157 (US\$ 0.015 por pilón más US\$ 0.0007 por semilla). El precio se consiguió de la casa comercial representante Petoseed en Honduras, la lata de 1 libra costó US\$ 43 (1 lb es igual a 64,000 semilla aproximadamente).

También se utilizó el cultivar Plutona, híbrido de la casa comercial holandesa DeRuiters Seed, el precio por plántula fue de US\$ 0.273 (US\$ 0.015 por pilón más US\$ 0.258 por semilla). El precio de la semilla fue proporcionado por la casa comercial DeRuiters en Columbus, representante en U. S.A.

### **3.3 SUSTRATOS**

Los sustratos utilizados en las bolsas fueron dos, cada uno con diferente proporción de materiales, se utilizó 16.38 m<sup>3</sup> para todo el macrotúnel de 827 m<sup>2</sup>. Las proporciones de los sustratos son las siguientes:

Sustrato 1: 58% de compost, 34% de casulla semiquemada de arroz y 8% de arena, el sustrato 1 tuvo un costo de US\$ 3.48 por m<sup>3</sup>, se dividió entre dos años y dos ciclos por año (cuatro ciclos).

Sustrato 2: 38% de compost, 50% de casulla semiquemada de arroz y 12% de arena, este sustrato tuvo un costo de US\$ 3.88 por m<sup>3</sup>, se dividió de la misma manera que el anterior.

Para la desinfección de los sustratos se pasteurizó, con vapor de agua, a 70°C por 3 horas, tandas de 7.4 m<sup>3</sup>. La pasteurización tuvo un costo de US\$ 10.27 por m<sup>3</sup>, este costo se dividió entre cuatro ciclos.

Se realizó una medición en cm de las plantas, desde la base del tallo hasta la última inflorescencia para conocer la influencia del medio de producción sobre la altura de las plantas.

### **3.4 BOLSAS**

El material de las bolsas fue de polietileno, la dimensión fue de 22.5 cm de diámetro por 44 cm de alto y un grosor de 5 milésimas de pulgada, con una capacidad de 0.01749 m<sup>3</sup>, fueron de color negro. Las bolsas no se llenaron hasta el tope, se dejó aproximadamente 3 cm de espacio. El costo fue de US\$ 2.12/kg que equivale a 38 bolsas (US\$ 0.06/bolsa), el costo se dividió entre cuatro ciclos.

### **3.5 COBERTOR PLASTICO**

Se utilizó un cobertor plástico en las camas para evitar el crecimiento de malezas y tener un mejor control de las enfermedades del cultivo. Tiene las siguientes dimensiones:

1.5 m de ancho por 82 m de largo por 1.25 milésimas de pulgada, el plástico se dobló en la mitad terminando con una dimensión de 0.75 m de ancho para una mejor adaptación en las camas. El costo del cobertor plástico fue de 0.12 US\$/m, para los tratamientos con bolsas el costo se dividió entre cuatro ciclos y para suelo entre 2 ciclos.

### **3.6 TRASPLANTE**

El trasplante se realizó el 30 de noviembre, se utilizaron 8 bandejas (120 plántulas por bandeja) por cada cultivar. Cada parcela tuvo una cama de doble hilera de 2.25 m por 6.5 m de largo. Cada parcela se consideró como un tratamiento. (Anexo 22)

#### **3.6.1 Trasplante en bolsa**

Del centro de una bolsa a otra hubo 40.5 cm y 2.25 m entre camas dobles, se trasplantó dos plantas por bolsa. En cada cama hubo 2 hileras de bolsas lo que totalizó en 64 bolsas y 128 plantas por cada tratamiento por repetición. (Anexo 22)

#### **3.6.2 Trasplante al suelo**

El distanciamiento del trasplante en el suelo fue de 30 cm entre plantas y 75 cm entre hileras de la misma cama. La distancia entre camas dobles fue de 2.25 m para un total de 84 plantas por tratamiento por repetición. (Anexo 22)

### **3.6.2 Trasplante al suelo**

El distanciamiento del trasplante en el suelo fue de 30 cm entre plantas y 75 cm entre hileras de la misma cama. La distancia entre camas dobles fue de 2.25 m para un total de 84 plantas por tratamiento por repetición. (Anexo 22)

Para abrir los agujeros en el cobertor plástico de las camas en donde se realizó el trasplante para el suelo se utilizó un tubo de 10 cm de diámetro soldado a una vara de hierro como mango. Para el uso de esta herramienta se colocó carbón encendido en el interior del tubo para realizar eficientemente la apertura de los agujeros.

### **3.7 TUTOREO**

El tutoreo se realizó 6 semanas después del trasplante. Se usaron estacas de madera de 1 m de alto a 2 m de distancia una de otra. El costo de las estacas fue de US\$ 0.25 por unidad, el costo se dividió entre cuatro ciclos. Se utilizó cabuya para el tutoreo, se hizo doble línea a 25 cm separada la una hilera de la otra, el tutoreo se realizó 6 semanas después del trasplante.

### **3.8 RIEGO**

Se utilizó riego localizado con microtúbulos en cada planta en el suelo, para las bolsas se utilizó uno, es decir, uno por cada dos plantas. Se regó todos los días de lunes a sábado, el tiempo varió dependiendo de la cantidad de humedad que se encontraba en el suelo (esto se determinó haciendo un agujero de una pulgada en los medios) regando ciertos días 30 minutos en la mañana y 30 minutos en la tarde y otros días se regó solo 30 minutos en todo el día (en la mañana o en la tarde).

Los microtúbulos tuvieron una descarga de 3 l/hr los cuales se aforaron con la presión que se utilizó en el macrotúnel G de zona nI. El costo de los microtúbulos fue de 0.27 US\$ por unidad, se dividió entre 6 ciclos (tres años). El costo de riego fue de 136.98 US\$/ha, esto incluyó mano de obra, agua y depreciación de la bomba.

Por la diferencia en la retención de agua que existe entre el suelo y el sustrato se retiraron los microtúbulos de las plantas que se sembraron en el suelo después de 15 minutos de riego ya que los sustratos tuvieron mayor frecuencia de riego y necesidad de agua, por lo que en el suelo se regó la mitad de lo que se regó en bolsas.

También se utilizó una regadera para humedecer lo suficiente el medio de las bolsas antes del trasplante ya que la retención de agua fue baja en los sustratos. Luego de una semana en que las plantas fueron bien establecidas se dejó de usar.

### **3.9 FERTILIZACIÓN**

Se realizaron análisis de suelos en el macrotúnel G de zona In y de las mezclas para las bolsas, este mostró que la cantidad de macroelementos excluyendo el nitrógeno, fue alta por 10 que no se necesitó aplicar (Anexo 23), solamente se hicieron

fertilizaciones de nitrógeno a través del riego, para lo cual se usó urea, se aplicó 30 kilogramos de urea para todo el macrotúnel (827 m<sup>2</sup>) por todo el ciclo (167 kg de N/ha), empezando dos semanas después del trasplante (14 de diciembre), la fertilización se realizaba dos veces por semana, aproximadamente se aplicó 1.05 kilogramos por aplicación.

### **3.10 COSECHA**

Para el análisis de datos se realizaron 5 cosechas, fueron las siguientes: 8 de febrero, 14 de febrero, 22 de febrero, 1 de marzo y 7 de marzo, el 17 de marzo se hizo el conteo de frutos para estimar el rendimiento potencial que quedó en el campo, se contabilizaron todos los frutos que tenían más de 2.54 cm de largo.

Como se menciona anteriormente se tuvo que hacer un conteo de frutos para estimar el rendimiento que quedó en el campo, no se terminó con el ensayo hasta el final por razones de tiempo.

### **3.11 PESO Y CLASIFICACIÓN**

El peso de la cosecha se realizó en la planta de Pos cosecha, la unidad de peso fue el kilogramo. Se hizo tres clasificaciones basándose en tres criterios: Problemas fisiológicos (estrés hídrico), daños mecánicos (daños por tutoreo o cosecha) y daños causados por plagas.

#### **3.11.1 Comercial**

Frutos sin problemas fisiológicos, daños mecánicos ni daños causados por plagas, que presentaban ninguna o poca deformación.

#### **3.11.2 Comercial deforme**

Frutos sin problemas fisiológicos, daños mecánicos ni daños causados por plagas, que presentaban deformación.

#### **3.11.3 No comerciales**

Frutos que presentaban problemas fisiológicos, daños mecánicos, daños por plagas o una combinación de las tres.

Los frutos comerciales deformes se analizaron juntamente con los comerciales para obtener el rendimiento comercial ya que se comercializaron con el mismo precio.

### **3.12 PARÁMETROS**

- Número de frutos comerciales y comerciales deformes por tratamiento y su respectivo peso en kilogramos.
- Número de frutos no comerciales por tratamiento y su respectivo peso en kilogramos.
- Costos comunes y diferenciales por tratamiento.

Se estimaron las siguientes variables:

- . Peso promedio por fruto comercial en cada tratamiento (kg/fruto)
- . Rendimiento comercial por hectárea de cada tratamiento (kg/ha)
- . Costos por kilogramo de chile comercial en cada tratamiento (US\$/ha)

### **3.13 TRATAMIENTOS**

Los tratamientos fueron 6 y se hicieron 4 repeticiones:

- Tratamiento 1: Cultivar KRG en suelo (KRG-SS)
- Tratamiento 2: Cultivar KRG en sustrato 1 (KRG-M1)
- Tratamiento 3: Cultivar KRG en sustrato 2 (KRG-M2)
- Tratamiento 4: Cultivar Plutona en suelo (PTA-SS)
- Tratamiento 5: Cultivar Plutona en sustrato 1 (PTA-M1)
- Tratamiento 6: Cultivar Plutona en sustrato 2 (PTA-M2)

### **3.14 DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño experimental fue un factorial (2' x 3) con 4 repeticiones donde se utilizaron dos cultivares de chile dulce y tres medios de producción. Se ordenó en BCA (bloques completamente al azar) cada bloque fue una repetición que contenía todos los tratamientos, se ordenó de esta manera ya que el macrotúnel tiene un gradiente de drenaje por la ligera pendiente que presenta.

El diseño tuvo 4 repeticiones de 6 tratamientos, resultando en 24 parcelas de 29.25 m<sup>2</sup>. Las parcelas de muestreo, que estuvieron en el centro del macrotúnel, tuvieron una dimensión de 14.62 m<sup>2</sup>, fueron camas dobles de 2.25 m de ancho por 6.5 m de largo, se hicieron 5 cosechas y una estimación de frutos que quedaron en el campo.

(Anexo 22)

### **3.15 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis estadístico se realizó en el programa S.A.S. System v6.12, consistió en un Análisis de Varianzas (ANDEVA) y separación de medias por el método de Duncan.

### **3.16 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Se utilizó la metodología del CIMMYT de presupuestos parciales. Este método se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios alternativos (CIMMYT 1988).

También se realizó un análisis de dominancia, en el cual se determinó cuáles son los tratamientos dominados. Un tratamiento dominado es el que tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos. Luego se analizó la tasa de retorno marginal, esta nos indica cuánto es la ganancia incremental después de recuperar la inversión cuando paso de una tecnología a otra (CIMMYT 1988).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 4.1.1 Rendimiento comercial

El cultivar KRG tuvo un rendimiento comercial promedio de 27,142 kg/ha comparado con el cultivar Plutona 31,731 kg/ha el cual fue significativamente más alto ( $P=0.0321$ ).

No hubo diferencia significativa en el rendimiento comercial debido a los medios de producción ( $P=0.6255$ ).

Tampoco hubo diferencia en la interacción del cultivar por los medios de producción que haya influido en los rendimientos comerciales ( $P=0.4791$ ).

Hubo diferencia significativa en los rendimientos comerciales entre bloques indicando efecto en rendimiento por gradiente ( $P=0.0501$ ). (Anexo 19)

El incremento en el rendimiento comercial de un tratamiento a otro se debió a los cultivares. Utilizar un híbrido como Plutona incrementó el rendimiento comercial en 17% comparando con KRG que es una variedad mejorada, comparando los dos en el sustrato 2 que fue el más rentable.

Los sustratos en bolsa, estadísticamente no contribuyeron en el rendimiento comercial; pero se puede observar que ayudaron a que los cultivares tanto el híbrido como la variedad mejorada puedan expresar su vigor en mayor grado que en el suelo.

#### 4.1.2 Peso promedio de fruto

El suelo, con frutos comerciales de 0.1368 kilogramos de peso promedio, superó al sustrato 1 que tuvo un peso promedio por fruto de 0.1262 kilogramo y al sustrato 2 con 0.1260 kilogramo ( $P=0.0503$ ).

La diferencia de peso promedio de frutos comerciales por cultivares no fue significativa ( $P=0.2876$ ).

No hubo diferencia entre las interacciones sustrato por cultivar ( $P=0.9675$ ). (Anexo 21)

El peso de los frutos comerciales en los tratamientos al suelo pudo ser efecto del riego ya que el suelo tuvo mayor retención de agua, los sustratos en bolsa por ser porosos no tuvieron buena retención.

## 4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

Cuadro 1. Costo total por kilogramo de chile dulce en macrotúnel

	<b>KRG-SS</b>	<b>KRG-M1</b>	<b>KRG-M2</b>	<b>PTA-SS</b>	<b>PTA-M1</b>	<b>PTA-M2</b>
	<b>Subtotal</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Subtotal</b>
C. común (US\$/ha)	5,656.56	5,656.56	5,656.56	5,656.56	5,656.56	5,656.56
C. diferen. (US\$/ha)	2,305.90	3,937.03	3,972.03	10,012.06	15,677.54	15,712.54
<b>Costo total (US\$/ha)</b>	<b>7,962.46</b>	<b>9,593.59</b>	<b>9,628.59</b>	<b>15,668.62</b>	<b>21,334.10</b>	<b>21,369.10</b>
Rendimiento (kg/ha)	27,132.07	31,486.48	34,502.50	35,598.83	34,643.59	36,839.78
<b>Costo total (US\$/kg)</b>	<b>0.293</b>	<b>0.305</b>	<b>0.279</b>	<b>0.440</b>	<b>0.616</b>	<b>0.580</b>

Tasa de cambio: L. 14.6

MI: Sustrato 1: 58% de compost, 34% de casulla semiquemada de arroz y 8% de arena

M2: Sustrato 2: 38% de compost, 50% de casulla semiquemada de arroz y 12% de arena

Plutona en sustrato 2 tuvo el mayor costo diferencial siendo 6.8 veces más alto que el de KRO en suelo que fue el más bajo.

El costo total más alto lo tuvo Plutona en sustrato 2 que fue 2.7 veces mayor que el costo más bajo, el cual fue con KRG en suelo. Esta proporción se redujo en el costo total por kilogramo de chile dulce a 2 por el rendimiento de Plutona que fue más alto.

Plutona en sustrato 1 fue el que mayor costo por kilogramo de chile dulce obtuvo, comparado con el de menor costo por kilogramo de chile dulce que fue 2.2 veces más bajo, el cual fue KRO en sustrato 2.

Los costos diferenciales del cultivar Plutona fueron mucho más altos que los del cultivar KRO debido al precio de la semilla (Plutona US\$ 0.273 por semilla y KRO US\$ 0.016) que fue 1600% mayor. (Anexo 5)

Una de las razones por la que los costos diferenciales de los tratamientos con sustratos en bolsas fue alto se debió a que no se conoce el tamaño de caldera óptimo para lograr una desinfección eficiente, este costo representa un porcentaje considerable dentro de los costos diferenciales (26% para KRG y 6% para Plutona), la caldera que se utilizó en este ensayo utiliza 15 gls de diesel por hora. (Anexo 5)

Cuadro 2. Análisis de sensibilidad de precios (US\$/ha)

Tratamiento	Costo total (US\$/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Ingreso bto (precio US\$/kg)		Beneficio neto (US\$/ha)		Rentabilidad (%)	
			0.45	0.75	0.45	0.75	0.45	0.75
KRG-SS	7,962.46	27,132.07	12,209.43	20,441.30	4,246.97	12,478.85	53.34	156.72
KRG-M1	9,593.59	31,486.48	14,168.92	23,721.91	4,575.32	14,128.32	47.69	147.27
KRG-M2	9,628.59	34,502.50	15,526.12	25,994.18	5,897.53	16,365.59	61.25	169.97
PTA-SS	15,668.62	35,598.83	16,019.47	26,820.16	350.85	11,151.54	2.24	71.17
PTA-M1	21,334.10	34,643.59	15,589.62	26,100.48	(5,744.49)	4,766.38	-26.93	22.34
PTA-M2	21,369.10	36,839.78	16,577.90	27,755.09	(4,791.20)	6,385.99	-22.42	29.88

Tasa de cambio: L. 14.6

M1: Sustrato 1: 58% de compost, 34% de casulla semiquemada de arroz y 8% de arena

M2: Sustrato 2: 38% de compost, 50% de casulla semiquemada de arroz y 12% de arena

El cultivar KRG en el sustrato 2, resultó el más rentable, 169% de rentabilidad sobre costos con un precio promedio de US\$ 0.75, seguido con un 156% de rentabilidad del cultivar KRG en suelo, con un precio promedio por kilogramo de US\$ 0.75, los tratamientos menos rentables fueron Plutona en sustrato 1 (22%) Y Plutona en sustrato 2 (29%).

Cuadro 3. Análisis de Dominancia (US\$/ha)

Tratamiento	Costo Diferencial	Beneficio neto	
KRG-SS	2,305.90	12,478.85	
KRG-M1	3,937.03	14,128.32	
KRG-M2	3,972.03	16,365.59	
PTA-SS	10,012.06	11,151.54	D*
PTA-M1	15,677.54	4,766.38	D*
PTA-M2	15,712.54	6,385.99	D*

\*Tratamiento dominado

Tasa de cambio: L. 14.6

MI: Sustrato 1: 58% de compost, 34% de casulla semiquemada de arroz y 8% de arena

M2: Sustrato 2: 38% de compost, 50% de casulla semiquemada de arroz y 12% de arena

Los tratamientos que tuvieron el cultivar Plutona fueron dominados, esto se debió al alto costo por semilla (Anexo 5). También se debió a que la tecnología que se está probando es nueva y falta hacer muchos ajustes. En un futuro con esta tecnología mejorada al máximo, es posible que el híbrido pueda demostrar todo su vigor.

Cuadro 4. Análisis de la tasa de retorno marginal (USS)

Tratamiento	Costo que varia	Costo marginal	Beneficio Neto	Beneficio neto Marginal.	Tasa de retorno Marginal (%)
KRG-SS	2,305.90		12,478.85		
		1,631.13		1,649.48	101%
KRG-M1	3,937.03		14,128.32		
		35.00		2,237.27	6392%
KRG-M2	3,972.03		16,365.59		

Tasa de cambio: L. 14.6

MI: Sustrato 1: 58% de compost, 34% de casulla semiquemada de arroz y 8% de arena

M2: Sustrato 2: 38% de compost, 50/0 de casulla semiquemada de arroz y 12% de arena

La tasa de retorno marginal más alta se consiguió al pasar del tratamiento KRG en sustrato 1 a KRG en sustrato 2, esta fue de 6392%.

Esto se debe a la diferencia en rendimientos comerciales, KRG en sustrato 2 superó a KRG en sustrato 1 en 36% de rendimiento comercial en kg/ha.

### **4.3 RESULTADOS TECNICOS**

Se obtuvo mermas del 16% en caso de KRG en suelo y 10% en Plutona en suelo, para los tratamientos en sustrato se obtuvo un porcentaje del 9 a 11 % en KRG y del 9 a 10% en Plutona por daños patológicos, de cosecha y de estrés hídrico. (Anexo 7)

La mortalidad de plantas en el suelo al final del ensayo fue bien alta, KRG 71% Y 62% Plutona, comparando con las plantas en bolsas que seguían produciendo flores y frutos al momento de tomar los datos (17 de marzo). El porcentaje de mortalidad en promedio fue de 14% para los tratamientos con sustratos en bolsa. Esto pudo deberse a que los sustratos desde un principio tuvieron la ventaja de la pasteurización, eliminando varias de las enfermedades que se presentaban en el suelo (Anexo 9)

Las plantas de mayor altura se obtuvieron en los tratamientos en suelo, las plantas del cultivar KRG tuvieron una altura de 79 cm y las plantas del cultivar Plutona tuvieron una altura de 76 cm. Las plantas en bolsa fueron más pequeñas, en promedio estuvieron en 66 cm. (Anexo 10)

## 5 CONCLUSIONES

1. El utilizar un híbrido dio mejores resultado técnicos. Hubo bastante diferencia entre la variedad KRG y el híbrido Plutona en lo que a rentabilidad se refiere. El cultivar KRG en sustrato 2 fue el que mejor comportamiento económico tuvo.
2. El peso promedio por fruto comercial fue mejor en los tratamientos con suelo.
3. Dentro de los costos diferenciales, el de pasteurización es considerablemente alto.
4. También se pudo observar que las plantas trasplantadas en el suelo tuvieron mayor mortalidad que las que fueron trasplantadas en bolsa.
5. La producción en bolsas ayuda a reducir la contaminación del ambiente y conservar el suelo ya que se pudo observar que hubo menos degradación de los suelos y menor incidencia de plagas. Con está forma de producción se hace posible la utilización de suelos marginales o degradados.

## **6 RECOMENDACIONES**

1. Usar el sustrato 2 con el cultivar KRG bajo macrotúnel en condiciones del Zamorano.
2. Seguir haciendo otros ensayos en los cuales se pongan por separado los tratamientos con sustratos en bolsa, de los tratamientos en suelo para facilitar la comparación de costos.
3. Buscar una fuente más barata de pasteurización para los sustratos en bolsa puede ser un punto clave para aumentar la rentabilidad y hacer más factible el uso de estas tecnologías.

## 7 BIBLIOGRAFIA

ALPI, A. Y TOGNONI, F. 1991. Cultivo en Invernadero. Ed. por Cerisola C.I. 3 ed Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 347 p.

BENTON, J. 1997. Hydroponics, a practical guide for the soilless grower. Boca Ratón, Florida. St. Lucie Press. 230 p.

BOLAÑOS, A. 1998. Introducción a la Olericultura. San José, Costa Rica, Editorial Universidad Estatal a Distancia. 351 p.

CERMEÑO, Z. S. 1979. Invernaderos: Instalación y Manejo. Madrid, Publicaciones de Extensión Agraria. 431 p.

CIMMYT, 1988. La Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos: Un Manual Metodológico de Evaluación Económica. México D.F., México: CIMJvIYT.

FAO. (CHILE). ¿1997? Sustratos para la Agricultura en Regiones Tropicales y Subtropicales. Santiago, Chile, F AO. 76 p.

FAO. (UNITED KINGDOM). 1990. Soilles culture for horticultural crop production. Littlehampton, D.K, FAO. 188 p.

FASSBENDER, H. 1975. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Costa Rica. Ed. Matilde de la Cruz. 398 p.

GREENLEAF. 1999. Plastic Trends Breed Productivity. American Vegetable Grower (U.S.A) 47(4): 16-17.

WALLACE, A and WALLACE, G. A. 1993. Limiting Factors, High Yields, and Law of the Maximum. Ed by Jules Janick. New York, Jhon Wiley & Sons, fuc. Horticultural Reviews (D.S.A.) 15:409 - 450.

KALLO, G. and BERGH, B.O. 1993. Genetic improvement of vegetable crops. New York. Ed. Pergamon Press. 833 p.

MABBETT, T. 1997. Bajo Techo es Bajo Control. Agricultura de las Américas Mayo/Junio 46(3):4-8.

MONTES, A. ¿ 19961. Cultivos de Hortalizas en el Trópico. El Zamorano, Honduras, Zamorano Academic Press. 208 p. .

PEIRCE, L. C. 1987. Vegetables: Characteristics, Production, and Marketing. New York, Jhon Wiley & Sons, Inc. 433 p.

PINARGOTE, M. 1997. Determinación del grado de contaminación por fertilizantes en una zona de producción intensiva de tomate. Tesis Ing.Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. 40 p.

RESH H., M. 1997. Cultivos Hidropónicos: Nuevas Técnicas de Producción. Ed. rev. y ampo por Carlos de Juan. 4 ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. 509 p.