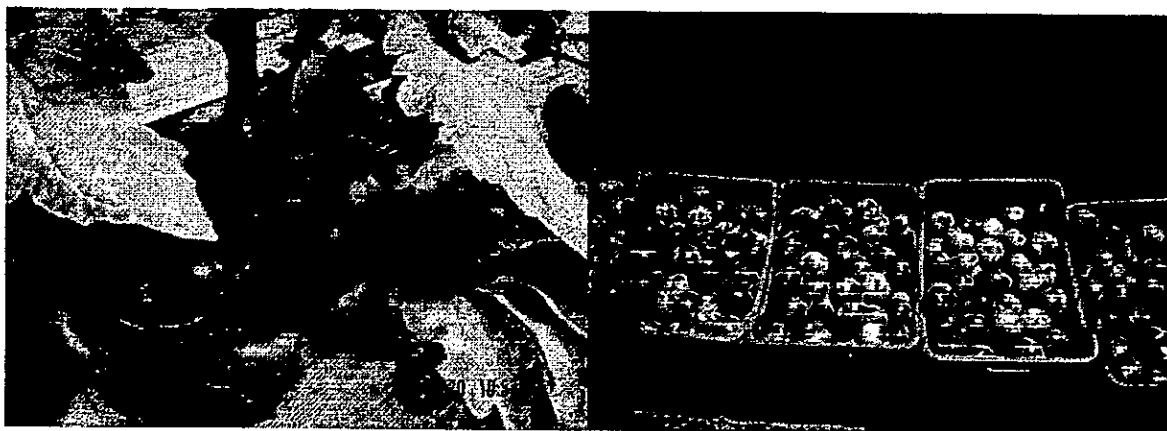


Investigación y Desarrollo para el Uso de tuberías de Polietileno con Gotero como Alternativa al Uso de Cinta de Riego en el cultivo de Tomate bajo Invernadero.



Sociedad Agrícola El Guindo Ltda.

Investigación y Desarrollo para el Uso de tuberías de Polietileno con Gotero como Alternativa al Uso de Cinta de Riego en el cultivo de Tomate bajo Invernadero.

- **NÚMERO DE INFORME FINAL : Nº 3**
- **CÓDIGO DEL PROYECTO : 201-2703**
- **ENTIDAD PATROCINADORA : Fontec-Corfo**
- **ENTIDAD EJECUTORA : Sociedad Agrícola El Guindo Limitada**
- **FECHA DE ENTREGA : 30 de Junio del 2004**

INDICE

1.- ANTECEDENTES GENERALES

2.- DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS

2.1.- Etapa 1 Recopilación de antecedentes

2.1.1.- Estado del arte

2.1.2.- Antecedentes de suelo

2.1.3.- Antecedentes climáticos

2.1.4.- Antecedentes hidricos.

2.2.- Etapa 2 Montaje de los ensayos

2.3.- Etapa 3 Mediciones

2.3.1.- Estado hídrico del suelo.

2.3.2.- Estado hídrico de la planta.

2.3.3.- Producción.

2.3.4.- Calidad.

2.3.5.- Desordenes fisiológicos.

3.- PROBLEMAS PRESENTADOS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

4.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.- Volumen de agua aplicada

4.2.- Efecto de la separación de los emisores en cultivo bajo invernadero

4.2.1.- Efecto de la separación de los emisores en el estado hídricos de las plantas de tomates.

4.2.2.- Efecto de la separación de los emisores en el rendimiento de tomates bajo invernaderos.

4.2.3.- Efecto de la separación de los emisores sobre la calidad del tomate bajo invernadero.

4.2.4.- Efecto de la separación de los emisores en el rendimiento de pimiento bajo invernaderos

4.3.- Efecto de las líneas de riego enterrada en el cultivo de tomate bajo invernadero

4.3.1.- Efecto de la ubicación en profundidad de las líneas de riego sobre la producción de tomates.

4.4.- Efecto del uso de la técnica de secado parcial de raíces (PRD) en el cultivo del tomates.

4.4.1.- Efecto del uso de la técnica de secado parcial de raíces (PRD) en el rendimiento del cultivo de Tomates.

5.- CONCLUSIONES

6.-INFORME ECONOMICO

7.-ANEXOS

1.- ANTECEDENTES GENERALES

Sociedad Agrícola El Guindo Limitada presentó en el año 2001 un proyecto Fontec línea 1, asociado al uso de tuberías integradas con goteros en reemplazo de la cinta de riego en invernaderos, con el fin de disminuir los costos de producción del cultivo del tomate..

La necesidad de realizar este proyecto aparece en el momento que Agrícola EL Guindo Ltda se plantea la necesidad de bajar los costos de producción de manera de mantener su competitividad. Uno de los ítems posible de optimizar es el relacionado con la reposición de la cinta de riego, que para esta empresa representa \$ 21.042.000 anuales.

El proyecto se dividió en 5 etapas, como se presenta a continuación:

Etapla 1 Recopilación de antecedentes. Período destinado a realizar una búsqueda de información nacional e internacional con objeto de ampliar los antecedentes existentes sobre los tópicos en estudio. Además, en este lapso de tiempo, se recopilará información de suelos y agua del campo. Esta etapa tiene una duración de 30 días.

Etapla 2 Montaje de los ensayos. La duración aproximada de esta etapa es de 30 días. Involucra básicamente la instalación de las líneas de riego de los diferentes tratamientos a evaluar en este trabajo.

Etapla 3 Mediciones. Esta etapa es permanente durante el desarrollo del ensayo. En ella se harán periódicamente, mediciones de producción, estado hídrico de las plantas, estado hídrico del suelo, entre otras.

Etapla 4 Análisis y presentación de la información. Esta etapa tiene una duración dos meses por año y será ejecutada por INIA, Institución encargada de realizar las mediciones y analizar la información de acuerdo al convenio firmado entre Sociedad Agrícola el Guindo e INIA.

Etapla 5 Escalamiento productivo de la tecnología. Etapa que se realizará una vez terminada las evaluaciones y, concluido con éxito el proyecto. Consiste en aplicar en el predio la tecnología mejor evaluada, esto se realizará en forma paulatina hasta completar el quinto año del proyecto.

En el cuadro N° 1 se presenta un cronograma con las diferentes etapas.

Cuadro N°1. Cronograma de Actividades

Etapas	Años					
	0	1	2	3	4	5
Recopilación e antecedentes	■	■	■			
Montaje de los ensayos	■					
Mediciones	■	■	■	■		
Análisis y presentación de la información		■	■	■		
Implementación de la tecnología	■				■	■

A tres años de iniciado el proyecto, se ha finalizado la etapa 1, 2, 3 y 4, correspondiendo a la búsqueda de información preliminar, instalación del ensayo, mediciones y análisis de la información.

La etapa 5 que inicialmente se contemplaba desarrollar entre el año 4° y 5° del proyecto, se comenzó a ejecutar, durante el segundo año, materializándose en la colocación de 2.5 hectáreas de tubería de polietileno de 0.9 mm de espesor con goteros integrados a 50 cm. Durante el tercer año de este proyecto, Sociedad Agrícola El Guindo, aumentó la superficie de tuberías con goteros, al implementar en el sector La Capilla, 3 há, con emisores a 30 cm.

Debido a las condiciones del mercado del cultivo del tomate, una buena parte de las empresas agrícolas dedicadas a este rubro han diversificado su producción. A raíz de esta situación, se evaluó, también, esta tecnología en Pimiento.

En resumen, en estos tres años de proyecto, se ha evaluado el efecto del cambio de cinta a tubería con goteros en tres plantaciones de tomate de invierno (Primor Tardío) y en dos plantaciones de verano (Tomate de Otoño). Además, se ha evaluado el efecto de la línea de gotero en dos cultivos de Pimiento.

En este informe se resumen los resultados obtenidos en los tres años de ejecución del proyecto Fontec.

2.- DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS

2.1.- Etapa 1 Recopilación de antecedentes

2.1.1.- Estado del arte

La cinta de riego es un emisor que se caracteriza por estar compuestos por dos conductos paralelos, uno principal, tubo de transporte y otro secundario, tubo de reparto. Del conducto secundario el agua pasa al exterior a través de un orificio (Figura N° 1)

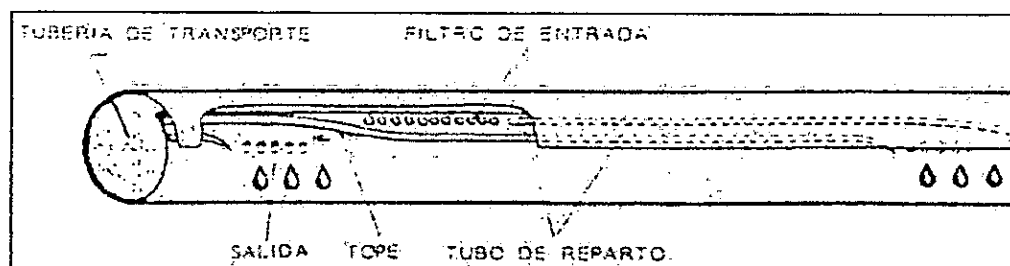


Figura 1. Cinta de riego con laberinto largo de régimen laminar.

El espaciamiento de los orificios de salidas en las cintas de riego varían entre 20 y 60 cm, dependiendo del suelo y del cultivo. Las cintas más utilizadas en Chile, en la producción de tomate bajo invernaderos, tienen orificios cada 20 cm y descargan un caudal de aproximadamente 5 L/h/m a una presión de trabajo de 7 m.c.a. (Ferreyra et al, 2000).

En el país, la cinta de riego es ampliamente utilizado en la producción de hortalizas y flores. Sin embargo, en España, específicamente en la localidad de Almería, que posee más de 30.000 hás de invernaderos para la producción de tomate, se utiliza exclusivamente riego por goteo con emisores cada 50 cm. Algo similar ocurre en Israel, donde el riego por goteo se utiliza en cultivos intensivos, dejando el uso de la cinta de riego para cultivos extensivos como el algodón. (Información obtenida por Raúl Ferreyra, especialista en riego y drenaje del INIA, en viajes realizados a España (1998) e Israel (1999)). Esto se debe a que el riego por goteo es más barato que la cinta riego, debido a su mayor vida útil, aproximada de 15 años, a diferencia de la cinta que sólo dura una temporada. (Manual de obras Menores Ciren - Corfo 1996)

En las líneas de riego por goteo de última generación, el flujo agua en su interior corresponde a un régimen turbulento, de esta manera se disminuyen posibilidades de taponamiento de la tubería. En cambio la cinta de riego presenta un diseño hidráulico que permite un flujo laminar, generando mayores posibilidades de taponamiento del emisor. (Curso internacional de riego Shefayim 2001. Israel.) Además, las líneas de goteo al compararla con la cinta presentan un mejor coeficiente de variación de fabricación (II Curso internacional de riego localizado España 1981), lo que afecta directamente la uniformidad del riego. Debido a esto en el riego por goteo se pueden obtener coeficientes de uniformidad del 90% en cambio en las cintas solo se podría llegar a un 85%. (Ferreira et al 2000 Diseño, manejo y mantención de riego localizado). Esto implicaría, según la función de producción del cultivo del tomate, publicada por Ferreira et al 1985, un aumento en la producción enl 5.9%, además de un ahorro de agua del orden del 5%.

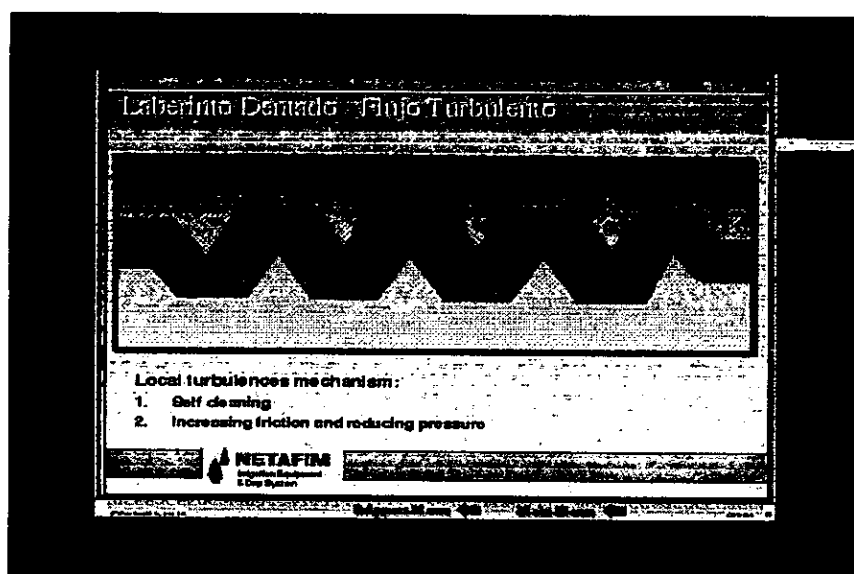


Figura N° 2. Gotero insertado. Laberinto de gotero con régimen turbulento.

El precio de mil metros de cinta oscila alrededor de los 60 dólares, en cambio la tubería con gotero insertado, su valor es cercano a los 110 dólares. Si además del precio consideramos las propiedades de las tuberías, expuestas con anterioridad (durabilidad y diseño hidráulico), al reemplazar las cintas por líneas de goteros, se podría obtener un aumento en la rentabilidad del cultivo del tomate bajo invernadero del orden del 8%, al pasar de un TIR del 13% al 21%.

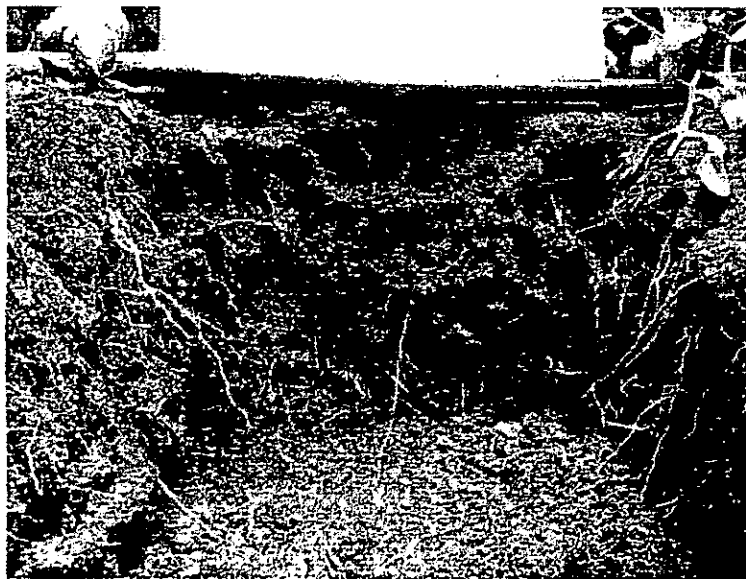
Sin embargo existe un problema tecnológico, necesario de resolver antes de masificar este cambio, relacionado con el efecto que tendría modificar la separación de los emisores en los suelos utilizados en el cultivo de tomate en el predio de Soc Agrícola El Guindo Ltda, los cuales son muy diferente a los sustratos artificiales utilizados en España e Israel.

2.1.2.- Antecedentes de suelo

El ensayo se instaló en suelos formados por sedimentos finos depositados bajo condiciones lacustres, de texturas finas a muy finas, de drenaje imperfecto a muy pobre.

La serie de suelo a la que corresponde el predio es la Serie San Isidro. Esta se caracteriza por presentar suelos de origen lacustre, moderadamente profundos, de texturas arcillosas de color pardo grisáceo muy oscuro en la superficie y texturas arcillosas de color pardo grisáceo oscuro y negro en el tono 10YR en profundidad.

Durante la etapa 1 de este proyecto se realizó un estudio de suelo de la zona del ensayo. La descripción de las calicatas aparece en el anexo N°4 del informe de avance N° 1. De este estudio se puede concluir que los pedones descritos corresponden a la serie San Isidro (Fotografía N° 1), pero cuyos defectos de drenaje subsuperficial han sido superados a través de obras hidráulicas.



Fotografía N° 1. Calicata sector ensayo (sector 18)

2.1.3.- Antecedentes climáticos

El área del proyecto, está ubicada en una zona climática de tipo Templado Mesotermal (oscilaciones térmicas medias) cuyo rasgo dominante es la alternancia de estaciones secas y húmedas. Las primeras estación está determinadas por la intensificación y extensión del anticiclón del Pacífico Sudoriental en los meses de verano, que dura aproximadamente 8 meses, mientras que las segundas está determinadas por los sistemas ciclónicos migratorios en invierno. El anticiclón tiene asociado una gran estabilidad térmica que junto con el relieve del área limita la influencia marina sólo al fondo de los valles.

Las precipitaciones anuales de la zona varían entre 400 y 500 mm, concentradas en cuatro meses principalmente entre Mayo y Agosto. La evaporación anual es del orden de los 1.600 a 1.800 mm anuales, con valores mensuales máximas en los meses de Diciembre, Enero y Febrero (250 mm/mes). Estas temporadas condiciones son favorables al establecimiento de especies frutales de hoja perenne, por el corto período de heladas y la baja acumulación de horas frío. Esta condición permite también la producción de hortalizas tempranas y fuera de la estación.

De acuerdo al estudio agroclimático realizado por Santibáñez y Uribe (1993), el área del ensayo se encuentra bajo la influencia del distrito agroclimático 65.1, el cual presenta una acumulación de 612 horas frío y un periodo libre de heladas (PLH) de 339 días. El cuadro N°2 resumen los parámetros climáticos más importantes.

Cuadro N° 2. Valores anuales para algunos parámetros climáticos

D.A	Parámetros Climáticos							
	T° Media (°C)	Acum. D-G (días grado)	Acum. Hrs. Frío (horas)	Rad. Solar (Ly día ⁻¹)	H° Relat. (%)	Precipi t. (mm)	ETo (mm)	PLH (días)
65.1	14,0	1.682	612	374	77	447	1.194	339

Fuente: Santibáñez y Uribe, 1992.

2.1.4.- Antecedentes hidricos.

El predio cuenta con dos pozos profundos que en conjunto entregan 35 l/s, caudal suficiente para regar todo el predio. La conductividad eléctrica del agua de riego es de 0.85 dS/m y el pH es de 7.85. El contenido de carbonatos supera las 30 ppm por lo que es recomendable acidular el agua de riego para permitir una mejor disponibilidad de los nutrientes presentes en el suelo.

2.2.- Etapa 2 Montaje de los ensayos

Los experimentos se realizaron en los módulos 17-18 y 19 de la parcela la Era, propiedad de la Sociedad Agrícola el Guindo Limitada, la que se ubica en el sector de San Isidro, callejón la Glorieta s/n, ubicado en la Provincia de Quillota V Región.

Los experimentos se realizaron en tomates bajo invernaderos. En el cuadro N° 3, se presenta las variedades utilizadas en los ensayos, su fecha de plantación y cosecha.

Cuadro N° 3. Variedades utilizadas en los ensayos

Variedad	Tipo de cultivo	Fecha de Plantación	Fecha de cosecha	Epoca Cosecha
FA 593	Primor tardío	15 Junio 2001	30 Diciembre 2001	Verano
Naomi y Miramar	Verano	15 Septiembre 2002	15 Marzo 2003	Verano
Fortaleza	Primor tardío	Mayo 2003	Diciembre 2003	Verano
FA 870	otoño	15 Enero 2002	15 Mayo de 2002	Invierno
Miramar	Otoño	Febrero 2004	Agosto 2004	Invierno

La variedad 593 se plantó en una densidad de 24.000 plantas por hectárea, en cambio las variedades FA 870, naomi y Miramar, se plantaron a una densidad de 12.000 plantas por hectárea, pero fueron conducidas en doble eje. La variedad Fortaleza, se plantó, en el tercer año de ensayo, a una densidad de 24.000 plantas por hectárea.

La implementación de las parcelas experimentales comenzó en el mes de junio del 2001, abarcando aproximadamente una superficie total de 0.9 hectáreas

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones (900 plantas por repetición).

Los ensayos implementados son los siguientes:

Ensayo 1 Efecto de la separación de emisores sobre la producción y calidad del tomate

En este ensayo los tratamientos evaluados fueron los siguientes

- 1.- Tratamiento testigo (T0). Emisores a 20 cm, doble línea de riego, (cinta)
- 2.- Tratamiento 1 (T1). Emisores a 50 cm, doble línea (línea de goteo)
- 3.- Tratamiento 2 (T2). Emisores a 40 cm, doble línea (línea de goteo)
- 4.- Tratamiento 3 (T3). Una Emisores a 20 cm, una línea de riego (cinta)
- 5.- Tratamiento 4 (T4). Emisores a 50 cm, una línea (línea de goteo)
- 6.- Tratamiento 5 (T5). Emisores a 30 cm, doble línea (línea de goteo).

Es necesario indicar que todos los tratamientos recibieron la misma cantidad de agua por metro lineal, sólo hubo cambios en la separación de los emisores.

El tratamiento 6 sólo se evaluó en la última temporada, porque no estaba planificado en el diseño inicial.

Ensayo 2 Efecto de la ubicación en profundidad de la línea de emisión sobre la producción y calidad del tomate

En este ensayo los tratamientos evaluados fueron los siguientes

- 1.- Tratamiento testigo (T0). Cinta Emisores a 20 cm., doble línea, dispuestos superficialmente (cinta)
- 2.- Tratamiento 1 (T1). Emisores a 50 cm, doble línea (línea de goteo)
- 3.- Tratamiento 2 (T2). Emisores a 40 cm, doble línea (línea de goteo)

4.-Tratamiento 3 (T3). Emisores a 50 cm. doble línea, enterrada a 15 cm. de profundidad (línea de goteo).

5.-Tratamiento 4 (T4). Emisores a 40 cm. doble línea, enterrada a 15 cm. de profundidad (línea de goteo).

La cantidad de agua aplicada en todos los tratamientos fue similar, sólo hubo cambios en la ubicación de los emisores.

Ensayo 3. Efecto del secado parcial de raíces en la calidad y producción del tomate.

Durante el segundo año, se agregó un nuevo ensayo al proyecto, que consistió en comparar el riego a través dos línea de cinta por platabanda en forma permanente respecto regar a dos líneas pero en forma alternada. Esta metodología se conoce con el nombre Secado Parcial de Raíces (PRD). Esta técnica según bibliografía, en años de sequía, permitiría disminuir el agua aplicada sin afectar en forma importante los rendimientos.

En este ensayo se aplicaron dos tratamientos

1.-Tratamiento testigo (T0). Emisores a 20 cm., doble línea, dispuestos superficialmente (cinta)

2.-Tratamiento (T1). Emisores a 20 cm., doble línea, dispuestos superficialmente (cinta), pero regados en forma alternada (PRD)

En forma adicional y con posterioridad a la implementación del ensayo, debido a una necesidad de la empresa de rotar cultivos dentro del invernadero, se procedió a evaluar el efecto de cambio de cinta de riego a líneas de goteo en el cultivo del pimentón.

Durante el año 2002-2003, se evaluó la variedad de pimentón Elisa y durante el 2003-2004, la variedad Volga.

Para evaluar la factibilidad de reemplazo de las cintas por líneas de goteo en pimentones, se procedió a realizar el siguiente ensayo.

Ensayo 4 Efecto de la separación de emisores en Pimiento

En este ensayo los tratamientos evaluados fueron los siguientes

1.-Tratamiento testigo (T0). Emisores a 20 cm, doble línea de riego, (cinta)

2.-Tratamiento 1 (T1). Emisores a 50 cm, doble línea (línea de goteo)

2.3.- Etapa 3 Mediciones

Las necesidades de agua del cultivo se estimaron a partir de la evapotranspiración del cultivo (Etc), utilizando el método del evaporímetro de bandeja clase A (Allen et al., 1998). El agua fue aplicada a través de un equipo de riego compuesto por emisores cuyo caudal es de 5 L h⁻¹ por metro lineal. Todos los tratamientos recibieron la misma cantidad de agua.

Las mediciones realizadas fueron las siguientes:

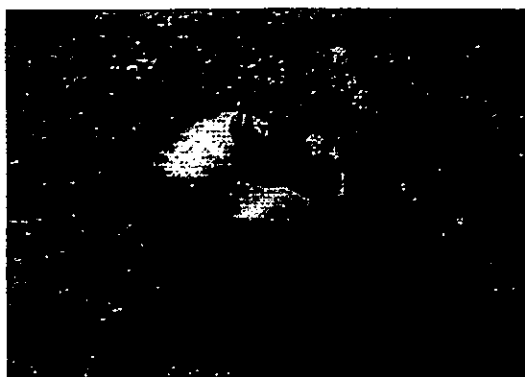
2.3.1.- Estado hídrico del suelo. Se realizaron mediciones de potencial mátrico del suelo en forma diaria antes del riego a través de tensiómetros, con rango de medición entre 0 y 80 kPa (Soil Moisture Equipment Corp., Santa Bárbara, California, USA), ubicados a 30 cm de profundidad.

2.3.2.- Estado hídrico de la planta. Se realizaron mediciones de potencial hídrico xilemático a medio día (entre 14:00 y 16:00 h), utilizando una cámara de presión (Soil Moisture Equipment Corp., Modelo CHANGE C, Santa Bárbara, California, USA), de acuerdo a la metodología descrita por Meyer y Reickosky (1985),

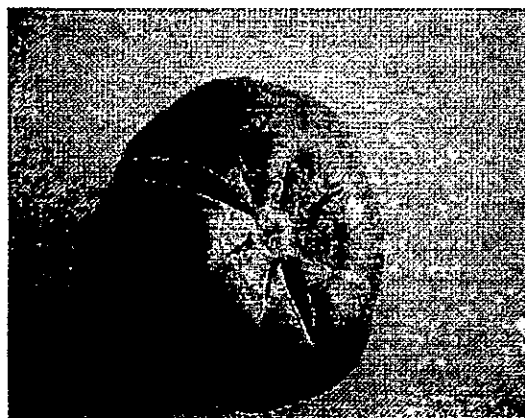
2.3.3.- Producción. Se muestrearon 16 plantas por cada repetición (48 plantas por tratamiento) para determinar el rendimiento, a las cuales se le dejaron entre 4-7 racimos por plantas con 4-5 frutos por racimos. Los tomates se cosecharon cuando la tonalidad se encontraba entre los valores 5 y 6, de acuerdo a la tabla de cosecha de tomates del predio.

2.3.4.- Calidad. La calidades de la cosecha se determino a partir del calibre obtenido. El calibre de primera correspondió a diámetro ecuatoriales superior a 70 mm, de segunda, cuando el diámetro oscila entre 60 y 70 mm, tercera cuando el valor estaba entre 50 y 60 mm y cuarta cuando el diámetro era menor a 50 mm.

2.3.5.- Desordenes fisiológicos. Los daños evaluados fueron Blotting, hombros verdes, cuarteadura y estrías, entre otros. A continuación se presenta fotografías que ilustra cada tipo de daño, Fotografías 2,3 y4.



Fotografia N° 2. Tomate con
Blottchiing



Fotografia N° 3. Daño
denominado cuarteadura.



Fotografía N° 4. Daño denominado
Hombros Verdes

En pimentones se realizaron las mismas mediciones que en el caso de los tomates.

El análisis estadístico para variables paramétricas se realizó mediante análisis de varianza (ANDEVA) y para separar media se utilizó la prueba de comparación múltiple de Duncan.



Fotografía N° 5, 6, 7 y 8. Tomate FA 870. Agrícola
El Guindo. Secuencia del cultivo

3.- PROBLEMAS PRESENTADOS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

No se han presentado problemas, todo se ha desarrollado de acuerdo a lo programado.

4.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los tres años de trabajo, periodo que incluye tres temporadas de cultivo de tomate y dos temporadas de cultivo de pimentón. La primera temporada del ensayo se realizó entre el 15 de Junio y el 15 de enero del 2002, la segunda comprende el periodo de tiempo entre el 15 de Febrero al 15 de julio del 2002 y la tercera temporada de cultivo abarca entre 1 de septiembre del 2002 y el 30 de Diciembre del 2003. La temporada de pimentón fue paralela a la última de tomate, abarcando desde el 1 de Septiembre del 2002 al 30 de Diciembre del 2003.

4.1.- Volumen de agua aplicada

La cantidad de agua aplicada se presenta en el cuadro 4 y 5 junto con los coeficientes de cultivo y la evapotranspiración utilizada.

Cuadro N°4. Volumen agua aplicado

	Litros/mesa/mes			Eto mm/ dia Kc ***				Etc mm/dia ****		
Mes	2001	2002	2003		2001	2002	2003	2001	2002	2003
Junio			240				0.3			0.3
Agosto	378		2088	1.9	0.21		1.21	0.4		2.3
Septiembre	487	486	2736	2.3	0.22	0.22	1,3	0.5	0.5	3.0
Octubre	6428	1194	4368	5.2	1.13	0.25	0.94	6.7	1.3	4.9
Noviembre	6643	6219	2808	5.9	1.18	1.10	0.52	7.0	6.5	3.1
Diciembre	6702	6642		6.0	1.16	1.16		7.0	7.0	
Total		6705								

*Mesa: unidad de producción de 30 m de largo por 90 cm de ancho.

** ET0: Evapotranspiración potencial del cultivo

***Kc: Coeficiente del cultivo

****Etc: Evapotranspiración del cultivo.

Cuadro N°5. Volumen de agua aplicado por variedad

Mes	M3/ha/variedad		
	FA 593	Miramar	Fortaleza
	Tomate Primor	Tomate Verano	Tomate Primor
			90
	120		660
	50	150	870
	2010	390	1380
	2100	1950	870
	2100	2100	
		2100	
	6380	6690	3870

La cantidad de agua a aplicar fue controlada a través del uso de tensiómetros y lisímetros. Valores de tensión del agua en el suelo inferiores a -25 cb o kPa, determinaban el momento de riego y la cantidad de agua aplicada se ajustaron con el uso de lisímetros a través de la regulación del porcentaje de agua lixiviada. El riego también fue controlado a través de medición de potenciales hídricos xilemáticos.

4.2.- Efecto de la separación de los emisores en cultivo bajo invernadero

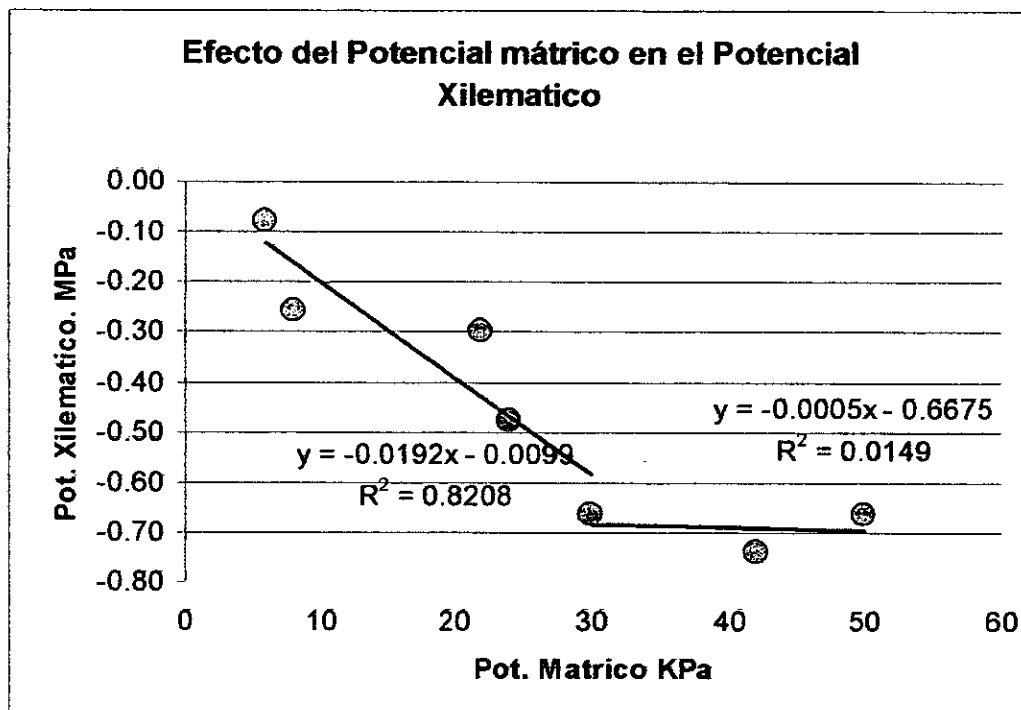
A continuación se presente los resultados obtenidos en los ensayos de separación de emisores.

4.2.1.- Efecto de la separación de los emisores en el estado hídricos de las plantas de tomates

El contenido de humedad del suelo (potencial mátrico) está relacionado con el potencial hídrico xilemático. En la figura 3 se observa que en la medida que el suelo disminuye su contenido de humedad, la planta realiza un ajuste hidráulico para mantener el flujo transpirativo, disminuyendo el potencial hídrico

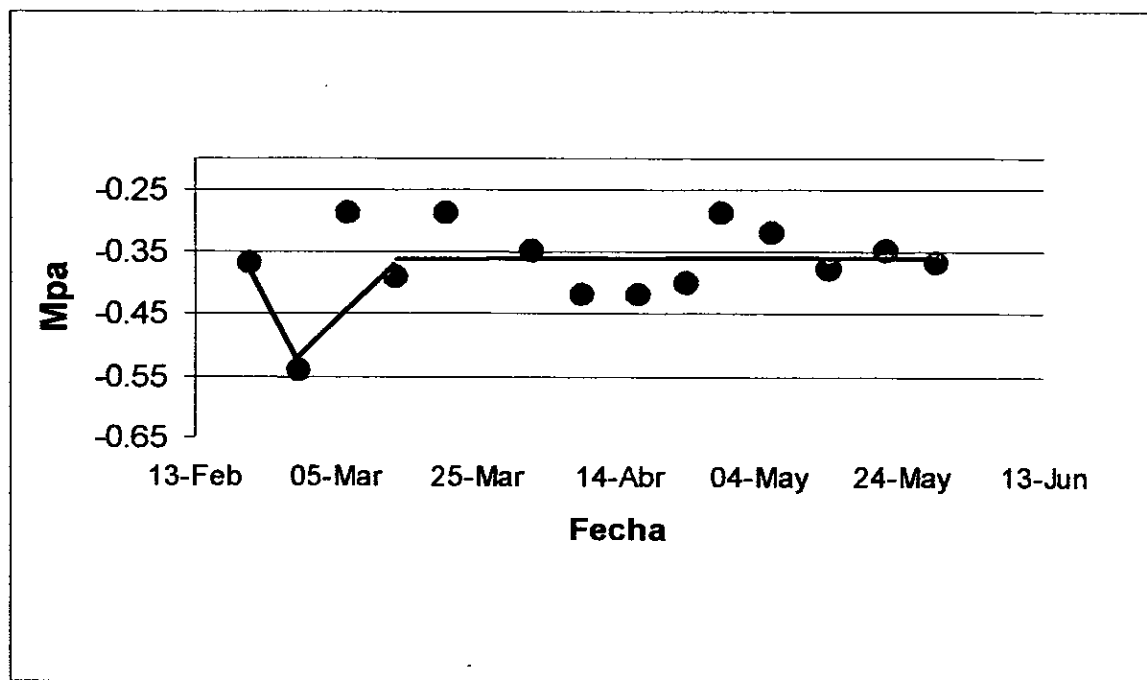
xilemático hasta valores cercanos a $-0,7$ MPa. En la Figura N° 3 también se puede observar que valores de potencial mátrico en el suelo del orden de los 20 cb o kPa, medidos con tensiómetros, corresponde a potencial hídricos xilemáticos (SWP) de $-0,4$ MPa.

Figura N°3. Efecto del potencial mátrico sobre el Potencial hídrico xilemático (SWP)



En la Figura N°4, se muestra la variación a través de la temporada de los potenciales hídricos xilemáticos del tomate FA 870, en el tratamiento con doble cinta de riego (T0). Los valores de potenciales hídricos xilemáticos durante la temporada se mantuvieron constantes, en torno a $-0,35$ MPa variando entre $-0,3$ y $-0,45$ MPa. El valor más bajo se produce en el momento en que ocurre la "seca" de tomate (-0.55 MPa,) 20 días después del primer riego (trasplante).

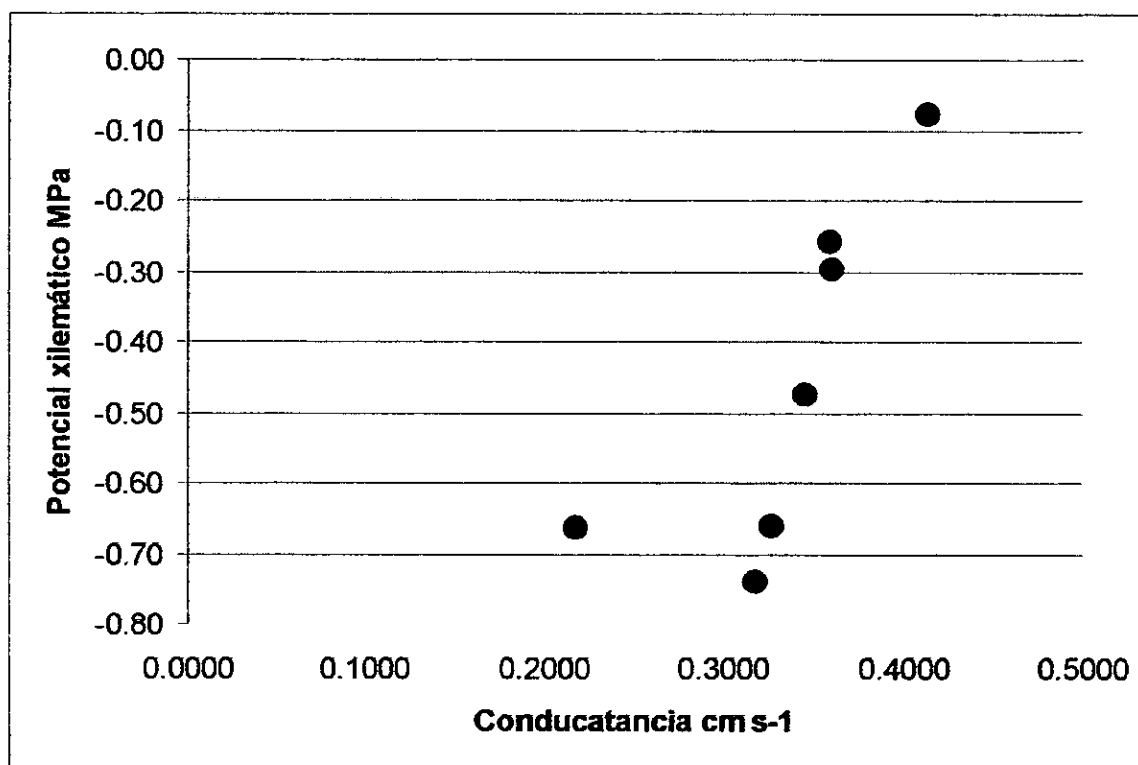
Figura N°4. Variación durante la temporada de los Potenciales Hídricos Xilemáticos en Tomates FA 870



En la Figura N°5, muestra la relación que existe entre la conductancia estomática y el potencial hídrico xilemático del cultivado de tomate bajo invernadero. En la Figura N° 5 se puede observar que cuando la conductividad estomática presenta valores de 0.33 cm s^{-1} o inferiores el potencial hídrico xilemático se estabiliza cerca a -0.7 MPa , lo que podría corresponder a valores a los cuales se afectan la transpiración del cultivo.

A partir los antecedentes ante indicados (Figura N°3 N°4 y N°5) se puede señalar que el potencial hídrico xilemático puede ser utilizado en tomate bajo invernadero para controlar el riego a nivel predial, encontrándose el valor de referencia entre -0.35 a -0.45 MPa . Esto indica que el riego se debiera manejar de forma de mantener los potenciales hídrico xilemáticos en la planta alrededor de -0.4 MPa que corresponde a un potencial mátrico en el suelo cercano a los -20 kPa o cb.

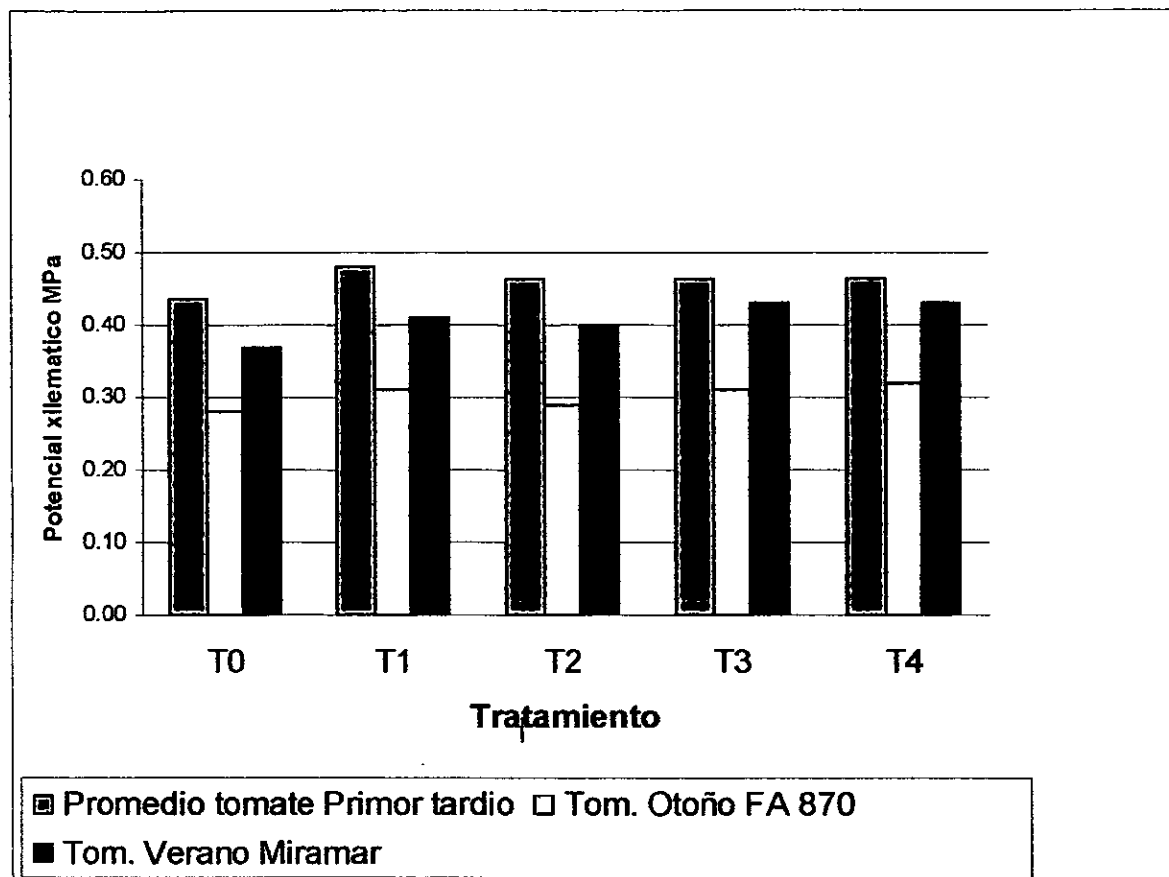
Figura N°5. Efecto de la conductancia estomática sobre el Potencial hídrico xilemático (SWP)



En la Figura N°6 se presentan los valores promedios de los potenciales hídricos xilemático de las diferentes separaciones de emisores, los cuales oscilan entre -0.4 y -0.5 MPa, para tomate en invernadero. Estos valores indican, de acuerdo a lo señalado anteriormente, que la separación de los emisores evaluadas no afectaron el estado hídrico de las planta, por lo cual se podría esperar algo similar en la transpiración, fotosíntesis y producción.

Los mayores valores de potencial hídrico xilemático que presenta la variedad FA 870 se podría deber a la disminución del déficit de presión de vapor en otoño (Figura N° 6).

Figura N° 6. Efecto de la separación de los emisores en el estado hídricos de las plantas.



En resumen, a partir de los datos de las Figuras N° 3, 4, 5 y 6, se puede concluir las separación de emisor evaluadas, no produjeron estrés hídrico en las plantas, puesto que los valores de potenciales xilemáticos estuvieron en torno a -0.4 a -0.5 MPa (Figura N° 6), muy por debajo del valor en el cual se produce cierre estomático (-0, 70 MPa) (Figura N° 3 y N° 5).

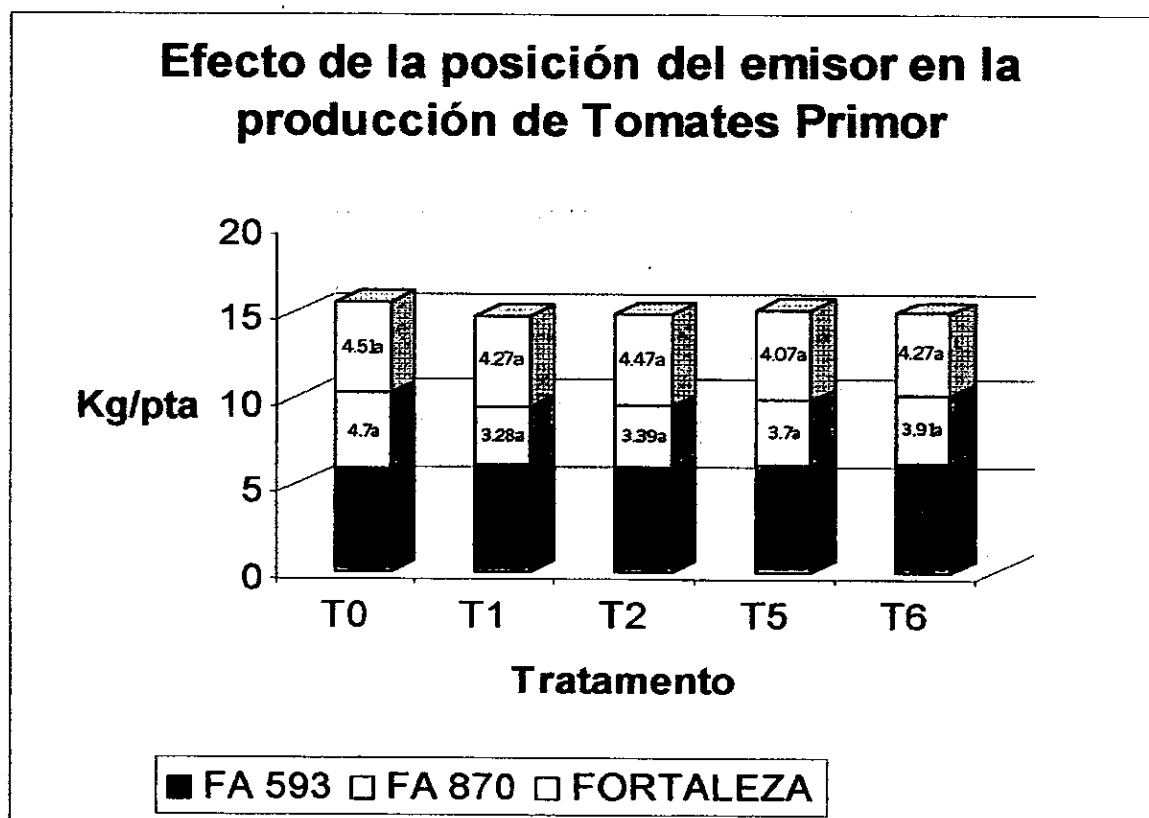
Además el período de seca, que corresponde al período de tiempo que transcurre entre la plantación y el primer riego, no es un período en que ocurre estrés severo en la planta, puesto que los valores de potenciales sólo alcanzan alrededor de -0.55 MPa (véase Figura N° 4).

Por último, valores de potencial mátrico en el suelo por sobre -35 KPa, generan en la planta un potencial xilemático de -0,7 MPa, coincidiendo con el cierre estomático.

4.2.2.- Efecto de la separación de los emisores en el rendimiento de tomates bajo invernaderos.

Los rendimientos no se ven afectados significativamente por la separación de los emisores, evaluada durante tres temporadas (Figura N° 7), lo cual coincide con lo presentado en el punto anterior respecto al efecto de la separación de emisores sobre el estado hídrico de las plantas. Sin embargo los tratamientos que contienen una sola línea de emisión, presentan alrededor de un 10% de menor rendimiento, comparado con el testigo (Figura N° 7).

Figura N°7. Efecto de la separación de los emisores en el rendimiento de tomates bajo invernadero

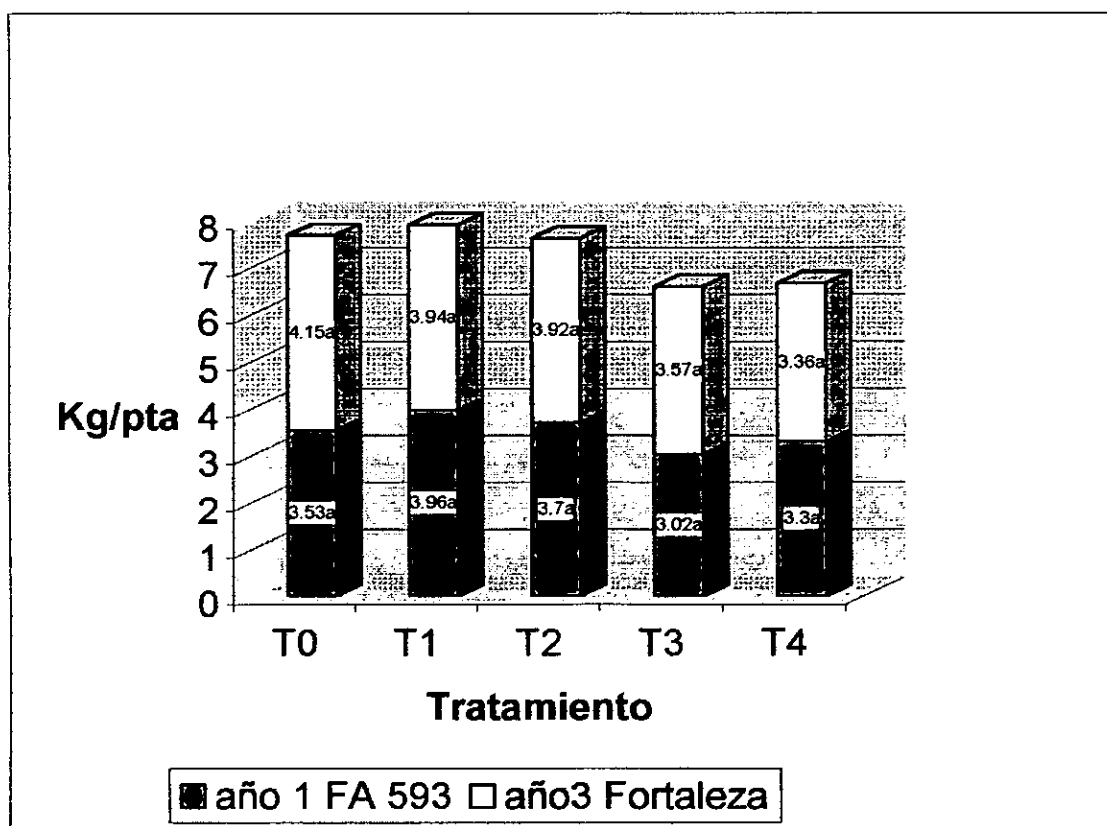


- T0: Cinta de riego con emisores a 20 cm, dispuesta superficialmente con doble línea
 T1: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 50 cm, con doble línea y superficialmente.
 T2: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 40 cm, con doble línea y superficialmente.
 T3: Cinta de riego con emisores a 20 cm, dispuesta superficialmente con una sola línea de riego.
 T4: Tubería con gotero a 50 cm, dispuesta superficialmente pero una sola línea de riego

4.2.3.- Efecto de la separación de los emisores sobre la calidad del tomate bajo invernadero.

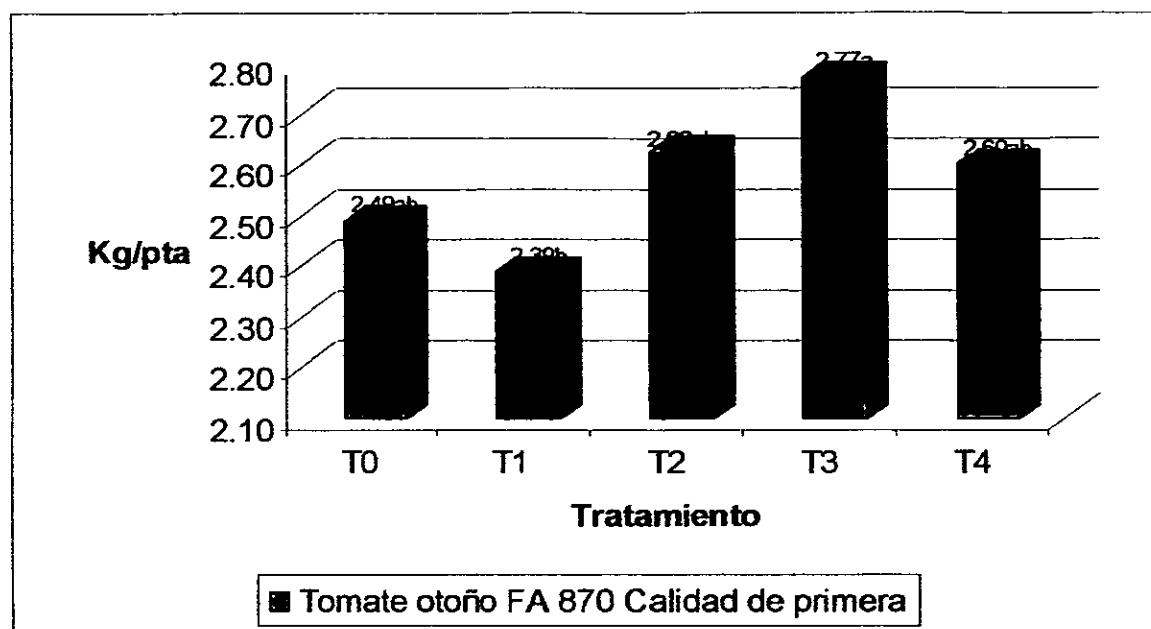
Al evaluar la rendimiento de tomate de primera, respecto a la separación entre emisores, se pudo constatar que no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos, lo que permite indicar que el uso de tuberías con goteros separadas a 40 o 50 cm no afecta la producción ni la calidad del tomate (Figura 8 y 9). Respecto a desordenes fisiológicos y daños (blotching, hombros verdes, cuarteadura y estrías), los tratamientos de separación de emisores, no presentaron ninguna incidencia estadística. (anexo N°1)

Figura N°8. Efecto de la separación de los emisores sobre la calidad del tomate Primor



- T0: Cinta de riego con emisores a 20 cm, dispuesta superficialmente con doble línea
 T1: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 50 cm, con doble línea y superficialmente.
 T2: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 40 cm, con doble línea y superficialmente.
 T3: Cinta de riego con emisores a 20 cm, dispuesta superficialmente con una sola línea de riego.
 T4: Tubería con gotero a 50 cm, dispuesta superficialmente pero una sola línea de riego

Figura N°9. Efecto de la separación del emisor en la calidad de Primera. Tomate de Otoño

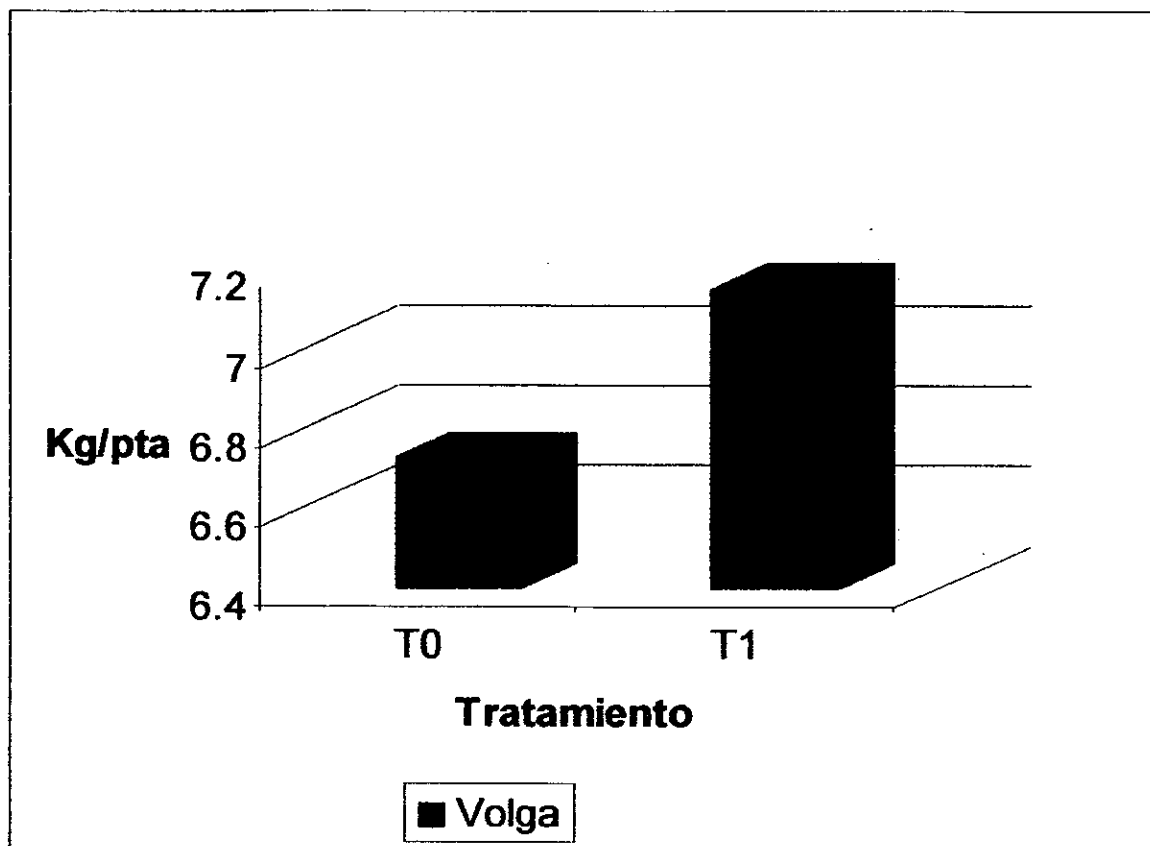


T0: Cinta de riego con emisores a 20 cm, dispuesta superficialmente con doble línea
 T1: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 50 cm, con doble línea y superficialmente.
 T2: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 40 cm, con doble línea y superficialmente.
 T3: Cinta de riego con emisores a 20 cm, dispuesta superficialmente con una sola línea de riego.
 T4: Tubería con gotero a 50 cm, dispuesta superficialmente pero una sola línea de riego

4.2.4.- Efecto de la separación de los emisores en el rendimiento de pimiento bajo invernaderos

Debido a las condiciones del mercado del tomate, una buena parte de las empresas agrícolas dedicadas a este rubro han incluidos en su rotación cultivos distintos a esta especie, diversificado su producción. A raíz de esta situación, se evaluó, también, esta tecnología en pimiento. Al evaluar el efecto del uso de tuberías con goteros espaciados a 50 cm. se puede verificar que no existen diferencias estadísticas entre el tratamiento testigo y el T1 (gotero a 50 cm), no obstante la producción fue un 6% mayor en el tratamiento T1 respecto al testigo, lo que podría explicarse por la mayor aireación de suelo que se consigue con el gotero espaciado a 50 respecto de la cinta de riego (espaciamiento a 20 cm). Con este resultado se demuestra que la tubería con gotero podría utilizarse también en pimiento.

Figura N°10. Efecto de la separación del emisor en la producción de Pimentones



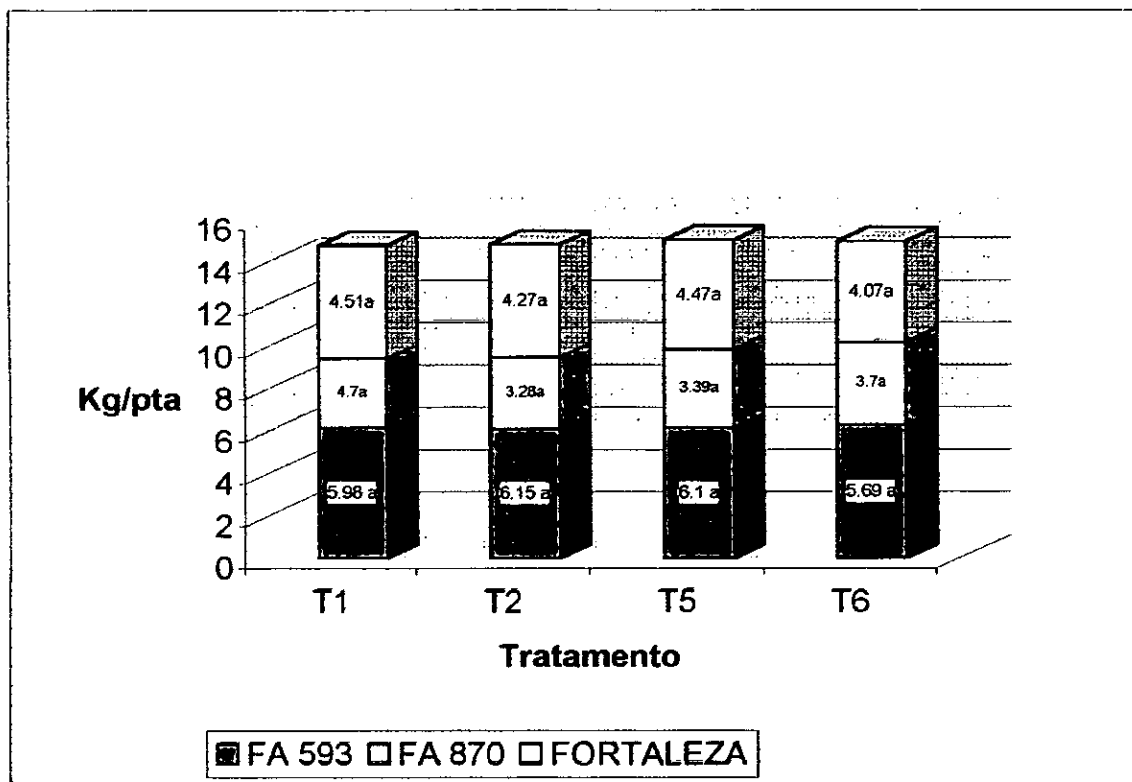
4.3.- Efecto de las líneas de riego enterradas en el cultivo de tomate bajo invernadero

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los ensayos con tuberías enterradas

4.3.1.- Efecto de la ubicación en profundidad de las líneas de riego sobre la producción de tomates.

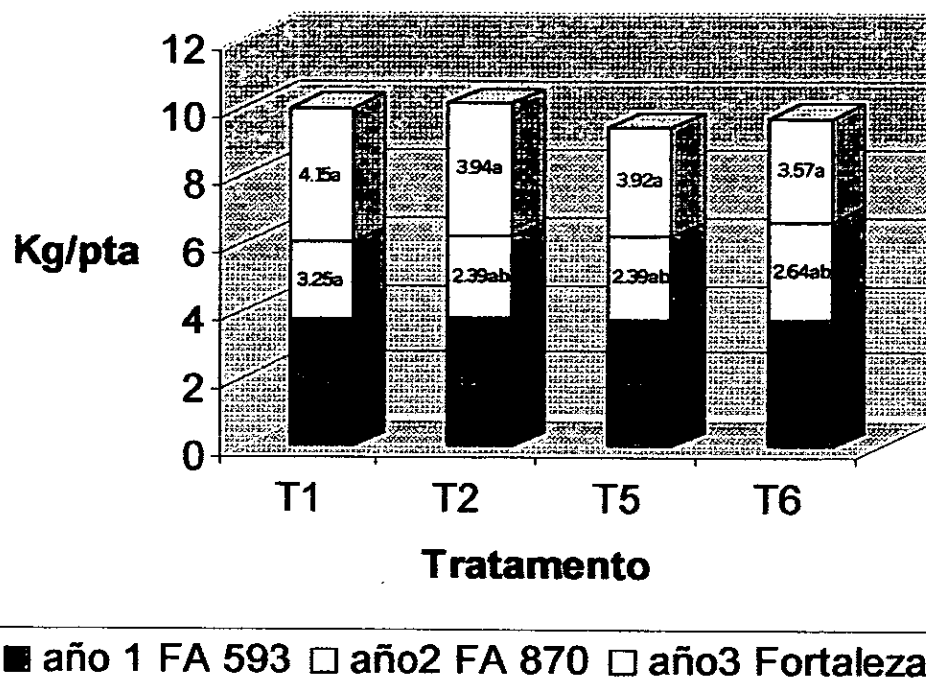
Al evaluar dos producciones de tomates de primor y una de otoño, se determinó que independiente de la época de producción, el rendimiento y la calidad no se ve afectada significativamente por la ubicación en superficie o profundidad de las líneas de riego (Figuras N° 11 y 12)

Figura N° 11. Efecto de la ubicación en profundidad de los emisores sobre el rendimiento del tomate.



- T1: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 50 cm, con doble línea y superficialmente.
 T2: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 40 cm, con doble línea y superficialmente.
 T3: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 50 cm, con doble línea y enterrado 15 cm.
 T4: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 40 cm, con doble línea y enterrado 15 cm.

Figura N° 12. Efecto de la ubicación en profundidad del emisor en la calidad del tomate.



- T1: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 50 cm, con doble línea y superficialmente.
 T2: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 40 cm, con doble línea y superficialmente.
 T3: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 50 cm, con doble línea y enterrado 15 cm.
 T4: Tubería de polietileno con gotero dispuesto a 40 cm, con doble línea y enterrado 15 cm.

4.4.- Efecto del uso de la técnica de secado parcial de raíces (PRD) en el cultivo del tomate.

Esta técnica (PRD) se basa en que una parte del sistema radicular se deseca lentamente mientras el resto de las raíces permanece en adecuadas condiciones de humedad. Con esto, señales químicas producidas en el sector seco reducirían la apertura estomática, pero al mismo tiempo las raíces que están en condiciones adecuadas de humedad mantendrían un estado hídrico favorable en la parte aérea de las plantas. Este fenómeno permite mantener niveles adecuados de fotosíntesis y por lo tanto de crecimiento de las plantas mientras se disminuye la transpiración. Según información en vides y manzanos esta técnica permitiría disminuir el agua aplicada en un 50% sin afectar los rendimientos. Un hallazgo sorprendente fue que el efecto es de carácter transiente ya que la parte del sistema radicular que permanece seco, puede recuperar rápidamente los valores observados previamente a la disminución del suministro hídrico.

Se han reunido algunas evidencias en relación a que las señales químicas estarían relacionadas con la producción de ácido abscísico (ABA), que se generan en las raíces que se desecan al no ser regadas.

Cuando todo el sistema radicular de una planta experimenta un déficit hídrico se inicia una síntesis de ABA en las raíces y, a medida que el potencial hídrico xilemático disminuye, también se produce en las hojas. El resultado es una alta concentración de ABA debido a una combinación de transporte desde las raíces y síntesis en las hojas. Sin embargo cuando solo una parte del sistema de raíces permanecen secos, como en el caso del PRD, la acumulación de ABA que se observa en las hojas es menor ya que solo es influenciada por el transporte que llega desde las raíces.

4.4.1.- Efecto del uso de la técnica de secado parcial de raíces (PRD) en el rendimiento del cultivo de Tomates.

En este proyecto se realizarán ensayos para evaluar la técnica del secado parcial de las raíces utilizando la mitad del agua y por lo tanto, la mitad del fertilizante. Los resultados en rendimiento y calidad del tomate producido se pueden observar en la Figura 13 y 14 respectivamente. Los resultados son contradictorios en tomate de otoño al aplicar PRD no se afectó el rendimiento y la calidad (Figura 13 y 14). Sin embargo en tomate de verano esto no ocurrió (Figura 13 y 14) ya que los rendimientos disminuyeron en un 12%. Es necesario seguir trabajando en esta técnica ya que puede ser auspiciosa en un escenario de sequía.

Figura N° 13. Efecto del secado parcial de raíces en el rendimiento de tomates bajo invernadero.

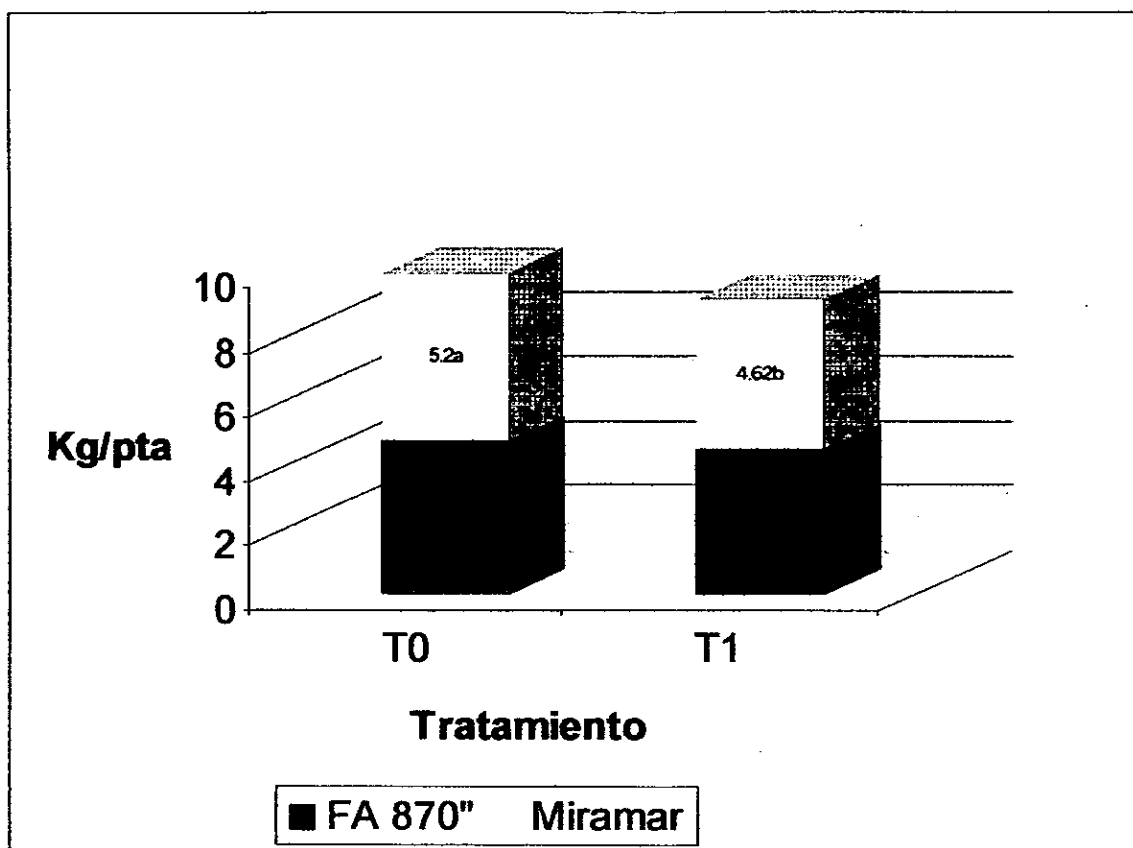
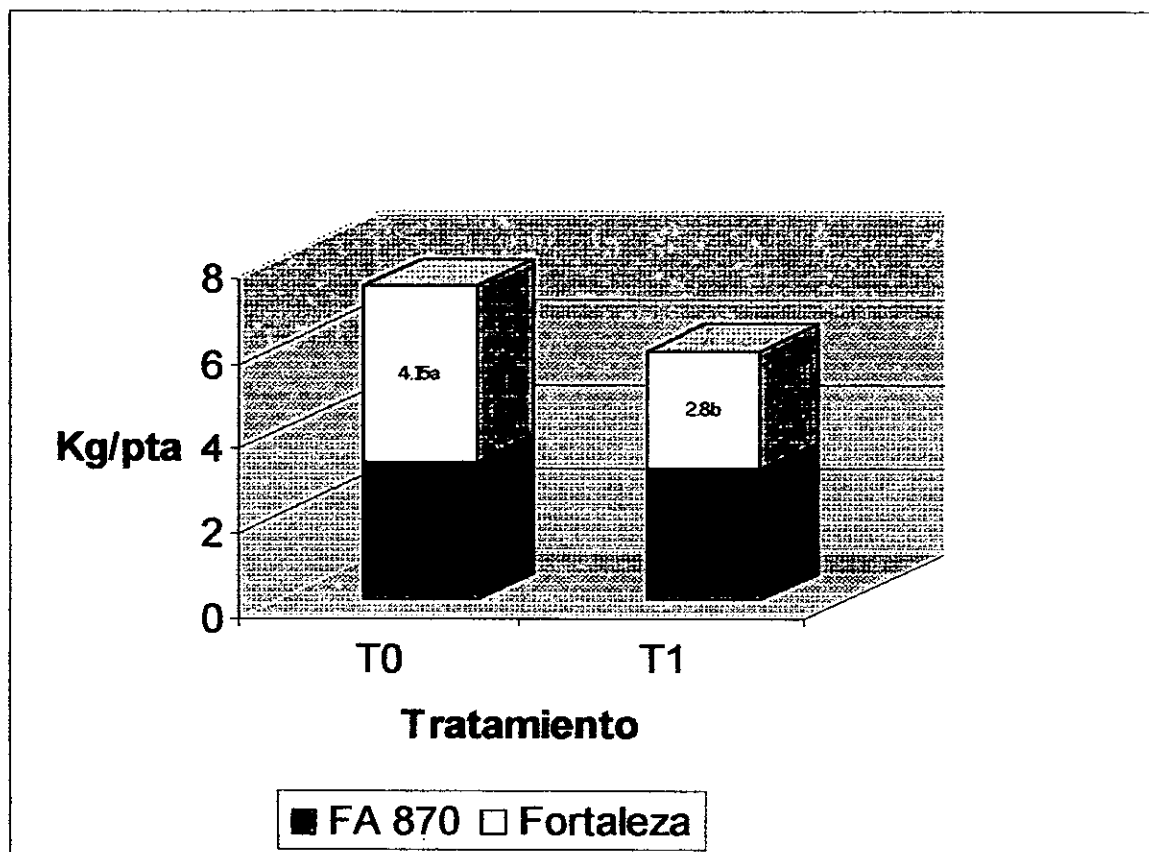


Figura N° 14. Efecto del secado parcial de raíces en la calidad de tomates bajo invernadero.



El detalle de todas las evaluaciones, se presentan en el anexo N°1.

5.- CONCLUSIONES

A tres años del inicio del proyecto y habiendo evaluado cinco cultivos, se puede concluir, considerando que el ensayo se ha realizado en suelo Franco Arcilloso en la localidad de Quillota, lo siguiente:

- 1.- La separación de emisores estudiada (20; 40 o 50 cm), no afecta el rendimiento y calidad de tomates de primor tardío y otoño.
- 2.- La separación de los emisores estudiada (20; o 50 cm) no afecta la el rendimiento de pimentones Volga.
- 3.- La separación de los emisores estudiada no incrementa el porcentaje de frutos afectados por desordenes fisiológicos, en tomates de primavera y otoño
- 4.- Debido a las conclusiones anteriores, se puede reemplazar la cinta de riego con emisores a 20 cm por líneas con goteros a 40 o 50 cm, en los suelos francos arcillosos de la serie San Isidro.
- 5.- El utilizar líneas de riego enterradas (15 cm de profundidad) no afecta significativamente los rendimientos y la calidad del tomate de primavera y otoño.
6. La técnica del secado parcial de las raíces permite disminuir en un 50% el uso del agua sin afectar los rendimientos en cultivos tomate de primavera. En cambio esta disminución de agua en cultivo de tomate de otoño afecta la producción en un 12%.

INFORME ECONÓMICO

CUADRO RESÚMEN GASTOS REALES PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

1.- ANTECEDENTES GENERALES

CÓDIGO PROYECTO	201-2703
TÍTULO DEL PROYECTO	Investigación y Desarrollo para el Uso de tuberías de Polietileno con Gotero como Alternativa al Uso de Cinta de Riego en el cultivo de Tomate bajo Invernadero
EMPRESA	Sociedad Agrícola El Guindo Limitada
INFORME DE AVANCE Nº	3
TOTAL INFORMES AVANCE	3

2.- CUADRO RESÚMEN DE GASTOS (01 de julio del 2003 al 30 Junio del 2004)

PARTIDAS DE COSTO	GASTOS PROGRAMADOS MILES (\$)	GASTOS REALES MILES (\$)
PERSONAL DE INVESTIGACIÓN	33.400.003	7.960.000
PERSONAL DE APOYO	22.490.000	4.589.878
SERVICIOS, MATERIALES Y OTROS	12.434.000	10.753.361
USO DE BIENES DE CAPITAL	10.800.000	7.406.968
ADQUISICIÓN DE BIENES DE CAPITAL	1.150.000	
TOTAL	80.274.003	30.710.206

(*) Se entiende por Gasto Real del Proyecto a todos los gastos realizados durante el desarrollo del proyecto, inclusive aquellos no previstos y que han debido ser financiados con mayores aportes de la(s) empresa(s).

**RESÚMEN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA**

FECHA 30-6-04

1.- ANTECEDENTES GENERALES

CÓDIGO PROYECTO	201-2703
TÍTULO DEL PROYECTO	Investigación y Desarrollo para el Uso de tuberías de Polietileno con Gotero como Alternativa al Uso de Cinta de Riego en el cultivo de Tomate bajo Invernadero.
EMPRESA	Sociedad Agrícola El Guindo Limitada
INFORME DE AVANCE Nº	3
TOTAL INFORMES AVANCE	3

2.- CUADRO RESUMEN DE ACTIVIDADES

2.1.- ACTIVIDADES PROGRAMADAS (Según Carta Gantt)

Etapa 3. Mediciones

Etapa 4 Análisis y presentación de resultados

2.2.- ACTIVIDADES EFECTIVAMENTE DESARROLLADAS

Etapa 3. Mediciones.

Etapa 4. Análisis y presentación de resultados.

DETALLE MENSUAL DE GASTOS DEL PROYECTOS
1 JULIO 2003 AL 30 JUNIO 2004

Partida de Costo	ITEM	Presupuesto Inicial	Gastos neto 2001-2002	Gastos neto 2002-2003	Gastos 2003-2004			Apartado
					Neto	IVA	Bruto	
Personal de investigación	Raúl Ferreyra	16.934.670,00	1.500.000,00	8.000.000,00	5.000.000,00		5.000.000,00	1
	Gabriel Sellés	7.365.333,00	1.500.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00		2.000.000,00	1
	Cristina Díaz	9.100.000,00	480.000,00	960.000,00	960.000,00		960.000,00	2
Subtotal (1)		33.400.003,00	3.480.000,00	10.960.000,00	7.960.000,00		7.960.000,00	
Personal de apoyo	Ing. Agrónomo	800.000,00	0,00	0,00			0,00	
	obrero tomate primor	21.690.000,00	1.322.892,00	1.334.400,00	1.387.776,00		1.334.400,00	3
	obrero tomate otoño		1.322.892,00	1.334.400,00	1.156.480,00		1.334.400,00	3
	Asesorías tomate		125.129,20	125.129,20	125.129,20		125.129,20	3
	obrero Pimentón		0,00	1.112.000,00	693.888,00		1.112.000,00	3
	obrero Pimentón		0,00	1.112.000,00	693.888,00		1.112.000,00	
	Asesorías Pimentón		0,00	125.129,20	125.129,20		125.129,20	3
	encargado de riego		109.403,28	271.724,80	407.587,20		271.724,80	3
Subtotal (2)		22.490.000,00	2.880.316,48	6.414.783,20	4.689.877,60		6.414.783,20	
Servicios Materiales y otros	Análisis de Laboratorio	403.000,00	42.560,00	12.000,00				4
	Productos Químicos	4.330.000,00	3.000.923,00	5.544.564,15	6.941.684,48	1.108.332,98	8.049.997,47	6
	Reparación Invernaderos	2.968.000,00	1.414.061,00	2.538.490,56	2.862.496,00	457.037,18	3.319.533,18	6
	Material Vegetal	3.780.000,00	263.250,00	1.728.324,00	949.200,00	151.552,94	1.100.752,94	7
	Mulch	933.000,00	0,00	132.600,00				
Subtotal (3)		12.434.000,00	4.720.794,00	9.953.978,71	10.753.360,48	1.716.923,10	12.470.283,59	
Uso de bienes de Capital	Maquinaria	720.000,00	1.292.230,00	1.781.692,00	2.906.967,50	464.137,67	3.371.105,17	8
	Invernaderos	9.000.000,00	3.000.000,00	4.500.000,00	4.500.000,00	0,00	4.500.000,00	
	Riego	1.080.000,00	0,00					
Subtotal (4)		10.800.000,00	4.292.230,00	6.291.692,00	7.406.967,50	464.137,67	7.871.105,17	
Adquisición de bienes de capital	Material de riego	1.150.000,00	1.209.598,00	1.307.250,00				
Subtotal (5)		1.150.000,00	1.209.598,00	1.307.250,00	0,00	0,00	1.307.250,00	
Total (1+2+3+4+5)		80.274.003,00	16.582.938,48	33.927.703,91	30.710.205,58	2.181.060,77	35.023.421,95	

Isela Díaz Beiza
3.528.998-1
Representante Legal de la Empresa

CONTADOR

C&A LTDA.
CONSULTORES Y AUDITORES DE EMPRESAS

John Tapia C.
11.832.541-1

Apartado N° 1

Se adjunta las facturas N° 21467 que corresponden al cobro de servicio prestados por funcionarios del Instituto de Investigaciones Agropecuarias en el desarrollo del Proyecto Fontec : "Investigación y Desarrollo para el uso de Tuberías con goteros como alternativa al Uso de la Cinta de riego, en el cultivo del Tomate bajo Invernadero".