

# Tomate en invernadero

Estudios referidos a aspectos de ecofisiología de la producción forzada para las condiciones del norte de la Patagonia

Norma Iglesias  
EEA Alto Valle



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle

## **Tomate en invernadero: Estudios referidos a aspectos de ecofisiología de la producción forzada para las condiciones del norte de la Patagonia**

**Norma Iglesias  
2015**



PNHFA-1106073 / PNHFA-1106082

## Contenido

Características generales de la producción de tomate bajo invernadero en la región	3
Fundamentos generales de aspectos ecofisiológicos que afectan la producción de tomate bajo cubierta	3
<i>Materiales y metodología de trabajo generales utilizadas para las evaluaciones de los trabajos sobre ecofisiología del cultivo de tomate</i>	6
1-Experiencias para analizar la relación cultivo-temperatura-radiación PAR	8
1.1. Distribución de la radiación y la temperatura en los sectores norte y sur del invernadero en la Patagonia Norte y su efecto sobre el crecimiento y productividad diferencial por racimo en el cultivo tomate.	8
1.2. Estudio de la productividad diferencial de los racimos de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en relación a parámetros climáticos del invernadero durante el período primavera-estival.	11
1.3. Estudio de acumulación de temperatura y radiación en el proceso de fructificación en variedades de tomate: Producción diferencial de estratos productivos de tomate de crecimiento indeterminado en un cultivo primicia bajo invernadero. a) Producción de los distintos estratos.	25
1.4. Estudio de acumulación de temperatura y radiación en el proceso de fructificación en variedades de tomate: Producción diferencial de estratos productivos de tomate de crecimiento indeterminado en un cultivo primicia bajo invernadero. b) Respuesta productiva a la acumulación de temperatura y radiación fotosintéticamente activa (PAR).	29
2-Manejo de la arquitectura de la planta	34
2.1. Poda de retención del crecimiento apical de la planta de tomate: a) Evaluación de la altura de la poda sobre el rendimiento y la calidad de la producción en tomate primicia bajo cubierta.	34
2.2. Poda de retención del crecimiento apical de la planta de tomate: b) Evaluación del efecto de la poda sobre parámetros del crecimiento y producción.	36
2.3. Estimación de área foliar de tomate utilizando métodos no destructivos a partir de mediciones de la hoja	38
2.4. Arquitectura de la planta de tomate de crecimiento indeterminado y capacidad de intercepción de luz de los distintos estratos foliares.	40
<b>ANEXO I</b>	49
<b>1- Introducción</b>	49
<b>1.1. Descripción geográfica y climática de la Patagonia.</b>	49
<b>1.2. Los cultivos hortícolas de la Patagonia Norte</b>	49
1.3. <i>Relación cultivo-condiciones microclimáticas</i>	50
<b>1.4. Radiación</b>	51
<b>1.5. Transmisión de calor en el invernadero</b>	51
<b>1.6. Requerimientos térmicos para los principales cultivos hortícolas</b>	52
<b>1.7. Las características de los invernaderos de la Patagonia Norte</b>	53
<b>2- Materiales y métodos</b>	53
<b>2.1. Variables medioambientales</b>	54
<b>2.2. Parámetros del crecimiento</b>	54
<b>3. Resultados</b>	55
<b>3.1. Condiciones microclimáticas de un invernadero de la Patagonia Norte</b>	55
<b>3.2. Parámetros de crecimiento</b>	62
<b>4. Discusión</b>	64
<b>5. Bibliografía</b>	65
ANEXO II	68
Trabajos publicados y/o expuestos relacionados con los resultados de estas experiencias	68

## Marco general

### Características generales de la producción de tomate bajo invernadero en la región

La región de Patagonia Norte, comprendida entre 37º y 41º de latitud sur, presenta distintos valles destinados a cultivos fruti-hortícolas. Debido a la gran distancia entre centros importantes de producción hortícola y la región, se ha desarrollado una significativa producción local que busca satisfacer la demanda interna de la zona. La principal limitante para un prolongado ciclo de cultivo a campo son las condiciones climáticas, entre ellas las temperaturas extremas y los fuertes vientos, que limitan la producción a los períodos climáticos que permitan condiciones favorables para los mismos.

El cultivo hortícola más difundido en la región es el tomate. Aunque fundamentalmente esté orientado a la industria también existe larga experiencia sobre el cultivo de tomate para consumo fresco. La demanda insatisfecha del mercado durante el período de bajas temperaturas (abril hasta noviembre), lleva a suponer que es una buena oportunidad para producir esta hortaliza bajo condiciones protegidas para aprovechar esa coyuntura de altos precios durante el período de bajas temperaturas pero, tanto la experiencia de los productores como la validación tecnológica a partir de ensayos realizados en INTA permiten asegurar que para hortalizas de fruto, el ciclo primavera-estival es el único recomendable mientras que se desalienta el cultivo de otoño-invierno.

En esta región, el cultivo de tomate en invernadero se realiza fundamentalmente para abastecer el mercado entre los meses de julio y enero. Para ello es necesario prever invernaderos con sistemas de calefacción. Las bajas temperaturas durante los meses fríos se traducen en un significativo costo en combustible por lo que suele ser práctica común mantener las temperaturas con un límite mínimo entre 4-7 °C, temperaturas subóptimas para el crecimiento y fructificación lo cual afecta negativamente el potencial de los cultivos.

Los cultivares de tomate empleados son de crecimiento indeterminado siendo común la poda de retención de la planta a la altura del 7º racimo para detener el crecimiento de la planta y terminar con la cosecha durante los meses de verano ya que a partir de la segunda quincena de enero es posible obtener cosecha en cultivo a campo con menores costos de producción. Por otro lado, estudios económicos sobre el mercado nacional y regional indican que luego de la primera quincena de enero los precios del producto no justificarían continuar con el cultivo de tomate bajo invernadero durante el verano.

Este material escrito presenta y discute resultados de distintos trabajos realizados en INTA EEA Alto Valle en los cuales se analiza la respuesta productiva del cultivo de tomate a condiciones de luz y temperatura dentro de un invernadero típico de la región y sugiere pautas para optimizar las estructuras con el fin de mejorar los niveles productivos.

### Fundamentos generales de aspectos ecofisiológicos que afectan la producción de tomate bajo cubierta

#### *Relación cultivo-condiciones microclimáticas*

El crecimiento vegetativo y la producción del cultivo están en directa relación con las condiciones climáticas, condiciones nutricionales y aspectos sanitarios. En este documento se abordarán aspectos referentes a la relación cultivo-clima-producción.

La inducción floral es controlada de manera natural por factores ambientales, ontogénicos y fisiológicos pero, a partir de la incorporación y adaptación de estructuras de protección que

permiten controlar las condiciones microclimáticas en torno a los cultivos, es posible alterar el ritmo de producción de flores y frutos. Los factores del medio son captados en las hojas y controlan en parte la producción de un estímulo floral transmitido hacia los meristemas apicales; en consecuencia, los ápices vegetativos sufren cambios que favorecen su diferenciación hacia primordios florales. Gracias a esta cualidad, la manipulación agronómica de la inducción y la diferenciación floral es posible mediante la aplicación foliar de diversas sustancias o bajo determinadas condiciones de cultivo. Los conceptos analizados en este documento apuntan a la respuesta del vegetal a las condiciones climáticas y no se aborda el tema de empleo de hormonas o reguladores del crecimiento.

El crecimiento de los frutos de tomate está íntimamente relacionado con la temperatura, siendo óptimo entre 10-30°C, aunque a partir de 26°C reduce la tasa de crecimiento y cosecha. Por otra parte, está comprobado que la tasa de crecimiento del cultivo de tomate muestra mínima respuesta a la radiación PAR a altas radiaciones, estando la aparición de los racimos directamente relacionada con la temperatura dentro del rango de 18-23°C.

La tasa de crecimiento de los frutos de tomate varía con las variaciones de la temperatura del mismo (Grange 1995, de Koning 2000). Grange et al (1993) determinaron que el tamaño final del fruto maduro, aproximadamente 40 días después de anthesis, es proporcional al máximo ratio de incremento de peso fresco/tiempo. El máximo crecimiento en diámetro sucede entre 15-20 días después de anthesis. Las temperaturas óptimas nocturnas para el cultivo de tomate en invernadero varían entre 10-14 °C y las diurnas entre 17-25°C. Koning (1989) determinó que las temperaturas mayores, dentro del rango mencionado, mejoran el crecimiento de los frutos tempranos a expensas del desarrollo vegetativo.

Las bajas temperaturas, en combinación con la baja luminosidad afectan la productividad de tomate, tanto por perjudicar la polinización como por alterar la calidad del fruto deformándolo o afectando la normal coloración. Por otro lado, la luz acumulada influye tanto el desarrollo como el inicio de floración de las plantas de tomate.

Trabajos en cultivos hortícolas bajo cubierta realizados en España (Castilla, 1988, 1990, 1998), comparando invernaderos de techos de distintas formas obtuvieron resultados que demostraban mayor calidad y producción relacionados con una mayor luminosidad. Schoch et al (1990) determinaron los efectos de la luz y las temperaturas nocturnas sobre el incremento del diámetro del tallo en tomate. Los resultados confirman que el crecimiento en diámetro del tallo durante el estado vegetativo fue proporcional al aumento de luz que recibe la planta. La relación entre el incremento en diámetro del internodio debajo del primer racimo de flores y el peso seco de diferentes partes de la planta fueron analizados presentándose evidencia que la formación de los primeros frutos afecta dicha relación.

Resultados de trabajo de Brugginik (1987) evidenciaron que una reducción en la intensidad de luz produce una disminución de la tasa de asimilación de fotosintatos (NAR) e incrementa el índice de área foliar (LAI). Por otra parte según Cockshull (1988) durante la fase productiva el rendimiento del tomate es proporcional a la integral de radiación solar correspondiendo aproximadamente una pérdida del uno por ciento de la producción a una disminución de cada uno por ciento de la radiación disponible.

La distribución de materia seca está primariamente regulada por el destino y la diferenciación de los racimos y unidades vegetativas, dependiendo la tasa de cosecha de los racimos de la temperatura y la luz interceptada, lo cual se ve afectada por el momento de las prácticas de desbrote o retención del crecimiento apical.

Además de las prácticas de manejo, las características constructivas del invernadero tienen directa relación con las condiciones microclimáticas dentro del mismo. En invernaderos no automatizados, como los característicos de la región de la Patagonia Norte, hay que prever diseños estructurales que permitan la adecuada captación de luz y balance térmicos dentro de las posibilidades técnicas locales (hermeticidad, dimensiones, ángulo de inclinación de los techos, tasa de ventilación, etc.) importantes en regiones ubicadas a latitudes mayores de los 30°.

La radiación incidente dentro de los invernaderos depende de distintos factores y suele ser una limitante en los meses de invierno ya que el incremento de la tasa de fotosíntesis se relaciona directamente con el incremento de la radiación fotosintéticamente activa (PAR). Existen investigaciones que evidenciaron que una reducción en la intensidad de luz produce una disminución de la tasa de asimilación de fotosintatos e incrementa el índice de área foliar (LAI), esto suele presentar limitantes para la posibilidad del cultivo de tomate en regiones ubicadas a altas latitudes. La biomasa acumulada en tomate depende fundamentalmente de la cantidad de radiación acumulada, lo cual a latitudes superiores a 30° suele ser una limitante. Durante la fase productiva el rendimiento del tomate es proporcional a la integral de radiación solar correspondiendo aproximadamente una pérdida del 1% de la producción a una disminución de cada 1% de la radiación disponible.

El conocimiento de las características de la transmisión de la radiación por el material de la cubierta del invernadero es importante en la evaluación de los potenciales beneficios de cada material dado que pequeñas diferencias en la transmisión solar pueden significar importantes efectos en el desarrollo del cultivo. Trabajos realizados a altas latitudes (Inglaterra, 52°N) el 1% del incremento de la radiación PAR significa un 1% en los rendimientos de tomate Cockshull (1988). También se realizaron evaluaciones similares en el sur de España, en Almería, a 36°N (Castilla y col. 1988, 1990, Castilla y López\_Galvez, 1994) las cuales corroboraron el aumento de la producción en función del aumento de la radiación.

Los rendimientos también dependen de la concentración de CO<sub>2</sub> y de la temperatura del aire. En verano los altos niveles de radiación pueden afectar negativamente los rendimientos en áreas geográficas de alta radiación lo cual puede obligar a la necesidad de realizar sombreado de los cultivos. Por el contrario, en períodos de baja radiación, la luz artificial puede ser un recurso técnico aceptable para aumentar los rendimientos.

Se entiende como “nivel de saturación de radiación” el nivel a partir del cual los incrementos de radiación no conllevan a aumentos paralelos de fotosíntesis. En modelos de invernaderos de condiciones muy controladas, se logran incrementos del 1% de la tasa de fotosíntesis neta para incrementos de radiación del 1%, dentro del rango 0-200 W\*m<sup>-2</sup> y sobre 0.7% de incremento de producción para aumentos de radiación del 1% en el rango de 200-300 W\*m<sup>-2</sup> (Hand y col., 1992).

Pieters (1994), estudió la radiación PAR y concluyó que existe una mayor transmitancia de esta franja para los invernaderos con orientación E-O, pero, por otro lado, varios autores (Giacomelli y Ting, 1999; Jaffrin y Urban, 1990; Kurata, 1990), determinaron que la orientación norte-sur presenta siempre mayor uniformidad de la radiación sobre el dosel vegetal debido a que el movimiento del sombreado producido por los canalones se desplaza constantemente a través del cultivo de oeste a este. Coincidiendo con esos resultados, mediciones realizadas por Guertal y Elkins (1996), en un invernadero con orientación N-S, establecieron que las plantas ubicadas en forma perpendicular a la cumbre, no fueron afectadas por la distribución espacial de la radiación PAR. Por su lado, Papadakis y col. (1999), en evaluaciones realizadas en Atenas (37° 58' N), empleando un modelo en escala de cubierta de acrílico, simuló diferentes orientaciones del azimut del invernadero y diferentes posiciones del sol, encontrando que la

orientación E-O es preferible a la orientación N-S durante los meses de invierno mientras que en el verano no se detectaron diferencias entre ambas orientaciones en lo que se refiere a energía acumulada.

Tanto la nubosidad, como el ángulo de incidencia de la luz sobre la cubierta del invernadero intervienen en la intercepción de luz dentro del invernadero, lo cual puede influir sobre el crecimiento y productividad diferencial, durante los primeros meses de la producción en directa relación con el ángulo de inclinación del techo ya que la radiación PAR presenta una distribución desuniforme dentro de la estructura del invernadero. En trabajos realizados en un invernadero multicapilla en la Patagonia Norte (para ángulos de inclinación del techo entre 22 y 24°) se determinó que no existen gradientes de temperatura a 1 metro de altura que llevaran a suponer comportamientos diferenciales del cultivo, aunque se observó un retraso en el crecimiento de la planta y de los frutos del sector sur con respecto al norte, lo cual podría deberse a efecto de la radiación.

### ***Materiales y metodología de trabajo generales utilizadas para las evaluaciones de los trabajos sobre ecofisiología del cultivo de tomate***

Este material escrito presenta y analiza datos y resultados de distintas experiencias realizadas sobre tomates cultivados a lo largo de diferentes temporadas en un invernadero representativo de los modelos locales, ubicado en INTA EEA Alto Valle (38° 34'190" S y 68° 21'626" O). El mismo consta de una estructura multicapilla de 19.5 metros de ancho por 24 metros de largo de 2.50 metros de altura al canalón y 3.80 de altura en la cumbre y está orientado en la dirección E-O. Durante estas experiencias soportaba una cubierta de polietileno LDT de 150  $\mu$  con doble capa de techo inferior de polietileno cristal de 80  $\mu$  (Figura 1).



*Figura 1- Invernadero triple capilla INTA EEA Alto Valle- (Río Negro. Argentina)*

En todas las experiencias el cultivo de tomate se realizó en el sentido N-S a partir de plantas trasplantadas en el estado de tercer hoja verdadera a una distancia de 0.90 metros entre filas y 0.30 metros entre plantas. Se cultivó sobre suelo franco-arcilloso cubierto con mulch de polietileno negro de 200  $\mu$ , realizó fertirriego de acuerdo a estado fenológico y requerimientos del cultivo.

Las prácticas de manejo del cultivo realizadas fueron las comunes de la zona en lo que respecta a desbrote de brotes laterales, deshoje por debajo del racimo maduro y despunte del ápice apical después del séptimo racimo para detener el crecimiento de la planta.



*Figura 2. Vista general del cultivo de tomate en invernadero*



## 1-Experiencias para analizar la relación cultivo-temperatura-radiación PAR

### 1.1. Distribución de la radiación y la temperatura en los sectores norte y sur del invernadero en la Patagonia Norte y su efecto sobre el crecimiento y productividad diferencial por racimo en el cultivo tomate.

Estas evaluaciones se hicieron con el objetivo de determinar el efecto de la radiación y la temperatura sobre el crecimiento y productividad diferencial por racimo en el cultivo tomate en los sectores norte y sur del invernadero.

#### **Materiales y métodos**

Las plantas fueron conducidas sobre su eje central con dos tratamientos: ubicación norte y ubicación sur, con 10 plantas en cada parcela. Se realizaron registros de dos tipos de datos: variables climáticas y variables fisiológicas en el sector norte y el sector sur. Para aquellas lecturas que requirieron de métodos destructivos se extrajeron fuera de las parcelas del ensayo pero cultivadas bajo las mismas condiciones generales.

Se realizaron registros de radiación PAR interceptada a distintos niveles de altura de planta (ocho estratos cada 0.25 metros desde el suelo hasta el ápice), tomándose 5 repeticiones de 1m de longitud que comprenden 4 plantas de tomate cada repetición.

Se entiende como radiación fotosintéticamente activa interceptada ( $PAR_i$ ) a la siguiente relación

$$PAR_i = 1 - PAR_{inf} / PAR_{inc}$$

Siendo:

$PAR_{inf}$ : radiación registrada dentro del cultivo a una determinada altura de la canopia, contra el tallo principal.

$PAR_{inc}$ : radiación incidente registrada sobre el cultivo

#### **Resultados**

Las evaluaciones se hicieron sobre el cultivar Cacique. Al analizar la productividad general en los sectores norte y sur, puede observarse en la figura 1.1.1, que la producción comercial fue significativamente mayor en el sector norte del invernadero, con  $15.8 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2}$ . Sin embargo la eficiencia productiva de las hojas fue igual en ambos sectores del invernadero (Figuras 1.1.2 y 1.1.3).

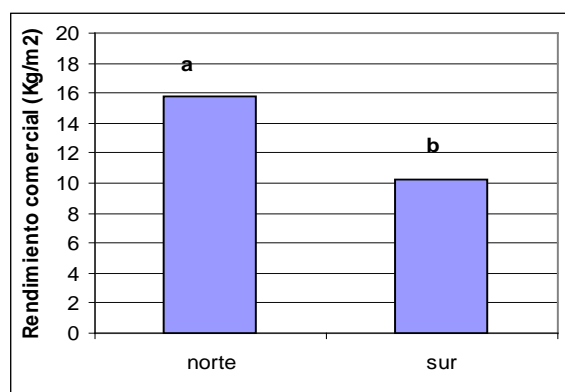
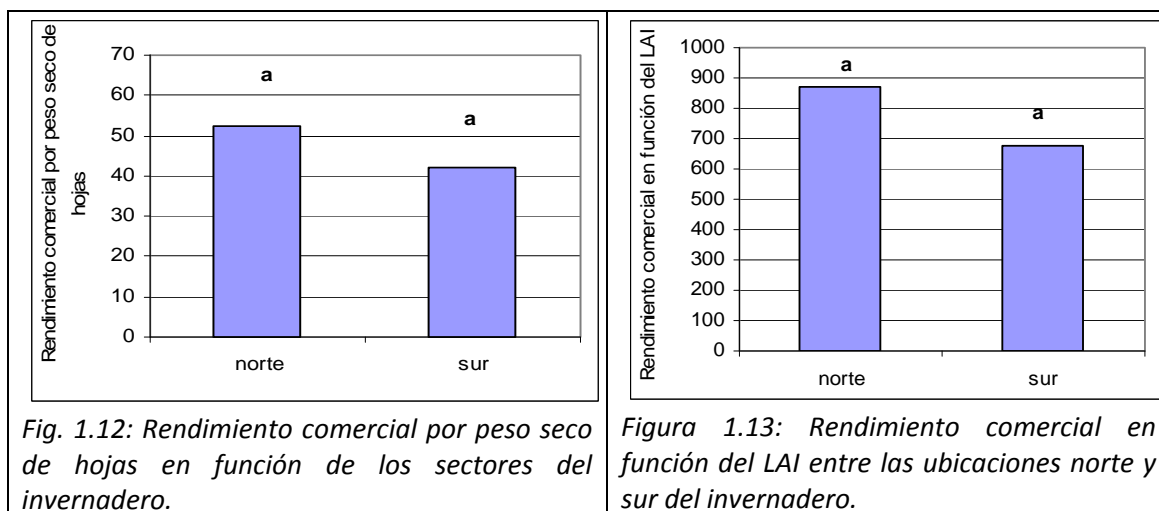


Figura 1.1.1: Rendimiento comercial de tomate en función de la ubicación norte/sur dentro del invernadero.

Esto evidencia que la ubicación de las plantas dentro del invernadero no afecta la eficiencia fotosintética de las hojas.



El análisis de los registros de intercepción de radiación PAR en el cultivo adulto, confirma, como era de suponer, que la misma es mayor en los estratos inferiores de la planta (Figura 1.1.4)

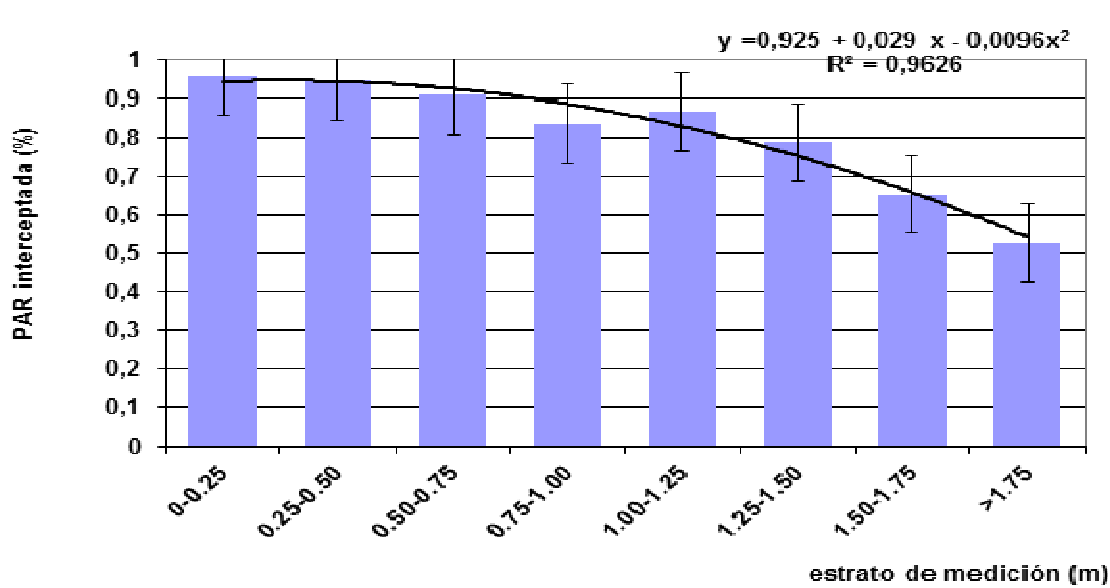


Figura 1.1.4. Intercepción de radiación PAR para distintos estratos de la planta de tomate de crecimiento indeterminado, Cv. Cacique.

Observados los registros de los sectores norte y sur del invernadero, se puede afirmar que la intercepción de luz por parte de la planta de tomate no se ve influenciada por la ubicación dentro del invernadero en ese sentido (figura 1.1.5)

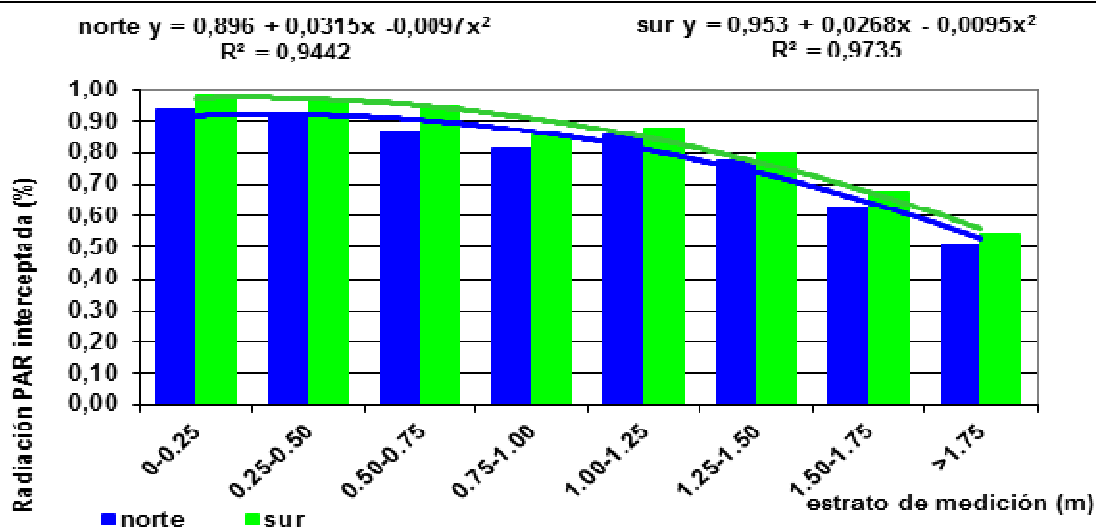


Figura 1.1.5- Intercepción de luz para los distintos estratos de la planta de tomate indeterminado, en los sectores norte y sur del invernadero.

Evaluado el tamaño final por racimo, excepto el primer racimo, que se ve afectado por el estrés de trasplante y las bajas temperaturas durante las primeras semanas, se observó que los frutos de los racimos 2 a 7 no mostraban un efecto ni del sector ni de la ubicación de la planta, en el desarrollo en tamaño de los mismos (Figura 1.1.6).

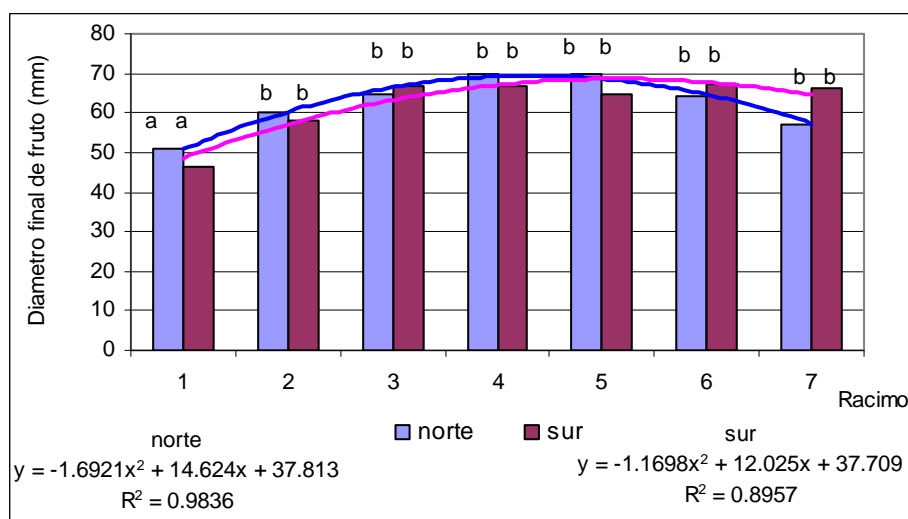


Figura 1.1.6- Diámetro final de los frutos de tomate para los distintos racimos (Duncan 0.05).

Con respecto a la productividad por racimo, considerando que la planta es retenida después del 7º esbozo floral y la cosecha finalizada a comienzos de enero, podemos observar que la mayor productividad se concentra en los primeros racimos (Figura 1.1.6).

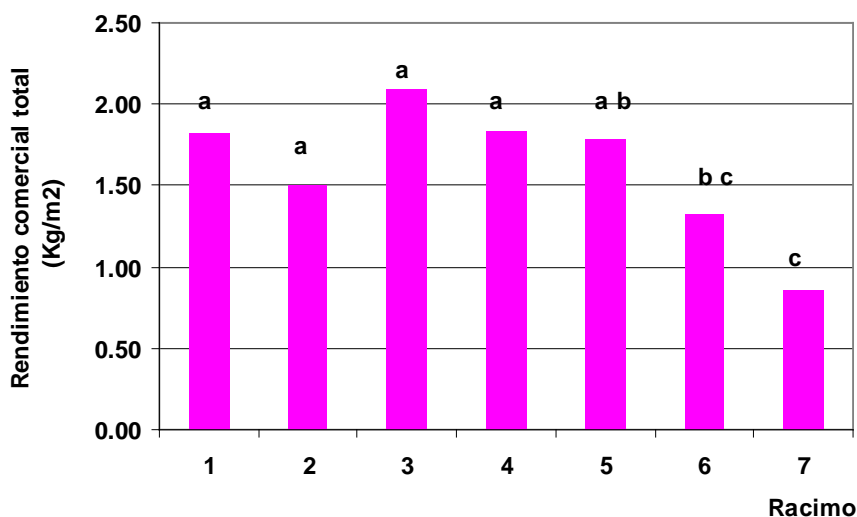


Figura 1.1.6-Rendimiento comercial de los distintos racimos de tomate Cv. Cacique.

## 1.2. Estudio de la productividad diferencial de los racimos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en relación a parámetros climáticos del invernadero durante el período primavera-estival.

### I- Introducción

Distintas son las variables que se emplean para estimar el crecimiento y la productividad. Para cuantificar la expansión foliar y consecuentemente la intercepción de luz y fotosíntesis suele emplearse área foliar (AF), índice de área foliar (LAI) y área foliar específica (SLA). Dichos parámetros se utilizan para modelar el crecimiento y la productividad aunque puedan ser discutidos por algunos autores..

El objetivo del presente trabajo fue comparar el crecimiento vegetativo y rendimientos para los distintos racimos de tomate en los sectores sur y norte de un invernadero triple capilla bajo condiciones de manejo de clima comunes en la región.

### II- Materiales y métodos

Se realizaron registros de datos del microclima de un invernadero representativo de los modelos locales ubicado en INTA EEA Alto Valle descrito en el punto I. El cultivar de tomate empleado fue Cacique, con una orientación del cultivo en el sentido N-S a partir de plantas trasplantadas en el estado de segunda hoja verdadera a una distancia de 0.90 metros entre filas y 0.30 metros entre sí. Las prácticas de manejo del cultivo que se realizaron fueron las comunes de la zona en lo que respecta a desbrote de brotes laterales, deshoje por debajo del racimo maduro y despunte del ápice apical después del séptimo racimo para detener el crecimiento de la planta.

La metodología de trabajo comprendió el registro de dos tipos de datos: parámetros de crecimiento y variables medioambientales planteadas en dos etapas de trabajo:

Primer etapa: respuesta del cultivo a la temperatura

Segunda etapa: respuesta de varios cultivares de tomate a temperatura y radiación PAR

## II.1. Parámetros del crecimiento

*Área foliar (AF)*: Se midió por método directo, utilizándose un medidor de área foliar marca Li-Cor modelo LI-3100 (Figura 1.2.1), extrayéndose muestras de 5 plantas en el sector norte y 5 plantas en el sector sur en distintos momentos correspondientes a la antesis de flores del primero al séptimo racimo. El momento de antesis se determinó por el 60% de flores abiertas para todas las flores del racimo.

A partir del área foliar se estimó el Índice de área foliar (LAI):

$$LAI = \frac{AF}{AS} \quad m^2 \cdot m^{-2}$$

donde AF: área foliar (m<sup>2</sup>)

AS: área del suelo (m<sup>2</sup>)

*Área foliar específica (SLA)*, se estimó a partir de la siguiente relación:

$$SLA = \frac{AF}{W} \quad cm^2 \cdot g^{-1}$$

Donde AF= área foliar (cm<sup>2</sup>)

W = peso seco foliar (g)



Figura 1.2.1: medidor de área foliar Area Meter LAI 3100

*Peso Seco de hojas (PS)*: Se secó la parte aérea de las plantas en estufa a 65°C hasta peso constante.

*Diámetro del fruto (mm)*: Los registros de diámetro final de los frutos se realizó empleándose un calibre electrónico digital Max-Cal de la firma Japan Micrometer MFG. Co. Ltd.

El análisis estadístico y comparación de medias se realizó mediante el sistema de computación SAS (1985), empleándose la prueba de Least Significant Difference al 5% (LSD 0.05) para comparación de medias. Las ecuaciones de regresión y coeficiente de correlación para diámetro de fruto y período antesis-cosecha fueron calculados con el programa Excel de Microsoft®XP.

## II.2. Variables medioambientales

**Radiación:** se efectuaron registros de radiación global, externa e interna empleándose sensores de Radiación Global Delta\_T ES2. (Figura 1.2.2 y 1.2.3) estimándose la radiación PAR como el 50% de la radiación total dentro del invernadero..

**Temperatura:** se registraron datos de Temperatura de aire externa e interna en los sectores norte y sur del invernadero a 1m de altura, utilizándose sensores de temperatura de aire tipo termistor (Figura 1.2.2). A partir de los valores promedios diarios se calcularon los grados día a partir de un umbral de 10°C.

Los datos se registraron con un Data Logger Delta-T modelo DL2e- Versión 2.02 (Figura 1.2.3) programado para almacenar cada 10 minutos datos promedio de cada minuto de lectura siendo los mismos procesados con el programa Excel de Microsoft® XP. La disposición de los sensores se pueden observar en el Anexo 1 al final del presente documento



Figura 1.2.2. Sensores de temperatura, humedad y radiación neta en el invernadero



Figura 1.2.3. Data logger y sensor de radiación global (arriba a la derecha)

## III- Resultados

### Crecimiento del cultivo

A pesar de haberse observado diferencia significativa del crecimiento de las plantas entre ambos sectores en algunas fechas (las más tempranas y las más tardías), no se evidencia efecto del sector respecto al área foliar y el peso seco de las hojas (Tabla 1.2.1 presentada al final del punto 1.2). Los parámetros mencionados se diferencian fundamentalmente a lo largo del ciclo de cultivo lo cual responde a un crecimiento normal del mismo, mientras que SLA

significativamente mayor en las primeras fechas indica que el cultivo presentó hojas más angostas con menor eficiencia fotosintética durante ese período.

*Desarrollo del fruto*

Los frutos del primer racimo fueron significativamente más chicos a los frutos de los restantes estratos productivos (figura 1.2.4), lo cual se corresponde con la menor eficiencia productiva del cultivo hasta ese momento.

Por otra parte no se registró un efecto del sector del invernadero tanto sobre el desarrollo como el tamaño final de los frutos evidenciándose en ambos sectores una tendencia similar a obtener menores frutos en el primer y último racimo para los meses y condiciones de cultivo de la experiencia.

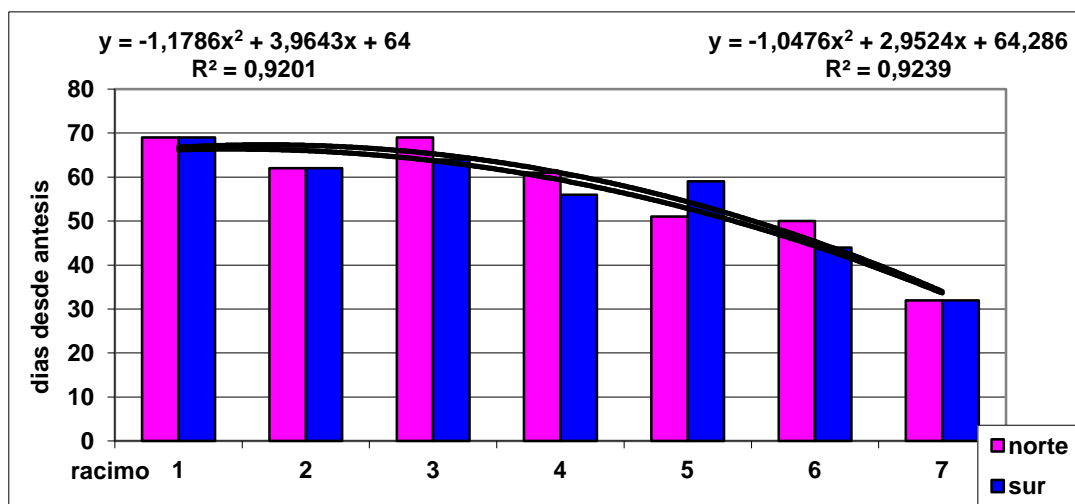


Figura 1.2.4 tamaño final del fruto de tomate para los distintos cultivos. Datos con iguales letras no difieren significativamente (Duncan 0.05)

No se observaron diferencias significativas en el período de antesis entre los sectores del invernadero aunque se comprobó un acortamiento en el período de antesis-cosecha desde el primer al séptimo racimo (figura 1.2.5) en función del aumento de las temperaturas medias para ambos sectores (tabla 1.2.2).

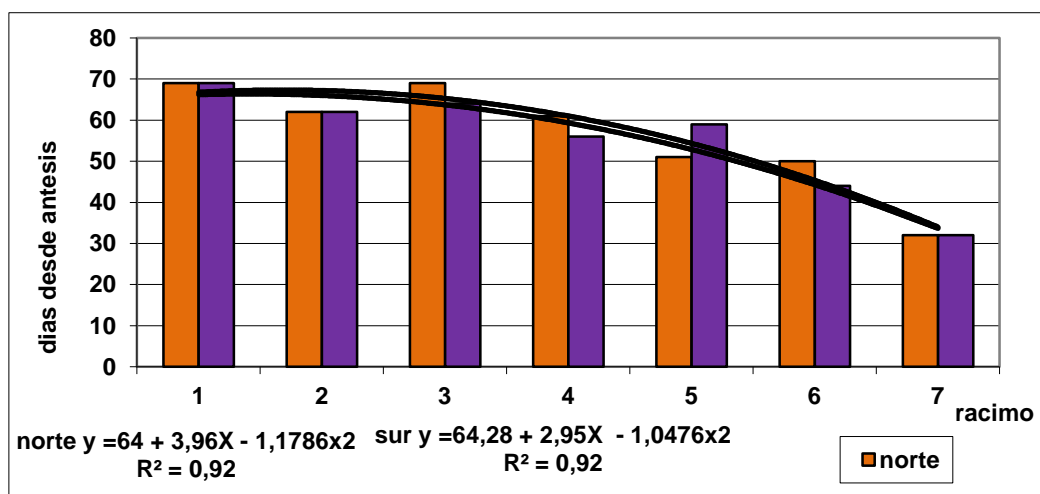


Figura 1.2.5: período antesis-cosecha para los distintos racimos

Considerando que no se manifestó un comportamiento diferencial entre los sectores norte y sur del invernadero en lo que respecta a la productividad, se calcularon los grados día acumulados a partir de la temperatura umbral (10°C) durante el ciclo del cultivo correlacionando los mismos con los datos de prolongación del período antesis-cosecha para cada estrato productivo. En la figura 1.2.6 se puede observar que el primero se ajustó a una función una función cuadrática con  $R^2: 0.87$ .

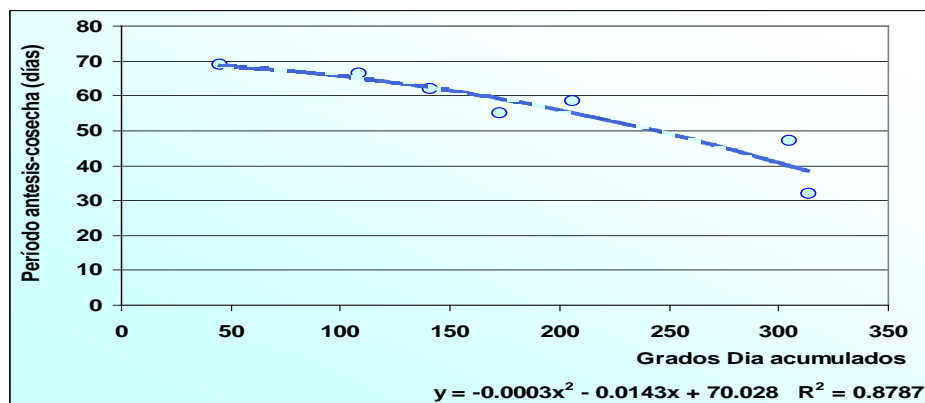


Figura 1.2.6: períodos trasplante-cosecha y antesis-cosecha para los distintos racimos en función de la temperatura acumulada.

Los registros de temperaturas promedio, máxima y mínima, como se pueden observar en la Tabla 1.2.2, no difieren para los dos sectores del invernadero lo cual permite emplear datos promedio de los mismos. En la Tabla 1.2.3 se muestran los registros de radiación total y radiación PAR incidente sobre el cultivo en el sector medio de la estructura, observándose que a partir del segundo racimo no se observan diferencias en el promedio de radiación máxima incidente sobre el cultivo que lleven a suponer efectos diferenciales sobre el crecimiento y la productividad.

Con respecto a la productividad, no se registraron diferencias significativas entre los dos sectores del invernadero referidos a los rendimientos de los frutos comerciales y frutos no comerciales, datos no presentados aquí, aunque el rendimiento comercial promedio de los sectores, entre los distintos racimos fue significativamente diferente (figura 1.2.7) con mayores valores en el segundo, tercer y cuarto racimo.

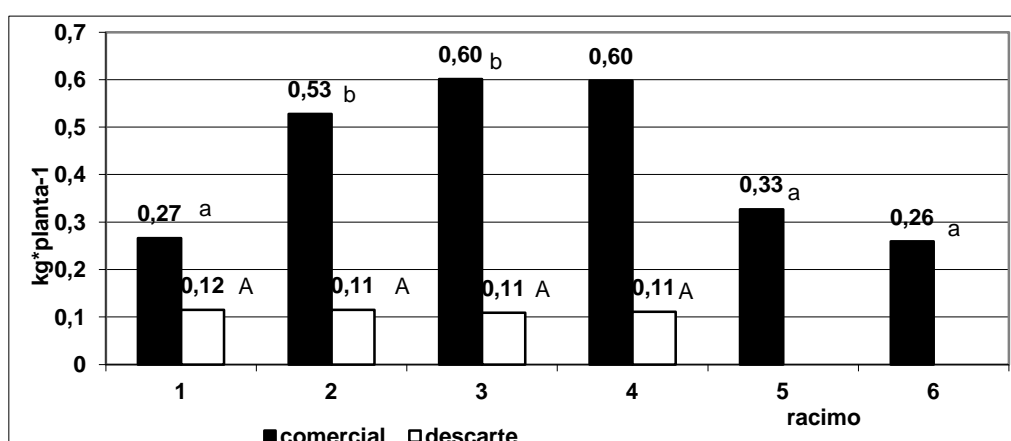


Figura 1.2.7: rendimientos ( $Kg*planta^{-1}$ ) para cada racimo. Niveles con iguales letras no difieren significativamente (Duncan 0.05), minúsculas para frutos comerciales y mayúsculas para descarte.



La productividad está determinada por el número y tamaño de los frutos, como puede observarse en la Tabla 1.32.4 la mayor cantidad de frutos se registró en los racimos 2, 3 y 4 y los mayores tamaños en los racimos 2, 3, 4 y 6.

### **III- Discusión de resultados de la primera etapa**

La mayor relación de área foliar con respecto al peso seco de las hojas durante los primeros estratos se relacionaría con menor intensidad de luz. Los menores valores de SLA durante esas semanas indican una menor eficiencia fotosintética lo cual podría ser un factor determinante de la menor productividad de los primeros racimos. Sin embargo, considerando la relación entre los registros de radiación y los registros de temperatura, se podría considerar a este segundo factor climático como la principal limitante climática en los invernaderos regionales. Si se consideran los estratos superiores, es el incremento de temperatura, y no los valores de radiación, lo que determinaría el aumento del área foliar lo cual conlleva a una disminución de SLA hacia esos estratos.

Los registros de temperaturas medias y mínimas durante las primeras semanas del cultivo mostraron valores por debajo del óptimo significando una menor acumulación de grados días. Esto se tradujo en un retraso de los procesos de fructificación de los primeros racimos con respecto a los racimos superiores. Por otro lado esos valores de temperatura subóptima también explican la menor fructificación registrada en el primer racimo.

Por otra parte las temperaturas máximas registradas para el período de antesis y crecimiento del 5, 6, y 7º racimo podrían afectar no solo el desarrollo sino también la cantidad de frutos cuajados por racimo, lo que explicaría la disminución del rendimiento para los racimos superiores.

El acortamiento de los ciclos para los racimos superiores se relacionó con el aumento de temperatura y radiación ya que las temperaturas medias registradas están dentro del rango de temperaturas óptimas para el crecimiento. Esto permite asegurar que el manejo de clima de los invernaderos no automatizados de la Patagonia Norte requiere de mayores controles de las temperaturas extremas las cuales limitarían la productividad del cultivo de tomate.

Los resultados permiten afirmar que el manejo de clima realizado, con calefacción automatizada en época de bajas temperaturas y ventilación manual en períodos cálidos, no se traduce en una producción diferencial dentro del invernadero aunque el cultivo presente diferencias en el crecimiento en altura de la planta entre los sectores estudiados.

#### **Conclusiones de la primera etapa:**

Los resultados permiten afirmar que, salvo sobre la altura de las plantas, no existe efecto del sector del invernadero en el desarrollo vegetativo ni en la productividad total. Respecto a los frutos, se registraron diferencias significativas de tamaño entre racimos evidenciándose un acortamiento en el período antesis-maduración hacia los racimos superiores. Por otro lado el área foliar específica fue significativamente inferior durante las primeras semanas coincidiendo con los menores registros de temperatura y radiación.

Tabla 1.2.1. Área foliar (AF), altura de plantas (AP), Peso seco de las hojas (PSH), índice de área foliar (LAI) y área foliar específica (SLA), en el momento de antesis de los distintos racimos del cultivo de tomate

Días desde trasplante	AF (cm <sup>2</sup> *pta <sup>-1</sup> )	AP Norte (cm)	AP Sur (cm)	PSH (g*pta <sup>-1</sup> )	PSH (g*m <sup>-2</sup> )	LAI (m <sup>2</sup> *m <sup>-2</sup> )	SLA (m <sup>2</sup> *g <sup>-1</sup> )
15	234.89 a	29.00 aA	17.00 aB	1.35 a	4.99	0.09 a	174.45 a
37	700.22 a	41.40 bA	42.20 bA	3.84 a	14.20	0.26 a	183.17 a
52	2728.00 b	62.20 cA	57.60 cA	21.96 b	81.252	1.02 b	122.63 b
65	4440.51 c	89.36 dA	93.74 dA	31.59 c	116.88	1.66 c	140.99 b
93	5973.89 d	123.50 eA	124.28 eA	39.52 d	146.22	2.23 d	151.51 b
100	7862.94 e	127.62 eA	138.30 eA	75.40 e	278.98	2.94 e	104.02 b
116	7358.43 e	135.10 eA	158.60 fB	70.35 e	260.29	2.75 e	104.46 b
	ns	**	ns		ns	ns	
	ns	**	ns		ns	ns	

Letras iguales no difieren significativamente (Duncan 0.05), minúsculas en el sentido vertical y mayúsculas en el sentido horizontal.

Tabla 1.2.2: temperaturas promedios durante el crecimiento de los distintos racimos

racimo	Tº prom N	Tº prom S	Tº max N	Tº max S	Tº min N	Tº min S
1	16.41	16.01	26.62	25.94	9.50	9.04
2	17.72	17.33	27.18	26.83	9.63	9.08
3	18.50	17.42	27.86	27.57	10.18	9.72
4	18.68	18.10	27.88	27.57	10.34	9.54
5	19.09	17.26	28.29	29.14	10.33	10.92
6	20.48	20.32	29.63	29.78	11.56	11.21
7	21.42	20.82	30.74	30.19	12.41	11.89

Tabla 1.2.3: temperatura (°C) y radiación (Watt\*m<sup>-2</sup>) promedio durante el desarrollo y maduración de cada racimo

Racimo	Tº media	Tº máxima	Tº mínima	Promedio Radiación Total máxima	Promedio Radiación PAR máxima interna
1	16.21	26.28	9.27	622.39	311.20
2	17.53	27.01	9.36	714.40	357.20
3	17.96	27.71	9.95	727.04	363.52
4	18.39	27.73	9.94	710.18	355.09
5	18.18	28.71	10.63	752.85	376.42
6	20.40	29.70	11.38	773.16	386.58
7	21.12	30.46	12.15	777.92	388.96

Tabla 1.2.4- Rendimientos comerciales y no comerciales

Racimo	Frutos comerciales (Kg.* planta <sup>-1</sup> )	Numero de frutos comerciales	Frutos descarte (Kg.* planta <sup>-1</sup> )	Rendimientos totales (Kg.* planta <sup>-1</sup> )	Peso promedio de fruto (g)
1	0.322 a	3.083 a	0.115 a	0.382 a	151.00 a
2	0.613 b	6.000 b	0.115 a	0.633 ab	186.83 b
3	0.693 b	6.417 b	0.109 a	0.692 b	178.45 b
4	0.739 b	6.583 b	0.111 a	0.653 b	182.41 b
5	0.327 a	2.833 a		0.327 a	154.44 a
6	0.259 a	1.333 a		0.259 a	187.53 b

Datos con iguales letras no difieren significativamente (Duncan 0.05)

## Segunda etapa

### Materiales y métodos de la segunda etapa

Se evaluaron 3 cultivares: Cacique, C 6902 y Rosso trasplantados el 8 de setiembre de 2005.

### Resultados y discusión de la segunda etapa

Es importante destacar que se observaron diferencias significativas en los rendimientos comerciales de los distintos materiales (Figura 1.2.8) lo cual puede significar respuestas diferentes en otros parámetros analizados más adelante.

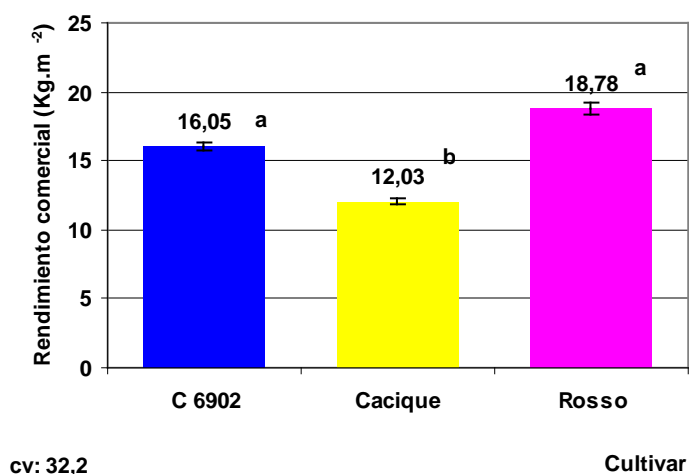


Figura 1.2.8. Rendimientos comerciales promedios para los distintos cultivares de tomate

Los distintos cultivares mostraron distintos comportamiento respecto a los rendimientos comerciales de los distintos racimos (figura 1.2.9), lo cual indica una respuesta diferencial de los mismos a factores que no han podido ser determinados (de clima o manejo de suelo).

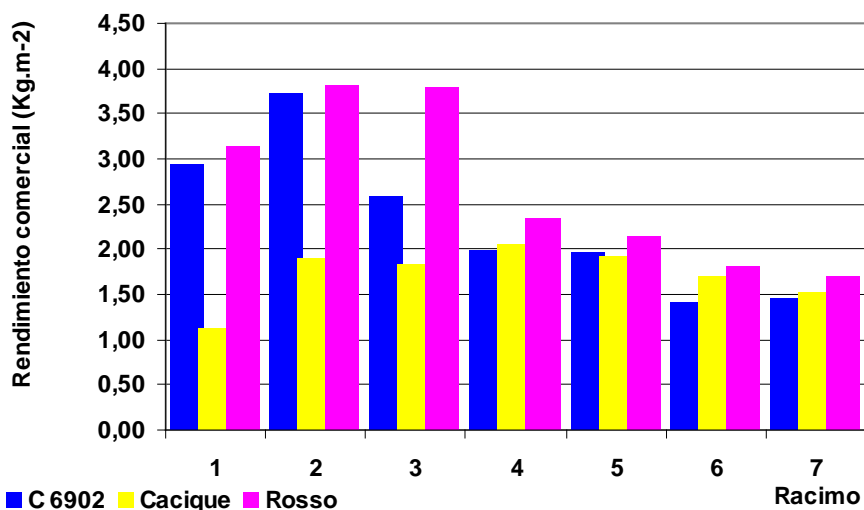


Figura 1.2.9–Rendimientos comerciales por racimo para los distintos cultivares de tomate

Analizado el efecto del sector del invernadero sobre los rendimientos comerciales promedio de los cultivares puede observarse que no hay diferencias significativas dentro de los cultivares (figura 1.2.10).

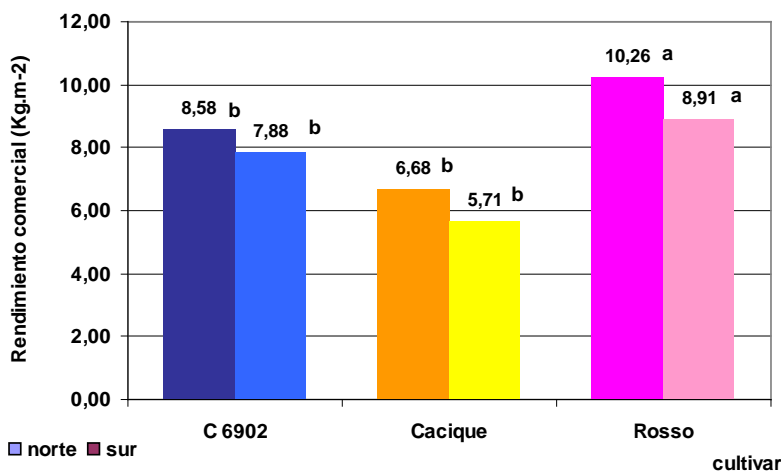


Figura 1.2.10–Rendimientos comerciales para los distintos cultivares por sector del invernadero

Debido a esta respuesta diferencial por cultivar, se analizó por separado a cada uno de los mismos, observándose una misma tendencia a la productividad de los distintos racimos para los cultivares C 6902 y Rosso los cuales presentan mayor productividad en los primeros racimos (Figuras 1.2.11 y 1.2.12), mientras que Cacique no muestra rendimientos significativamente diferentes en los distintos racimos (Figura 1.2.13).

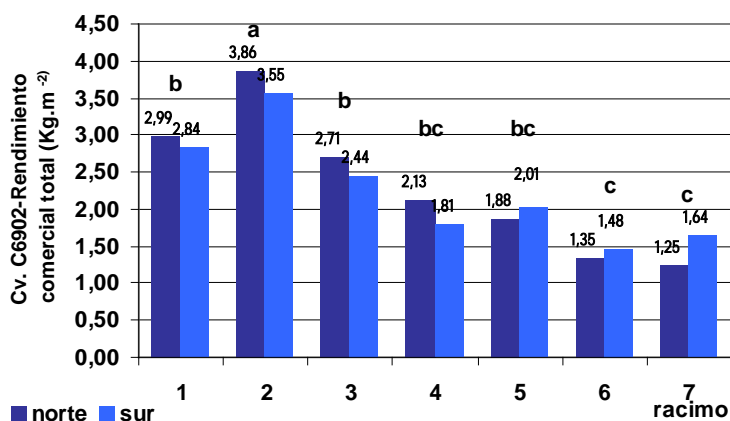


Figura 1.2.11-Rendimientos comerciales por sector para el cultivar C 6902

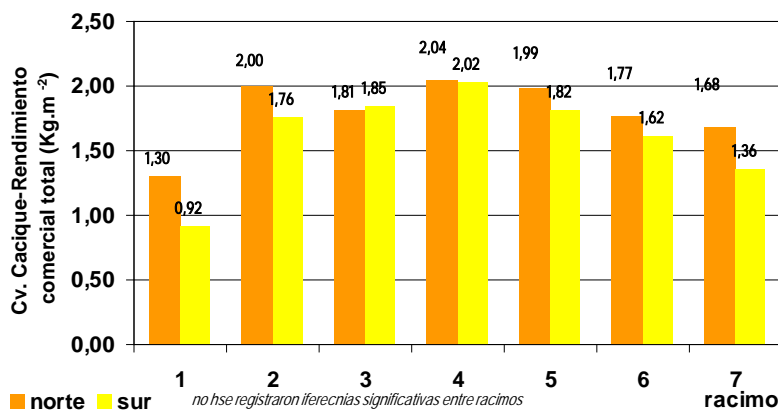


Figura 1.2.12–Rendimiento comercial por sector para el cultivar Cacique

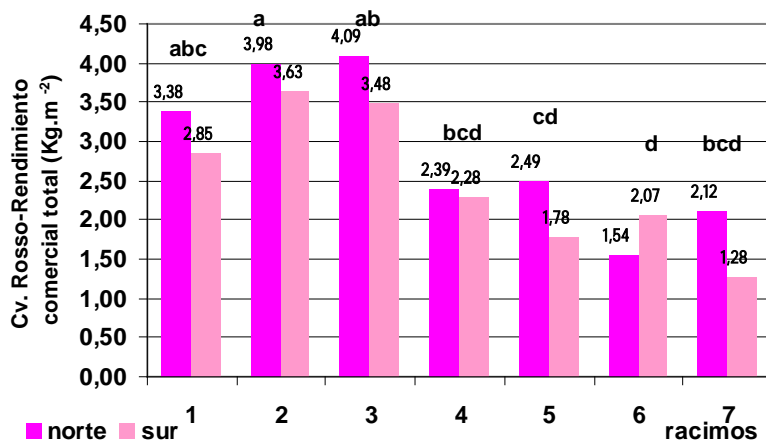


Figura 1.2.13–Rendimiento comercial por sector para el cultivar Rosso.

El comportamiento del cultivar Cacique, en esta experiencia, no responde a los resultados obtenidos en otras experiencias en las cuales se ha evaluado el rendimiento diferencial por racimo. Esto puede deberse a prácticas de manejo (como inadecuada fertilización), que haya afectado el rendimiento de los primeros racimos.

Analizado el peso específico de las hojas para los distintos cultivares, no se encontraron diferencias significativas (Figura 1.2.14), esto significa que los mismos presentan la misma eficiencia fotosintética.

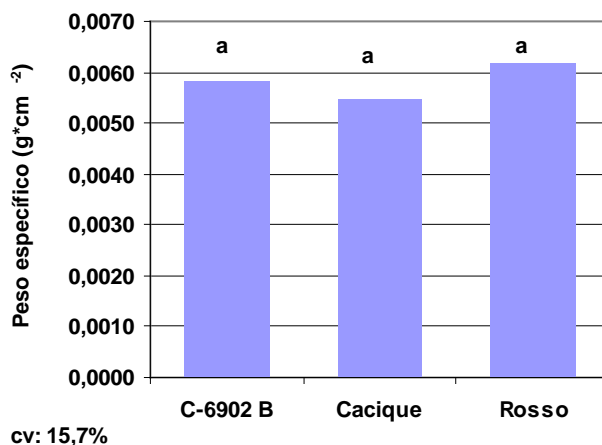


Figura 1.2.14: peso específico de las hojas de los distintos cultivares

El período antesis-cosecha fue menor para los sucesivos racimos (figura 1.2.15), lo cual está relacionado tanto a la acumulación de temperatura como de radiación.

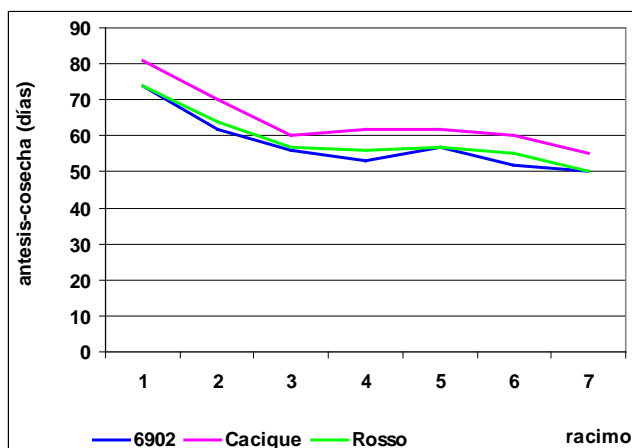


Figura 1.2.15: Longitud del período antesis-cosecha (en días) para los racimos de los diferentes cultivares

Si observamos los grados día acumulados por los distintos racimos en los diferentes cultivares (figura 1.2.16) vemos que Cacique necesitó acumular más temperatura para el período antesis-cosecha de cada uno de sus racimos con respecto a los otros dos cultivares, lo que se observa bien en los resultados de la comparación estadística de la figura 1.2.17.

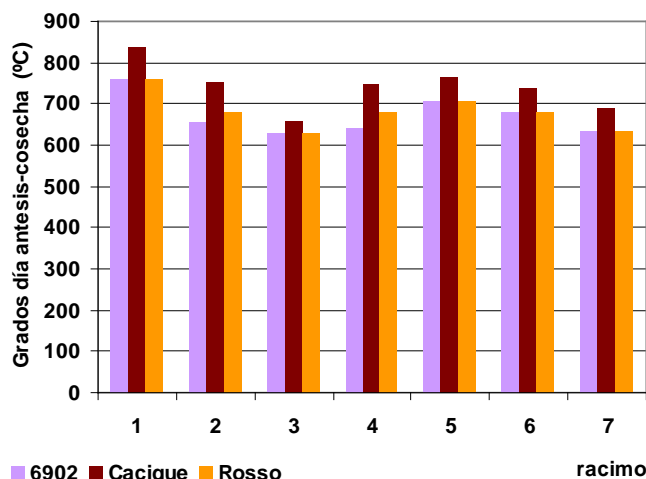


Figura 1.2.16: Grados día (°C) acumulados en los racimos de los distintos cultivares

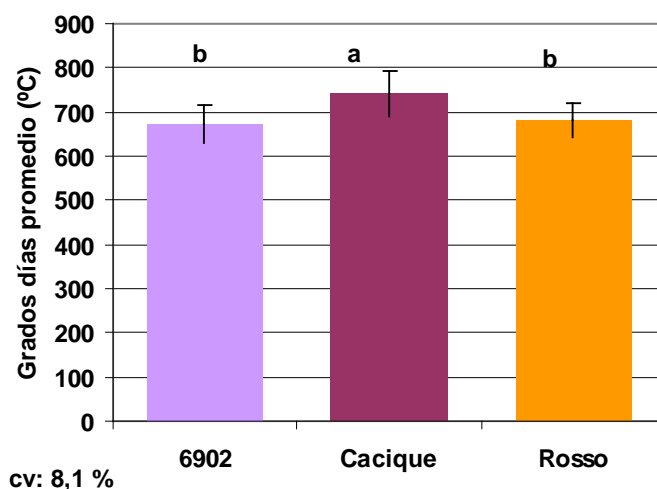


Figura 1.2.17: grados días promedio acumulados, en el período antesis-cosecha, por racimo en los distintos cultivares.

Se ha calculado la radiación acumulada durante el ciclo de cultivo según puede verse en la figura 1.2.18. En dicha figura se indica el umbral de  $6 \text{ Mj.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$ , que corresponde al valor mínimo para el desarrollo de la planta de tomate. Como se ve, durante todo el ciclo de cultivo se produjo acumulación de radiación PAR.

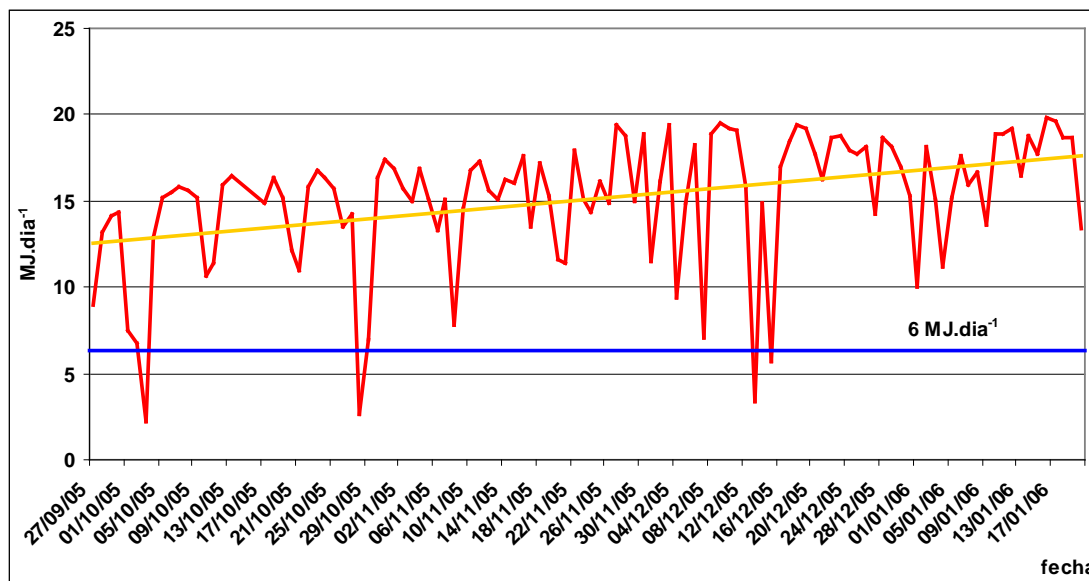


Figura 1.2.18: radiación PAR acumulada diaria temporada de cultivo 2005-2006.

Analizada la acumulación de radiación para cada uno de los racimos de los distintos cultivares (figura 1.2.19) se puede observar que Cacique requiere mayor acumulación de radiación PAR para el desarrollo de sus frutos (figura 1.2.20)

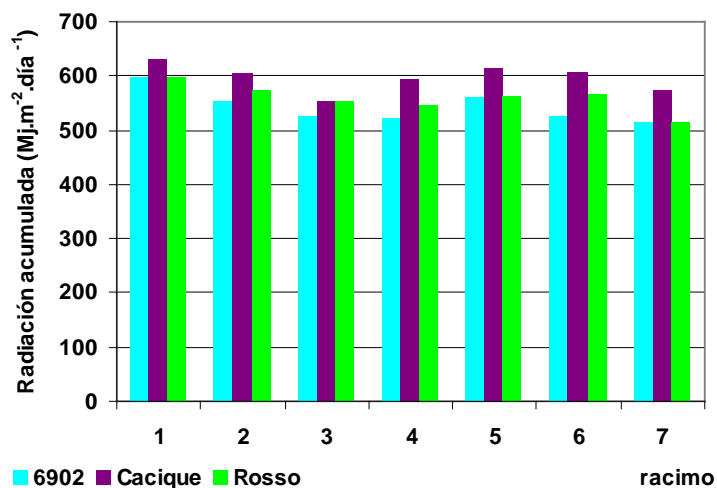


Figura 1.2.19: Radiación acumulada por los racimos de los distintos cultivares

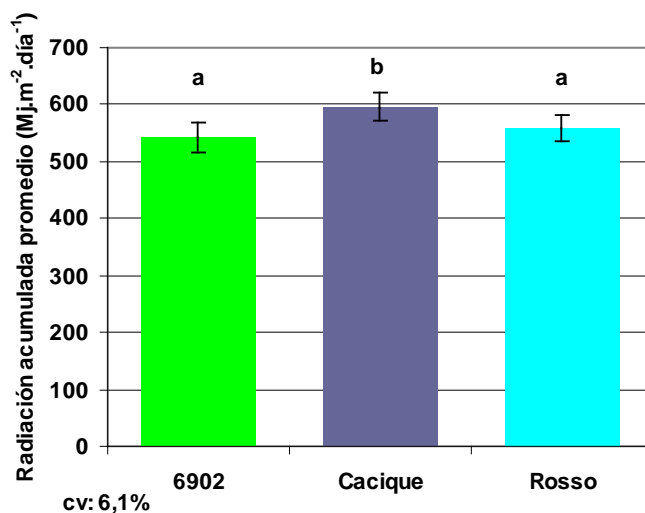


Figura 1.2.20: radiación PAR promedio acumulada, en el período antesis-cosecha, por racimo en los distintos cultivares.

Medida la intercepción de la radiación PAR en el momento de antesis de los distintos racimos, los registros muestran claramente como los racimos inferiores acumulan mayor cantidad de radiación lo que a su vez favorece la mayor productividad de los mismos (Figura 1.2.21).

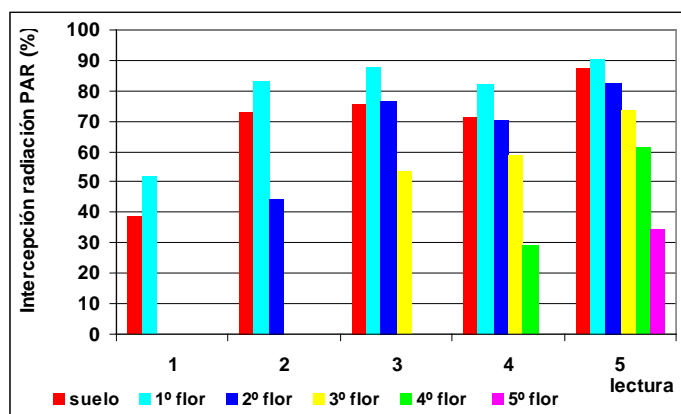


Figura 1.2.21 –Intercepción de radiación en distintas lecturas a lo largo del cultivo (cada 15-20 días)

Por otro lado se ha podido constatar que existe relación significativa entre la longitud del período antesis-cosecha y los grado día promedio del ciclo (figura 1.2.22), siendo más significativa la relación entre la longitud de dicho período y la acumulación de radiación PAR (figura 1.2.23).



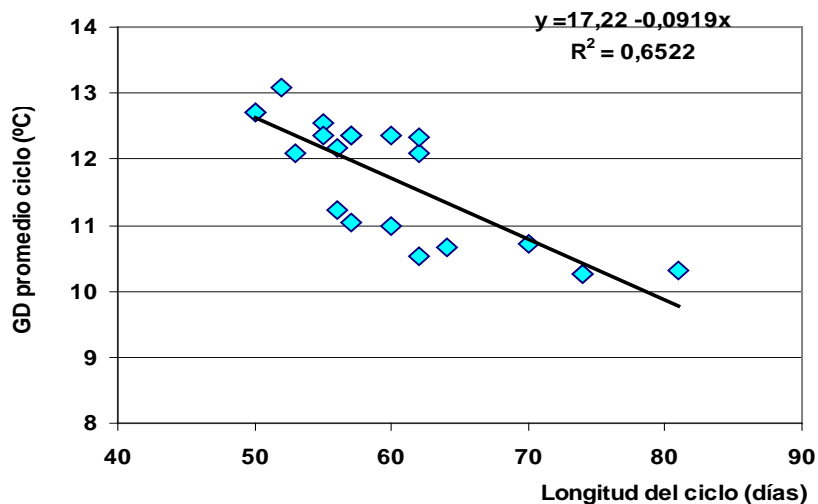


Figura 1.2.22–Relación entre la longitud del ciclo antesis-cosecha con los grados día promedio diarios.

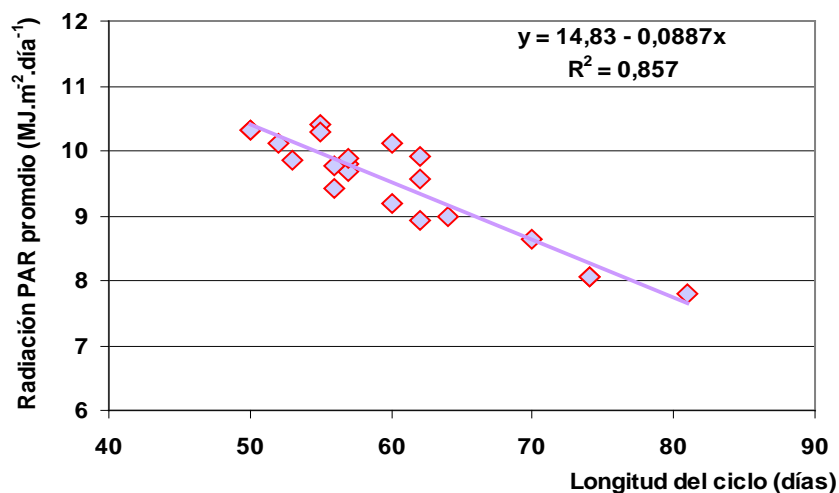


Figura 1.2.23–Relación entre la longitud del ciclo antesis-cosecha y la radiación PAR promedio diarios.

### Conclusiones para la segunda etapa

La acumulación de radiación PAR por encima de  $6 \text{ MJ. m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$  y la acumulación de temperatura por encima de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  determinan la tasa de crecimiento y maduración de los frutos de tomate.

Existe un requerimiento diferencial de grados día y acumulación PAR para distintos materiales genéticos de tomate.

Para el período de cultivo de tomate primavera-estival, en el norte de la Patagonia, con retención del cultivo a 7º-8º racimo, la productividad es mayor para los primeros estratos de frutos., probablemente debido a una mayor actividad fotosintética producto de una mayor acumulación e intercepción lumínica.

La ubicación de la planta dentro del invernadero no es un factor determinante para la productividad ya que esta depende fundamentalmente del cultivar y prácticas de manejo (retención del crecimiento entre otras), que puedan favorecer la mejor captación de luz de los distintos estratos fructíferos

### **Bibliografía consultada para el trabajo 1.2.**

- Adams S.R., Cockshull K. E. and C. R. J. Cave. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany* 88: 869-877
- Bertin, N. & C. Gary. 1998. Short and long term fluctuations of the leaf mass per area of tomato plants- Implications for growth models. *Annals of Botany* 82: 71-81
- Bruggink, G.T. and E. Heuvelink. 1987. Influence of Light on the Growth of Young Tomato, Cucumber and Sweet Pepper Plants in the Greenhouse: Effects on Relative Growth Rate, Net Assimilation Rate and Leaf Area Ratio. *Scientia Horticulturae*, 31, 161-174
- Cockshull, K.E. 1988. The integration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate *Acta Horticulturae*. 229:113-123
- Gary C., Jones J.W. & J.J. Longuenesse. 1993. Modelling daily changes in specific leaf area of tomato: the contribution of the leaf assimilate pool. *Acta Horticulturae*. 328:205-210
- Heuvelink E. 1995 Dry matter production in a tomato crop: measurements and simulation *Annals of Botany* 75: 369-379
- Iglesias N. 2002 Efecto del microclima de un invernadero de la Patagonia Norte (Argentina) sobre parámetros de crecimiento y productividad de tomate Universidad de Lleida Trabajo de Investigación DEA
- Iglesias N, Merlo V. and S. Romagnoli. 2001. Hortalizas fresca: tendencias, mercados, costos y estrategias productivas para la producción bajo cubierta en la Patagonia Norte. INTA. EEA Alto Valle.
- Jones J. W., Dayan E, Allen L.H., Van Keulen H. & H. Challa. 1991. A dynamic tomato growth and yield model (TOMGRO). *Transaction of the Am. Soc. Of Agr. Eng.* 34: 663-672
- Pearce, B.D., Grange, R.I. and K. Hardwick 1993 The growth of young tomato fruit. I. Effects of temperature and irradiance on fruit grown in controlled environment *Journal of Horticultural Science* 68 (1) 1-11
- Pearce, B.D., Grange, R.I. and K. Hardwick 1993. The growth of young tomato fruit. II. Environmental influences on glasshouse crops grown in rockwool or nutrient film. *Journal of Horticultural Science* . 68 (1): 13-23
- Robinson, T. and A. Lakso (1991). Bases of Yield and Production Efficiency in Apple Orchard System. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(2):118-192
- Scholberg J., McNeal B. L., Jones J. W., Boote K. J. & C. D. Stanley 2000 Growth and canopy characteristics of field-grown tomato. *Agronomy Journal* 92 (1): 152-159

### **1.3. Estudio de acumulación de temperatura y radiación en el proceso de fructificación en variedades de tomate: Producción diferencial de estratos productivos de tomate de crecimiento indeterminado en un cultivo primicia bajo invernadero. a) Producción de los distintos estratos.**

#### **Resumen**

*La producción de tomate primicia bajo cubierta, en el norte de la Patagonia, suele presentar diferente respuesta, tanto en ciclo como de productividad, entre los racimos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de los racimos de tres cultivares (6771, D6783 y Superman). El cultivo se guió a un solo eje y la planta se detuvo después del sexto racimo. El diseño fue de bloques completos al azar con seis repeticiones de diez plantas cada una. El trasplante se realizó el 28/08/09 y la cosecha se inició 30/11/09 a los 96 días después del trasplante. Se cosecharon los frutos en estado pintón por cada racimo. Se clasificaron y*

pesaron los frutos y se calculó el rendimiento ( $\text{Kgxm}^2$ ). Se empleó el programa Infostat para los análisis estadísticos. Los rendimientos totales y comerciales para los distintos cultivares fueron, 6771:  $23.20\text{Kg}*\text{m}^2$  y  $26.9\text{Kg}*\text{m}^2$ , D6783:  $18.13\text{Kg}*\text{m}^2$  y  $21.39\text{Kg}*\text{m}^2$  y Superman  $11.48\text{Kg}*\text{m}^2$  y  $14.55\text{Kg}*\text{m}^2$ . No se registró interacción entre los cultivares y el rendimiento por racimo siendo en el cultivar 6771 el rendimiento del segundo y tercer racimo estadísticamente superior al resto ( $4.38\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $5.47\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $6.07\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $4.08\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $3.74\text{Kg}*\text{m}^2$  y  $2.34\text{Kg}*\text{m}^2$ , en el cultivar D6783 la producción de los cuatro primeros racimos fue estadísticamente superior al resto ( $3.90\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $4.63\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $4.58\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $3.93\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $2.74\text{Kg}*\text{m}^2$  y  $1.62\text{Kg}*\text{m}^2$ ) y en Superman los rendimientos de los tres primeros racimos fueron superiores al resto ( $3.75\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $4.75\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $3.82\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $1.77\text{Kg}*\text{m}^2$ ,  $0.41\text{Kg}*\text{m}^2$  y  $0.05\text{Kg}*\text{m}^2$ ). Los rendimientos superiores de los estratos intermedios pueden estar relacionados, en parte, a mejores condiciones climáticas dentro de los invernaderos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de los racimos de tres cultivares (6771, D6783 y Superman).

### **Materiales y métodos**

Se evaluó la productividad de los 6 primeros racimos (n:1...n:6) de tres cultivares de tomate (6771, D6783 y Superman). Las plantas de tomate fueron trasplantadas el 28 de noviembre de 2009 al invernadero metálico triple capilla ubicado en INTA EEA Alto Valle. Las plantas se establecieron en un marco de plantación de 0.30 m. entre las mismas y 0.90 m. de distanciamiento entre filas y a una densidad de  $3.7\text{ plantas}.\text{m}^{-2}$ . La planta se condujo a un solo tallo suspendido con un hilo de rafia plástica.

El cultivo de guio a un solo eje y la planta se detuvo después del sexto racimo. El diseño fue de bloques completos al azar con seis repeticiones de diez plantas cada una. El trasplante se realizó el 28/08/2009 y la cosecha se inició 30/11/2009 a los 96 días después del trasplante. Se cosecharon los frutos en estado pintón por cada racimo. Se clasificaron y pesaron los frutos y se calculó el rendimiento ( $\text{Kgxm}^2$ ). Se evaluó la producción clasificándola en frutos comerciales y frutos no comerciales, analizándose:

*Rendimientos Comerciales:* Se clasificaron los frutos en distintas categorías comerciales (grandes, medianos y chicos) los cuales fueron clasificados en primera o segunda categoría. Primera categoría: frutos medianos y grandes sin ninguna alteración en su forma y/o color Segunda categoría: frutos chicos y extra grandes sin ninguna alteración en forma y/o color y medianos o grandes con leves alteraciones que permiten comercializar el producto

Clasificación de los frutos tamaño:

Frutos Chicos: entre 3 y 5 cm. de diámetro ecuatorial

Frutos medianos: entre 5.1 y 7 cm. de diámetro ecuatorial

Frutos grandes: entre 7.1 y 9 cm. de diámetro ecuatorial

Frutos extra grandes: más de 9 cm. de diámetro ecuatorial

Se empleó el programa InfoStat versión 2009 para los análisis estadísticos.

### **Resultados y discusión**

El rendimiento comercial fue estadísticamente superior en el cultivar 6771 lo cual incide en mayor rendimiento total (tabla 1.3.1). El mismo comportamiento se observa en el rendimiento de frutos de primera categoría. En cuanto al tamaño de frutos, en la misma tabla se puede

observar que el mayor rendimiento del cultivar 6771 está asociado a mayor producción de frutos grandes y medianos.

Tabla 1.31: Rendimientos de los distintos cultivares (Kg.m<sup>-2</sup>)

cultivar	Comercial	Descarte	Total	Primera	Segunda	Chicos	Medianos	Grandes
<b>6771</b>	23,20 a	2,89	26,09a	15,02a	8,17a	6,84a	8,35a	5,97a
<b>D6783</b>	18,13 b	3,26	21,39b	9,67b	8,46a	6,60a	6,18b	3,24b
<b>Superman</b>	11,48 b	3,07	14,55b	8,78b	2,69b	1,98b	2,18c	3,85b
<b>cv</b>	46.01	50.85	40.27	62.68	45.56	47.70	65.30	85.5
<b>ns</b>	**	ns	**	**	**	**	**	**
<b>Promedio</b>	17,60	3,07	20,68	11,16	6,44	5,14	5,57	4,35

Valores seguidos por igual letra, en el sentido vertical, no difieren estadísticamente (Scott & Knott Alfa=0,05)

No se registró interacción entre los cultivares y el rendimiento por racimo siendo en el cultivar 6771 el rendimiento del segundo y tercer racimo estadísticamente superior al resto, en el cultivar D6783 la producción de los cuatro primeros racimos fue estadísticamente superior al resto, y en Superman los rendimientos de los tres primeros racimos fueron superiores al resto. Los rendimientos superiores de los estratos intermedios pueden estar relacionados, en parte, a mejores condiciones climáticas dentro de los invernaderos (tabla 1.3.2).

Tabla 1.3.2: Rendimiento total por racimo (Kg.m<sup>-2</sup>), para cada cultivar

Racimo	Cultivar					
	6771	D6783	Superman	CV		Promedio
1	4,38 b	3,90 a	3,75 a	26.21	ns	4.01
2	5,47 a	4,63 a	4,75 a	19.78	ns	4.95
3	6,07 a	4,58 a	3,82 a	23.52	**	4.82
4	4,08 b	3,93 a	1,77 b	22.46	**	3.26
5	3,74 b	2,74 b	0,41 b	36.4	**	2.30
6	2,34 c	1,62 b	0,05 b	50.63	ns	1.34
CV	24.66	23.91	32.71			
ns	**	**	**			
Total	26,09	21,39	14,55			20.68

Valores seguidos por igual letra, en el sentido vertical, no difieren estadísticamente (Scott & Knott Alfa=0,05)

En la figura 1.3.1 se puede observar que la tendencia de aumento de producción hacia el segundo y tercer racimo presenta el mismo patrón en los tres cultivares respuesta que podría estar relacionada a distintos factores, entre ellos, la mayor incidencia negativa de altas temperaturas en los estratos superiores en el momento de cuaje y a una necesidad de ajuste de fertirriego.

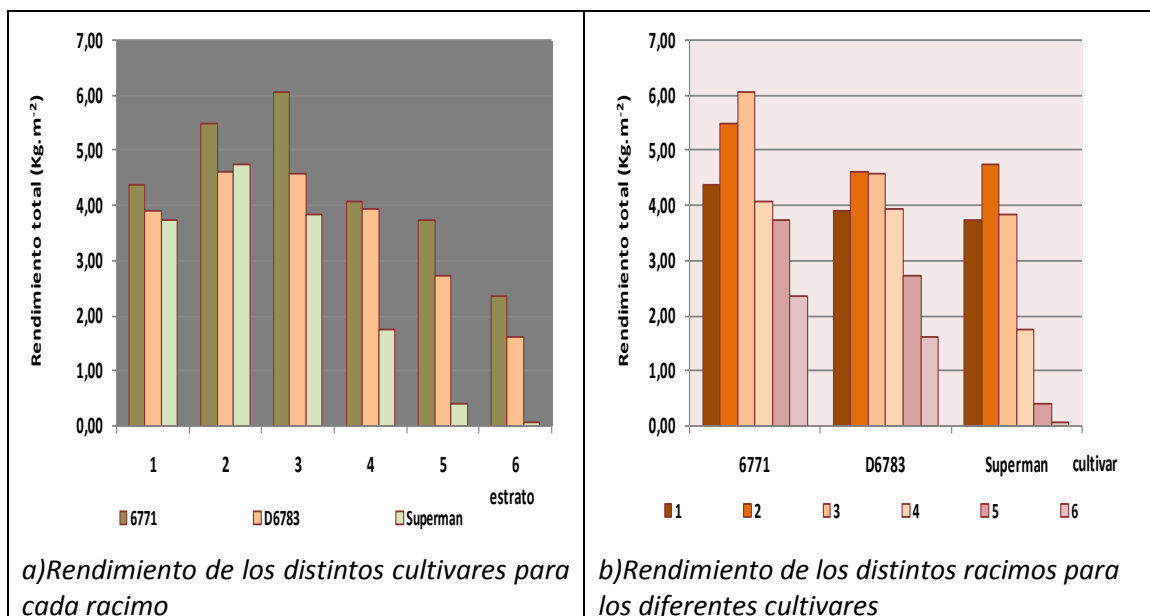


Figura 1.3.1- Distribución del rendimiento por racimo

En la figura 1.3.2 se puede observar la distribución relativa por tamaño de frutos para los distintos racimos, aunque no se ha realizado el análisis estadístico para este parámetro, puede observarse que en los tres cultivares se visualiza una tendencia a la reducción de tamaño desde el primer al sexto racimo que podría ser una consecuencia de falta de ajuste en el esquema de fertilización.

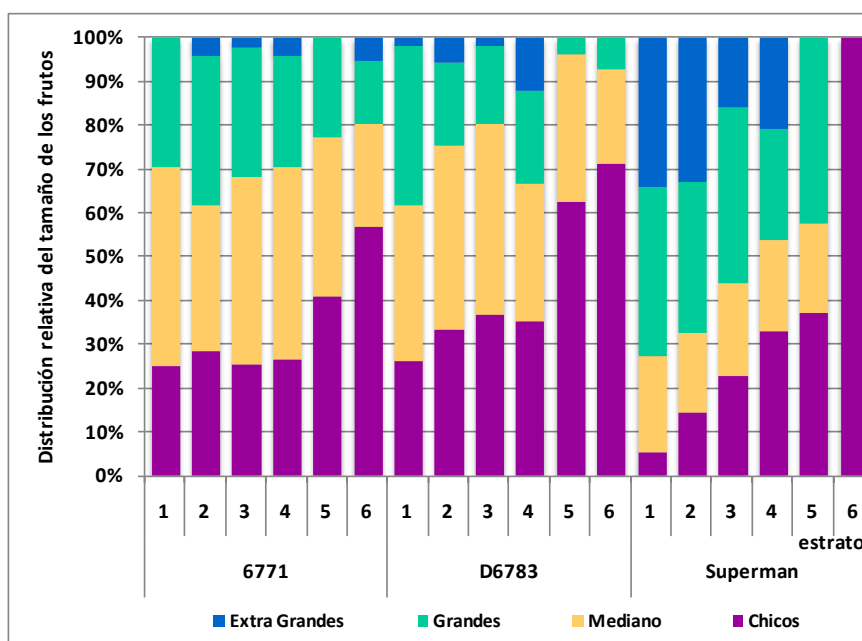


Figura 1.3.2: Distribución relativa de los rendimientos comerciales por tamaño de fruto

Los resultados de esta experiencia no contradicen experiencias anteriores de evaluación de rendimientos diferencial por racimo realizadas con otros materiales. Muchos factores pueden estar determinando la caída de rendimientos después del tercer racimo, fundamentalmente la necesidad de replantear el esquema de nutrición del cultivo en función de la demanda y manejo adecuado de condiciones climáticas, principalmente temperaturas altas que puedan estar afectando el cuaje de las flores de los estratos superiores.

**1.4. Estudio de acumulación de temperatura y radiación en el proceso de fructificación en variedades de tomate: Producción diferencial de estratos productivos de tomate de crecimiento indeterminado en un cultivo primicia bajo invernadero. b) Respuesta productiva a la acumulación de temperatura y radiación fotosintéticamente activa (PAR).**

**Resumen**

Los estratos productivos de la planta de tomate suelen presentar diferente respuesta fenológica y productiva. El objetivo de este trabajo fue evaluar la tasa de aparición y el rendimiento de los primeros seis racimos de tres cultivares (6771, D6783 y Superman) y la relación entre rendimiento con temperatura acumulada y PAR. Se calcularon grados-día (GD) con un umbral =10°C y PAR (MJtotal) desde trasplante (26/08/09) hasta antesis y desde antesis a cosecha. A cosecha se clasificaron y pesaron los frutos y se calculó el rendimiento (Kgxm<sup>2</sup>). Los análisis estadísticos determinaron que la tasa de floración responde a una ecuación del tipo lineal  $y=a+bx$  en la cual  $x$ , en el caso de temperatura es GD y en el caso de radiación, MJ acumulados desde el trasplante. Los modelos de respuesta se ajustaron a ecuaciones cuadráticas en las cuales el rendimiento total (Kg\*m<sup>-2</sup>) de los distintos cultivares fueron: a) 6771, Rendimiento=  $5,15+0,0109*GD-4.8^{-6}*GD^2$  (R<sup>2</sup> 0.66) y Rendimiento=  $-16,44+0,03*MJtotal-1,1^{-5}*MJtotal^2$  (R<sup>2</sup> 0.68), b) D6783 Rendimiento=  $-3,7+07.9^{-3}*GD-3.5^{-6}*GD^2$  (R<sup>2</sup> 0.62) y Rendimiento=  $-9,88+0,02*MJtotal-6.6^{-6}*MJtotal^2$  (R<sup>2</sup> 0.61) y c) Superman, Rendimiento=  $-4,38+0,0091*GD-4.00^{-6}*GD$  (R<sup>2</sup> 0.51) y Rendimiento=  $-13.33+0,02*MJtotal-8.8^{-6}*MJtotal^2$  (R<sup>2</sup> 0.51). El cultivar 6771 alcanzó el pico de producción en el tercer racimo (1186 GD y 1316 MJtotal), D6783 y Superman en el segundo racimo (1091 GD, 1261 MJtotal y 1126 GD, 1286MJtotal respectivamente). Se registraron diferencias significativas de rendimiento entre racimos en función de temperatura y PAR acumulada entre antesis y cosecha. Los resultados indican que temperatura y PAR son factores a considerar tanto desde el diseño, tipo de cubierta, y estrategia productiva cuando estos factores pueden ser limitantes.

Los estratos productivos de la planta de tomate suelen presentar diferente respuesta fenológica y productiva. El objetivo de este trabajo fue evaluar la tasa de aparición y el rendimiento de los primeros seis racimos de tres cultivares (6771, D6783 y Superman) y la relación entre rendimiento con temperatura acumulada y PAR.

**Materiales y métodos**

Se registró el momento de antesis de cada racimo, determinando el mismo a la apertura del 60% de las flores del estrato. A cosecha se pesaron los frutos y se calculó el rendimiento por metro cuadrado.

Los parámetros climáticos se registraron con data loggers: temperatura (°C) y radiación fotosintéticamente activa- PAR ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) cada 15 minutos durante todo el período de cultivo. Se hicieron los siguientes cálculos:

- Radiación diaria acumulada (MJ).
- Grados-día (GD) con un umbral =10°C y PAR (MJ total) desde trasplante (26/08/09) hasta antesis y desde antesis a cosecha.
- Tasa de floración de racimos (TFR- racimo.día<sup>-1</sup>) a partir de la relación= número de racimo/DDT al momento de antesis.

A cosecha se clasificaron y pesaron los frutos y se calculó el rendimiento (Kgxm<sup>-2</sup>).

Para los análisis estadísticos y cálculos matemáticos se utilizó el programa InfoStat versión 2009.

## Resultados y discusión

Los análisis estadísticos determinaron que la tasa de floración de racimos responde a una ecuación del tipo lineal  $y=a+bx$  en la cual  $x$ , en el caso de temperatura es GD y en el caso de radiación, MJ acumulados desde el trasplante (Tabla 1.5.1).

Tabla 1.5.1: tasa de floración de los racimos de los distintos cultivares en función de la temperatura y PAR acumuladas.

Coef	Grados día (GD)			Radiación acumulada (MJ)		
	6771	D6783	Superman	6771	D6783	Superman
a	-0,04	-0,05	-0,02	-0,09	-0,1	-0,04
b	5,80E-05	6,00E-05	3,10E-05	8,90E-05	9,30E-05	4,80E-05
R <sup>2</sup>	0.91	0.84	0.67	0.88	0.82	0.67

En la figura 1 se el modelo de respuesta a partir de los datos expresados en la tabla 1 los cuales representan la tasa de aparición de racimos en función de la acumulación de temperatura (1.5.1 a) y acumulación de radiación PAR (1.5.1 b). Se puede visualizar que para iguales unidades calóricas acumuladas, la tasa de aparición de racimos es mayor en el cultivar 6771, que el comportamiento es similar entre 6771 y D6783 mientras que Superman presenta menor tasa de aparición de racimos. Algo similar sucede con la acumulación de radiación pero aquí se invierte con respecto a los cultivares 6771 y D6783 ya que este último se presenta como más eficiente en su respuesta a la luz acumulada.

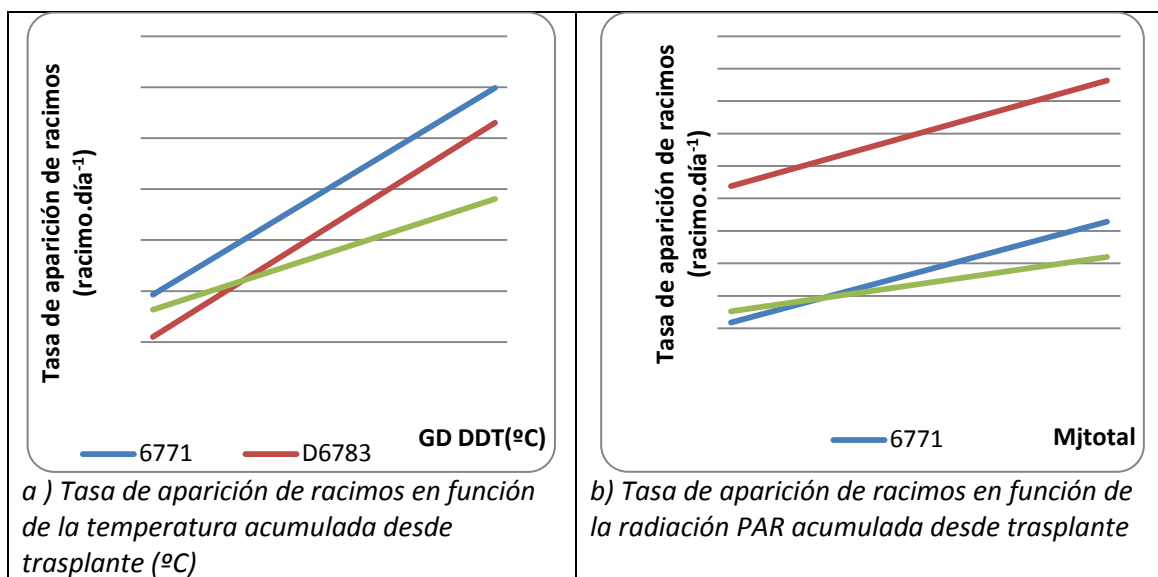


Figura 1.5.1: Relación entre temperatura y radiación PAR y la tasa de aparición de racimos.

En cuanto al período de días desde anthesis a cosecha entre los distintos estratos, para los cultivares, pudo apreciarse que mientras para el cultivar 6771 no se registraron diferencias entre los mismos, para los cultivares D6783 y Superman no se repitió el mismo patrón de comportamiento (Tabla 1.5.2)

Tabla 1.5.2: período desde antesis a cosecha (días) para los estratos de los distintos cultivares

	<b>6771</b>	<b>D6783</b>	<b>Superman</b>
<b>1</b>	57.33	64.50a	52.67b
<b>2</b>	60.67	61.33a	62.17a
<b>3</b>	59.50	57.17b	64.50a
<b>4</b>	58.00	57.67b	67.33a
<b>5</b>	58.83	57.5b	
<b>6</b>	54.83	55.83	
<b>cv</b>	6.34	6.66	8.28
<b>ns</b>	ns	**	**
<b>Promedio</b>	58.19	59.00	61.17

Números seguidos con igual letra, en el sentido vertical, no difieren estadísticamente (Scott & Knott 0.05)

Los modelos de respuesta de rendimiento en función de acumulación de temperatura y radiación se ajustaron a ecuaciones cuadráticas en las cuales el rendimiento total ( $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de los distintos cultivares fueron siguientes:

Tabla 1.5.3- Rendimiento total ( $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de los distintos cultivares en función de de temperatura y PAR acumuladas

Coef	Grados día (GD)			Radiación acumulada (MJ)		
	<b>6771</b>	<b>D6783</b>	<b>Superman</b>	<b>6771</b>	<b>D6783</b>	<b>Superman</b>
<b>a</b>	-5,15	-3,70	-4,38	-16,44	-9,88	-13,63
<b>b</b>	0,0109	0,0079	0,0091	0,03	0,02	0,02
<b>c</b>	-4,80E-06	-3,50E-06	-4,00E-06	-1,10E-05	-6,60E-06	-8,80E-06
<b>R<sup>2</sup></b>	0.66	0.62	0.51	0.68	0.61	0.51

Considerando el total de temperatura y radiación recibida existe correlación entre la producción acumulada y la acumulación de temperatura y radiación. El pico productivo de los distintos cultivares ocurrieron en distintos racimos y con diferencias de temperatura y radiación PAR acumulada (Tabla 1.5.4).

Tabla 1.5.4- Acumulación de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y radiación PAR (MJ) y rendimientos totales ( $\text{Kg}\cdot\text{m}^2$ ) por racimo de los distintos cultivares.

cultivar	racimo	GD DDT	MJDDT	Total ( $\text{Kg}\cdot\text{m}^2$ )
<b>6771</b>	1	929	1155	4,38
	2	1057	1246	5,47
	3	1186	1316	6,07
	4	1279	1374	4,08
	5	1381	1441	3,74
	6	1459	1500	2,34
<b>D6783</b>	1	1022	1219	3,90
	2	1091	1261	4,63
	3	1158	1300	4,58
	4	1281	1376	3,93
	5	1398	1452	2,74
	6	1486	1522	1,62
<b>Superman</b>	1	957	1172	3,75
	2	1126	1286	4,75
	3	1237	1350	3,82
	4	1437	1484	1,77



Al analizar la eficiencia productiva en función de la temperatura y radiación PAR absorbidas se obtuvieron diferencias significativas de rendimientos entre racimos en función de temperatura y PAR acumulada entre antesis y cosecha (tabla 1.5.5). En general se observa que a partir del cuarto racimo la capacidad de convertir energía acumulada por radiación y temperatura no son suficientes para mantener el nivel de crecimiento de frutos y traslados de fotosintatos hacia el fruto.

Tabla 1.5.5- Eficiencia de producción de rendimientos en función de la temperatura y radiación entre antesis y cosecha

cultivar	racimo	Tot/GD (antesis a cosecha)	Tot/Mj (antesis-cosecha)
6771	1	0,0012 a	0,0010 b
	2	0,0014 a	0,0013 a
	3	0,0015 a	0,0015 a
	4	0,0010 b	0,0010 b
	5	0,0009 b	0,0010 b
	6	0,0005 b	0,0007 b
	ns	**	**
	cv	27.84	28.17
D6783	1	0,0010 a	0,0008 b
	2	0,0011 a	0,0011 a
	3	0,0011 a	0,0011 a
	4	0,0010 a	0,0010 a
	5	0,0006 b	0,0008 b
	6	0,0004 b	0,0005 b
	ns	**	**
	cv	26.79	26.53
Superman	1	0,0011 a	0,0009 a
	2	0,0011 a	0,0011 a
	3	0,0009 a	0,0009 a
	4	0,0004 b	0,0004 b
	ns	**	**
	cv	32.82	31.90

Los resultados indican que temperatura y PAR son factores a considerar tanto desde el diseño, tipo de cubierta, y estrategia productiva cuando estos factores pueden ser limitantes aunque hay otros factores que influyen en los rendimientos de los racimos superiores ya que la acumulación de temperatura y radiación PAR no es suficiente para impedir el descenso de rendimiento luego del tercer racimo.

#### Bibliografía consultada

- Bouzo, C.A.; Freyre, C.; Bouchet, E.; Favaro, J.C.; Pilatti, R.A.; Ramos, J.; Dovic, V.L. 2004. Efecto del sombreado en cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) al aire libre: I. Fisiología del cultivo. ASAHO- XXV Congreso Argentino de Horticultura
- Carmassi, G.; Incrocci, L.; Maggini, R.; Malorgio, F.; Tognoni, F.; Pardossi, A. 2007. An aggregated model for water requirements of greenhouse tomato grown in closed rockwool culture with saline water. *Agricultural water management*. 88: 73-82
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Garbi, M.; García, N.; Grimaldi, M.C.; Martínez, S. 2002. Study of the relation between tomato truss apparition and yield with day-degree accumulation and crop cycle. VI Symposium on Product and process innovation for Protected cultivation in mild winter climate-ISHS. 113

- Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Martínez, S.; Gimenez, D. 2006. Relaciones entre el desarrollo del cultivo de tomate y la cantidad de días desde el trasplante y la suma de temperatura acumulada. *Revista Brasileria de Agrometeorología* 14(2): 168-173
- Grimaldi, M.; Garbi, M.; Somoza, J.; Martínez, S. 2006. Acumulación Térmica y el rendimiento en híbridos de tomate larga vida Reunión Argentina de Agrometeorología. La Plata. Argentina pp 154-155
- Grimaldi, M.C.; Martínez, S.; Garbi, M.; Morelli, G. 2001. Determinación del momento de máximo rendimiento para las unidades calóricas disponible en un cultivo de tomate bajo invernadero plásticos en la región rioplatense. XII Congreso de Agrometeorología. pp 835
- Grimaldi, M.C.; Martínez, S.; Garbi, M.; Morelli, G. 2003 Unidades calóricas acumuladas en un cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo invernadero plásticos *Revista Brasileria de Agrometeorología* 11(2): 379-383
- Heins, R.D.; Liu, B.; Runkle, E.S. 2000 Regulations of crop growth and development based on environmental factors *Acta Horticulturae* 511:15-24
- Martínez, S.; Garbi, M.; Asborn, M.; Arturi, M.; Grimaldi, M.C. 1999. Relación del rendimiento con parámetros bioclimáticos en plantas de tomate defoliadas y sin defoliar. XII Congreso de Agrometeorología
- Scholberg J., McNeal B. L., Jones J. W., Boote K. J. y C. D. Stanley 2000 Growth and canopy characteristics of field-grown tomato. *Agronomy Journal* 92 (1): 152-159
- Trujillo I., K. 2005 Evaluación de la influencia del factor térmico de diferentes zonas de producción de semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y Pimentón (*Capsicum annuum* L.) sobre la calidad y rendimiento tesis de grado. Fac. Agron. Univ. Católica Valparaíso. Chile 133 p.

## 2-Manejo de la arquitectura de la planta

### 2.1. Poda de retención del crecimiento apical de la planta de tomate: a) Evaluación de la altura de la poda sobre el rendimiento y la calidad de la producción en tomate primicia bajo cubierta.

#### Resumen

En el cultivo de tomate primicia en el norte de la Patagonia, es una práctica común detener el crecimiento del cultivo a la altura del 7º-8º racimo para concluir la cosecha a mediados de enero debido a que el mercado no justifica la prolongación de su ciclo bajo cubierta. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres momentos de poda de retención sobre el rendimiento y la calidad del tomate.

El ensayo fue realizado empleándose un cultivar de tomate de crecimiento indeterminado, Cacique, en dos temporadas. El diseño factorial permitió evaluar los tres tipos de poda: al 5º, 6º y 7º estrato floral; como así también el efecto de la ubicación de las plantas en el invernadero (Norte-Sur). Se determinó el rendimiento total, separándolo a su vez en comercial (de 1º y 2º) y descarte según criterios de calidad. Los resultados fueron analizados con el programa estadístico Infostat, por medio de ANOVA y test de LSD Fisher.

No se detectaron diferencias significativas de rendimiento total, en promedio 16,14 kg.m<sup>-2</sup>, entre los distintos tipos de poda aunque los mismos fueron significativamente superiores en el sector norte respecto al sur (18,46 kg\*m<sup>-2</sup> y 13,82 kg\*m<sup>-2</sup> respectivamente). Analizado el rendimiento comercial, la ubicación no tuvo efecto en las plantas más bajas (5º racimo). Por otro lado, al analizarse el rendimiento de primera calidad, mientras en el norte no se registraron diferencias, en el sur las plantas más bajas fueron significativamente más productivas. A partir de estos resultados puede inferirse la conveniencia de retener el crecimiento al 5º estrato, lo cual favorece la calidad de la producción probablemente por una mejor distribución de la luz entre las plantas más bajas durante el ciclo primavero-estival.

#### **Antecedentes**

El incremento de radiación a lo largo de la temporada de cultivo se relaciona con una mayor tasa de crecimiento vegetativo de las plantas de tomate, sobre todo en su etapa juvenil. Este efecto también fue observado en cultivos de tomate realizados en invernadero en el norte de la Patagonia (Iglesias y col. 2003), observándose una mayor tasa de crecimiento inicial en las plantas del sector norte. Esto podría estar relacionado a la mayor incidencia de la luz en los primeros meses ya que debido a la latitud el ángulo de inclinación del sol es bajo y las plantas ubicadas en el sector norte reciben inicialmente más luz. Estos efectos no se vieron traducidos en una mayor productividad.

La integral de luz diaria se relaciona, según Pearce y col. (1993), con el crecimiento de los frutos. Según los autores dicha tasa decrece significativamente cuando la integral diaria de radiación PAR es menor de 6 Mj\*m<sup>-2</sup>\*día<sup>-1</sup>. Esto explica resultados obtenidos por Iglesias y col. (2003) al evaluar el crecimiento de frutos de tomate durante la temporada primavera-verano en el Alto Valle de Río Negro (Patagonia), verificándose mayores tamaños y consecuentemente mayor a partir del 2º racimo.

De estudios anteriores realizados sobre el clima en los invernaderos del norte de la Patagonia (Iglesias, 2005) se puede deducir que, durante el comienzo del cultivo de primavera y los meses de otoño, los rangos de radiación fotosintéticamente activa dentro del invernadero se

presentan como una limitante para la antesis y normal desarrollo de los frutos de tomate (Cocksull, 1988; Pearce y col., 1993), por lo que habría que prever luz suplementaria.

### Resultados

No se detectaron diferencias significativas de rendimiento total del cultivar Cacique utilizado en la experiencia. En promedio  $16,14 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , entre los distintos tipos de poda aunque los mismos fueron significativamente superiores en el sector norte respecto al sur ( $18,46 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  y  $13,82 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  respectivamente).

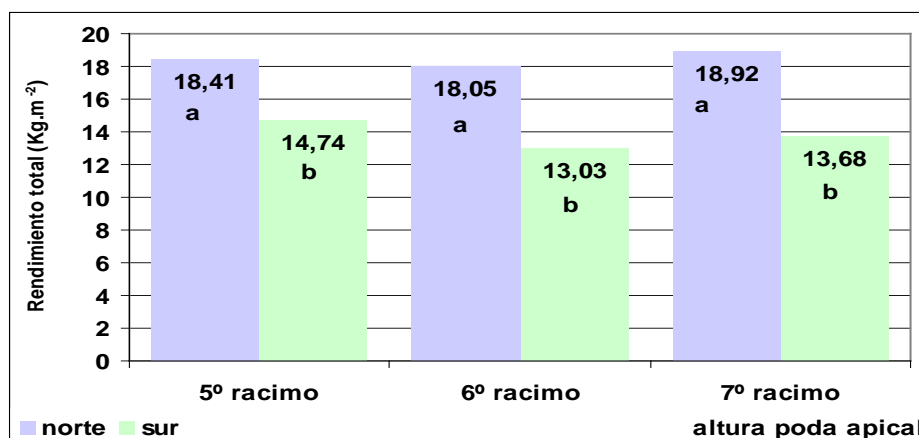


Figura 2.1.1: rendimiento total de tomate cv. Cacique para distintas alturas de poda apical según el sector norte-sur del invernadero

Analizado el rendimiento comercial (figura 2.1.2), la ubicación no tuvo efecto en las plantas más bajas (5º racimo). Con un rendimiento comercial promedio del ensayo de  $16,14 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , el sector norte presentó un rendimiento comercial promedio de  $18,46 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-2}$  y el sector sur,  $13,82 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .

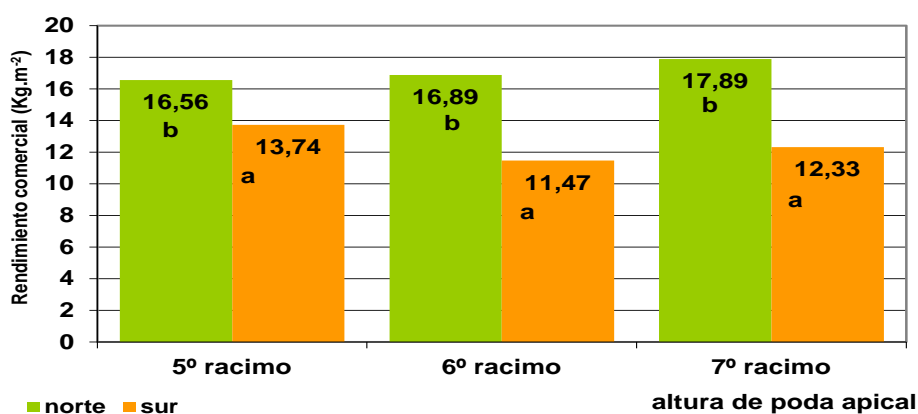


Figura 2.1.2 Rendimiento comercial de los distintos estratos de altura de poda apical según ubicación en el invernadero ( $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )

### Conclusiones

La retención del crecimiento en forma anticipada (5º racimo) no se traduce en una disminución de los rendimientos comerciales con respecto al manejo de retención al 7º racimo. Las plantas más bajas permiten una mejor distribución de la luz entre los sectores norte y sur lo cual se traduce en una mejora en los rendimientos comerciales en el sector sur.

## 2.2. Poda de retención del crecimiento apical de la planta de tomate: b) Evaluación del efecto de la poda sobre parámetros del crecimiento y producción.

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de factores microclimáticos del invernadero (radiación PAR y temperatura) sobre el crecimiento y la productividad de las plantas de tomate para distintos sistemas de retención del crecimiento apical.

### Materiales y métodos

Las plantas de tomate, conducidas sobre su eje central, fueron sometidas a distintos momentos de retención del crecimiento apical:

D5- Desbrote sobre la aparición del 5º racimo

D6- Desbrote sobre la aparición del 6º racimo

D7- Desbrote sobre la aparición del 7º racimo

Se realizaron registros de variables climáticas del invernadero y rendimientos para cada tratamientos empleándose data loggers con un registro de datos cada 10 minutos.

### Resultados

El rendimiento comercial, expresado en  $\text{Kg}/\text{m}^2$ , no fue significativamente distinto entre la retención de crecimiento a 5, 6 o 7 racimos (Figura 1.1.1). Analizados los distintos momentos de retención del crecimiento se puede observar que las plantas más altas (retención a 6 y 7 racimos) son más sensibles a la ubicación dentro del invernadero. Esto podría estar indicando mejor distribución de la luz en cultivos más bajos (Figura 1.1.2)

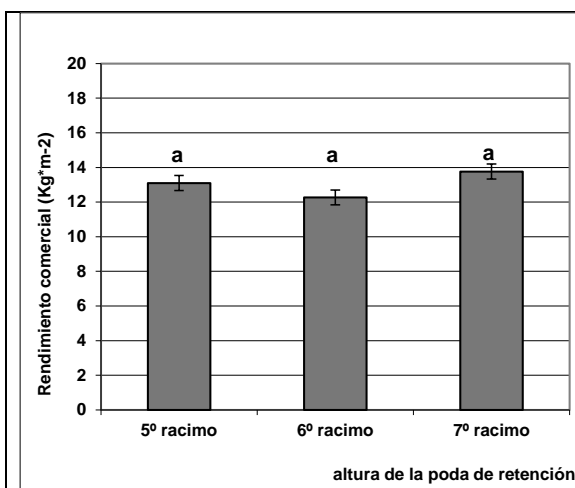


Fig. 1.1.1 Rendimiento comercial de tomate en función de la retención de la planta a 5º, 6º y 7º racimo ( $\text{Kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

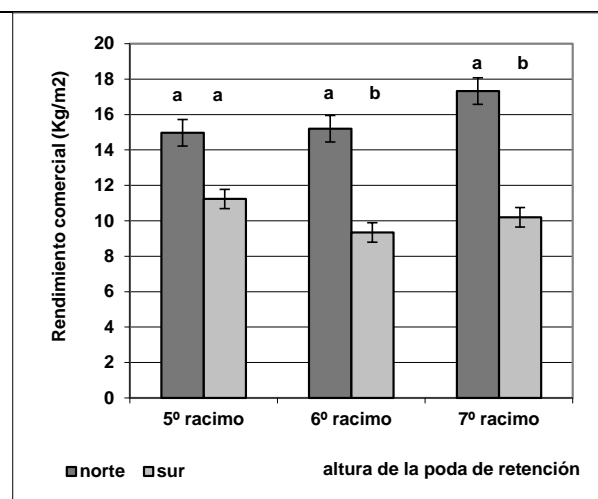


Fig. 1.1.2 Rendimiento comercial de tomate para los distintos tratamientos de retención en función de la ubicación ( $\text{Kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

Por otro lado, se pudo observar que la retención del crecimiento no afectó los rendimientos en cuanto a la calidad o el tamaño de los mismos, como puede observarse en las figuras 1.1.3 y 1.1.4.

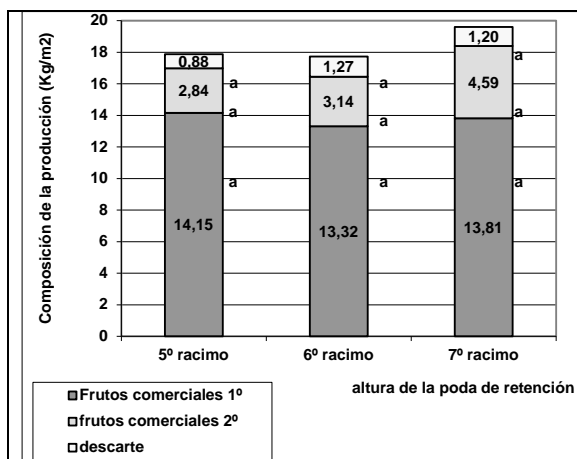


Figura 1.1.3: Calidad del tomate en función de los tratamientos de momento de retención de la planta

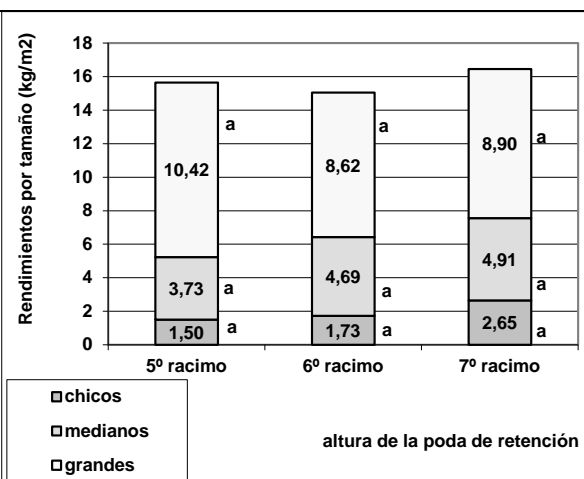


Figura 1.1.4: Rendimiento según tamaño de los frutos de tomate en función de los tratamientos de momento de retención de la planta (Kg\*m<sup>-2</sup>).

En cuanto a la relación entre la productividad y la masa foliar, como se observa en la figura 1.1.5, el momento de retención del crecimiento apical, entre el 5º y 7º racimo, no determinaría, para las condiciones de manejo de cultivo local, una diferencia de contenido de peso seco de hojas entre los distintos tratamientos.

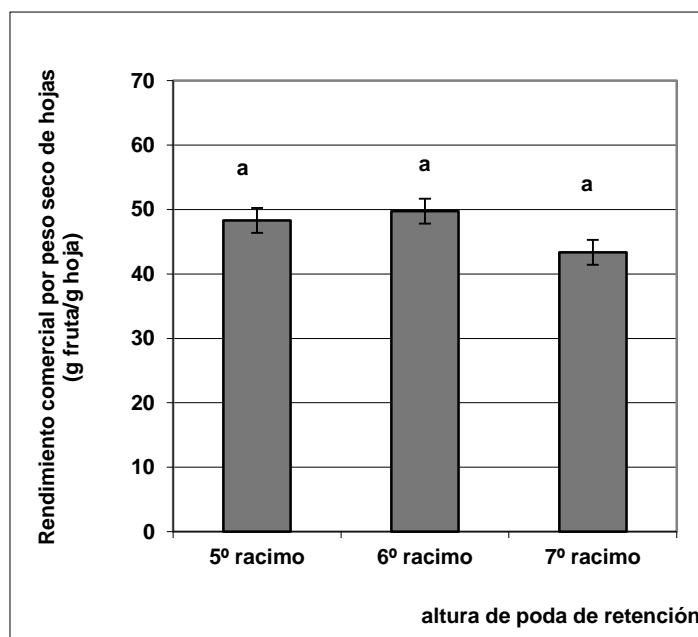


Fig. 1.1.5: Rendimiento comercial por peso seco de hoja para los distintos tratamientos de retención del crecimiento de la planta de tomate.

Al analizar el rendimiento comercial en función del área foliar se observa que no existe diferencia entre tratamientos de retención del crecimiento (Figura 1.1.6) aunque el plantas de tamaño intermedio se evidencia que en el sector norte las plantas muestran mayor eficiencia productiva (Figura 1.1.7).

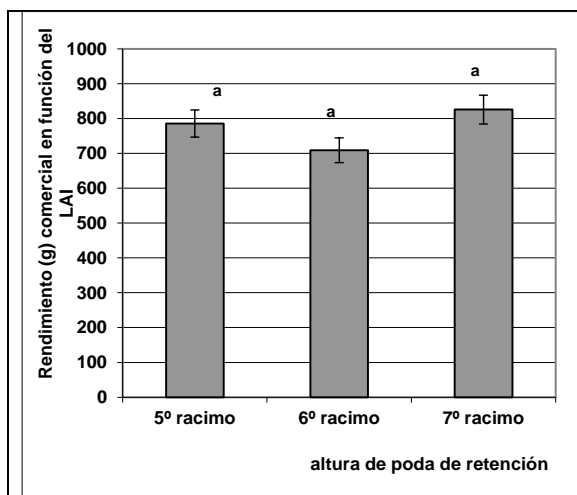


Figura 1.1.6: Rendimiento comercial (g) en función del índice de área foliar (LAI) para los distintos tratamientos de retención del crecimiento de la planta.

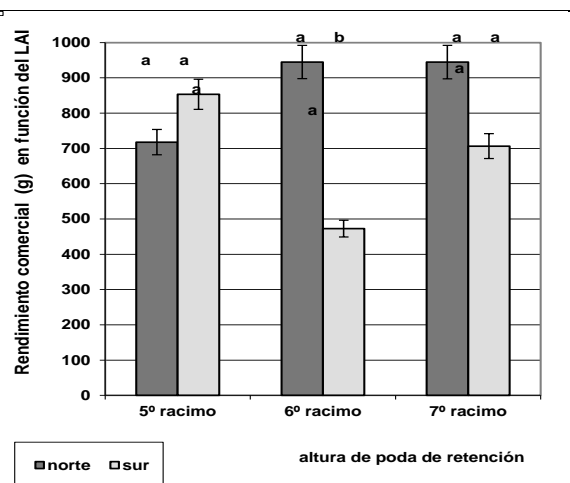


Figura 1.1.7: Rendimiento comercial (g) en función del LAI para los distintos tratamientos de retención de la planta según ubicación dentro del invernadero.

Analizados el área foliar y el peso seco de hoja para los distintos tratamientos, los datos de la tabla 1.1.1 permiten afirmar que no existieron diferencias en la expresión vegetativa de la planta, tanto sea en superficie de hojas por unidad de suelo cubierto (LAI) como en la cantidad de fotoasimilados en las hojas entre los tratamientos considerados.

Tabla 1.1.1- Índice de área foliar (LAI) y peso seco de hojas PS)

tratamiento	total LAI	total PS hoja (g)
5º racimo	8.67 a	138.72 a
6º racimo	9.83 a	132.71 a
7º racimo	8.35 a	158.57 a

La poda de retención entre el 5º y el 7º racimo no afecta los rendimientos comerciales aunque equilibra la productividad dentro del invernadero si la planta se retiene a menor altura.

### 2.3. Estimación de área foliar de tomate utilizando métodos no destructivos a partir de mediciones de la hoja

#### Resumen

El objetivo del trabajo fue determinar una metodología no destructiva que permita estimar el área foliar (AF) de plantas de tomate en estado adulto. Durante la temporada primavera-estival 2003 se extrajeron plantas al azar de un cultivo de tomate indeterminado (cultivar Cacique, densidad 3.7 plantas\*m<sup>-2</sup>), cuando las mismas alcanzaron 7-8 primordios florales. Las plantas fueron segmentadas cada 0.25 metros desde la base hasta el ápice, numerándose cada estrato(segmento) en forma sucesiva desde la base (1,2...etc). Para cada hoja se registraron: largo, ancho máximo y AF (medidor de AF Licor 3100).

Se ajustaron funciones para determinar la relación entre largo y ancho de hoja con el AF medida. La consideración de las diferencias significativas de los parámetros a y b para cada uno de los estratos, a través de variables Dummy, permitió conformar grupos de acuerdo con su comportamiento en la pendiente. El cálculo de AF respondió a una regresión lineal de la forma  $AF = a + b * (\text{largo} * \text{ancho})$ .

Los grupos obtenidos fueron:

Grupo 1: (estrato 1) :  $AF = -13,45 + ((0,3831 - 0,0832) * (\text{largo} * \text{ancho}))$

Grupo 2: (estratos 5 y 6):  $AF = -13,45 + ((0,3831 + 0,05898) * (\text{largo} * \text{ancho}))$

Grupo 3: (estratos intermedios, 2, 3 y 4):  $AF = -13,45 + (0,3831 * (\text{largo} * \text{ancho}))$

Los resultados evidencian que en estado de planta adulta no es factible realizar un solo ajuste para toda la estructura ya que los estratos distales presentan diferentes con los intermedios.

**Objetivo:** determinar una metodología no destructiva que permita estimar el área foliar de plantas de tomate en estado adulto

### **Materiales y método:**

Las observaciones fueron realizadas en el 16 de octubre de 2003, trabajándose con plantas provenientes de un cultivo de tomate indeterminado, cultivar Cacique, con una densidad de cultivo de 3.7 plantas/m<sup>2</sup> (0.30 metros entre planta y 0.90 metros entre hileras de cultivo). En estado de frutos en pleno desarrollo en los primeros racimos, cuando las plantas alcanzaron entre 7-8 primordios florales fueron extraídas 10 plantas al azar, cortándolas en segmentos de 0.25 metros desde la base hasta el ápice. Cada segmento fue numerado correspondiendo el número 1 a la altura de planta 0-0.25 metros, el segmento número 2 a la altura 0.251 hasta 0.50 metros y así sucesivamente hasta el 7º-8º segmento según altura de las plantas. De cada hoja se efectuaron registros de: largo de hoja, ancho de hoja y área foliar utilizando el área meter Licor 3100.

Se realizaron funciones de ajustes para determinar la relación entre el largo y el ancho de la hoja con el área foliar medida. Se consideraron la significancia de las diferencias de los parámetros a y b para cada uno de los estratos a través de las variables Dummy lo cual permitió conformar grupos de acuerdo a su comportamiento en la pendiente (variable b)

El cálculo de área foliar respondió a una regresión lineal de la forma:

$AF = a + b * (\text{largo} * \text{ancho})$

### **Resultados**

Se observan diferencias estadísticas entre los estratos respecto al ancho de hojas (Tabla 2.2.1)

*Tabla 2.2.1- Dimensiones promedios (cm) de las hojas de cada estrato*

estrato	ancho hoja	largo hoja	Relación ancho/largo
1	27.05 a	23.24 a	1.38
2	45.12 b	41.47 b	1.17
3	50.64 c	46.33 c	1.10
4	51.50 c	47.81 c	1.07
5	42.37 b	40.53 b	1.04
6	35.53 d	34.93 d	1.02
7	23.44 a	26.56 a	0.89
8	12.73 e	17.83 e	0.68



*Grupo 1:* (color rojo en la figura 2.2.2.), conformado por el estrato 1 con la función:

$$AF = -13.45 + ((0.3831 - 0.0832) * (\text{largo} * \text{ancho}))$$

*Grupo 2:* (color azul en la figura 2.2.2.) conformado por los estratos 5 y 6 con la función:

$$AF = -13.45 + ((0.3831 + 0.05898) * (\text{largo} * \text{ancho}))$$

*Grupo 3* (color negro en la figura 2.2.2.): conformado por el resto de los estratos, con la función:

$$AF = -13.45 + (0.3831 * (\text{largo} * \text{ancho}))$$

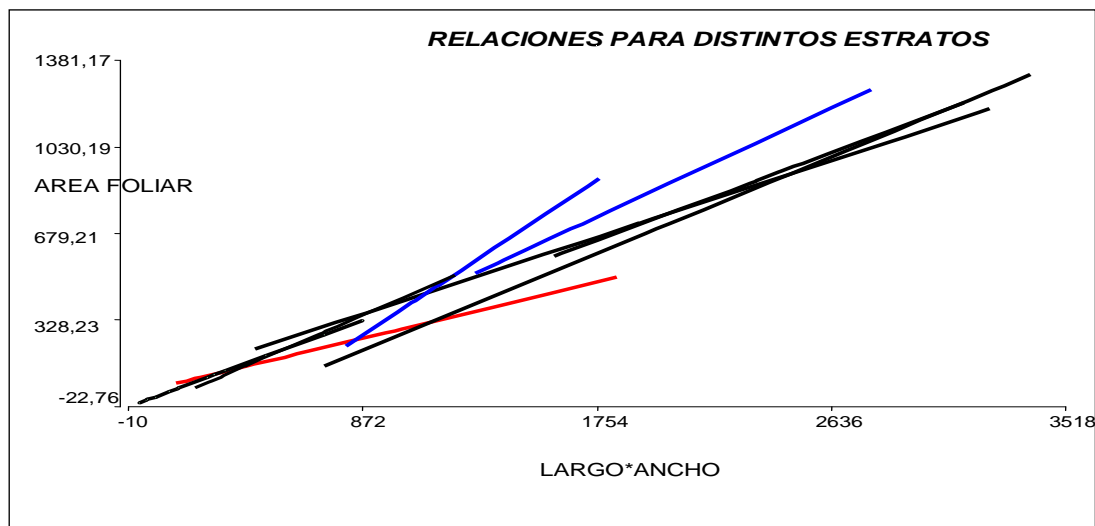


Figura 2.2.2- Regresiones para los distintos estratos foliares.

Queda así demostrado que en estado de planta adulta no es factible realizar un solo ajuste para toda la estructura ya que los distintos estratos presentan diferentes relaciones.

## 2.4. Arquitectura de la planta de tomate de crecimiento indeterminado y capacidad de intercepción de luz de los distintos estratos foliares.

### Resumen

En cultivos primavera-estivales de tomate en invernaderos del norte de la Patagonia, se ha observado una producción variable según la altura de la planta, atribuyéndose, entre otros factores, a diferencias en la capacidad fotosintética de los distintos estratos de la planta. El objetivo de este trabajo fue comparar dimensiones de las hojas de tomate y captación de luz a distintas alturas de la planta. Las observaciones fueron realizadas en noviembre de 2003, en un cultivo de tomate cv. Cacique (crecimiento indeterminado), retenido al 7º primordio. A lo alto de la planta se midió intercepción de luz (PARI), tomándose muestras de hojas de las cuales se registró dimensiones de la hoja, área foliar (AF) y peso seco (PS). Además se calculó índice de área foliar (LAI) y peso específico.

Los resultados mostraron correlación entre ubicación de hoja en la planta y la relación ancho/largo de la hoja, pudiéndose afirmar que, en hojas jóvenes, prevalece el largo sobre el ancho lo cual indica un crecimiento primario en largo y una posterior expansión foliar en ancho. En el estado de cultivo adulto, el AF fue significativamente mayor para los estratos intermedios de la planta, estando el LAI relacionado fundamentalmente a la expresión de AF. Por otro lado se observaron diferencias significativas de PS entre los distintos estratos lo cual está directamente relacionado al AF. Analizado el peso específico (peso seco en relación al área foliar) no se observaron diferencias significativas a lo largo de la planta, lo cual indica que todas las hojas tuvieron la misma capacidad fotosintética por unidad de superficie pero la

expansión foliar diferente de los distintos estratos estaría significando una potencialidad productiva diferencial en los mismos. Como es de esperar, en este estado de la planta, la interceptación de radiación PAR disminuye hacia los estratos superiores como consecuencia de la estructura foliar de la planta de crecimiento indeterminado y la disminución del AF hacia los estratos superiores. Habría que plantearse, para futuros trabajos, relacionar radiación PAR acumulada con productividad en cada estrato.

**Objetivos:** comparar las dimensiones de hojas de tomate de distintos estratos como así también sus cualidades fotosintéticas.

### Materiales y método

Se empleó el cultivar Cacique, el cual fue trasplantado el 18 de agosto de 2003 a simple hilera con una distancia de 0.90 metros entre hileras y 0.30 metros entre plantas. El cultivo se guió a un solo tallo eliminándose los brotes axilares de las hojas. Cuando las plantas alcanzaron el 7º racimo se efectuó una poda de retención del crecimiento eliminándose el brote apical dos hojas por encima de dicho estrato.

El 28 de noviembre de 2003, ya iniciada la cosecha de los racimos inferiores, se efectuó a realizar distintos registros de datos: radiación fotosintéticamente activa (PAR), sobre el cultivo y segmentando la planta cada 0.25 en altura desde el suelo hacia el ápice. Para cada uno de dichos estratos se calculó la radiación PAR interceptada (PARI) a partir de la relación:

$$PARI = \frac{PARE_i}{PAR_s}$$

donde PARE<sub>i</sub>: registro de PAR en un determinado estrato (i) siendo i: 1 ..... 7  
PAR<sub>s</sub>: registro PAR sobre el cultivo

Se extrajeron 20 hojas de cada estrato realizando sobre las mismas distintas mediciones: Largo (L), ancho (A), área foliar (AF), peso verde (PV) y peso seco (PS). A partir de los datos de AF y PS se calculó el peso específico (PE) de cada hoja como la relación entre el PS y el AF (PS/AF).

Por otro lado se calculó la relación A/L de cada hoja en función de la ubicación de las mismas en los distintos estratos.

### Resultados

Se observa alta correlación entre la altura de la hoja en la planta y la relación entre el ancho y el largo de la misma (Figura 2.3.1). Tratándose de un cultivar de crecimiento indeterminado se podría decir que en hojas más jóvenes, ubicadas en los estratos superiores, tiende a prevalecer el largo sobre el ancho indicando un crecimiento primario en largo y un posterior expansión de la hoja en ancho a medida que la misma madura.

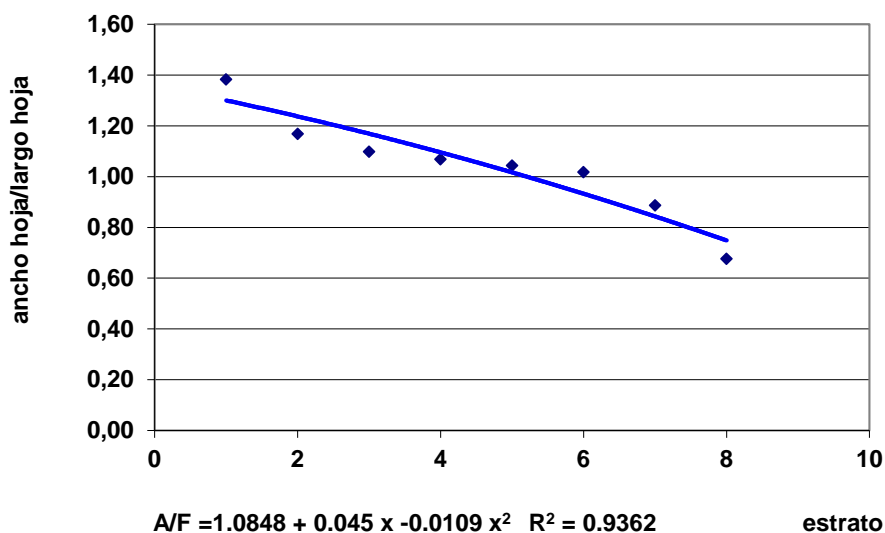


Figura 2.3.1- Relación ancho/largo de hoja según la altura de la planta

Las dimensiones menores observadas en los primeros estratos responden a un envejecimiento natural de las hojas inferiores cuando el cultivo ha alcanzado la altura de 7-8 racimos.

Se observan diferencias significativas en el índice área foliar de cada estrato, si no se tiene en cuenta el primer estrato debido al estado de deterioro de las hojas debido al natural proceso de envejecimiento y pérdida de funciones vitales de las mismas, se puede observar que el mayor desarrollo de las hojas en el sentido de vertical desde zonas más maduras a zonas más jóvenes, en coherencia con lo mencionado en el párrafo referido a las dimensiones de las mismas (Figura 2.3.2).

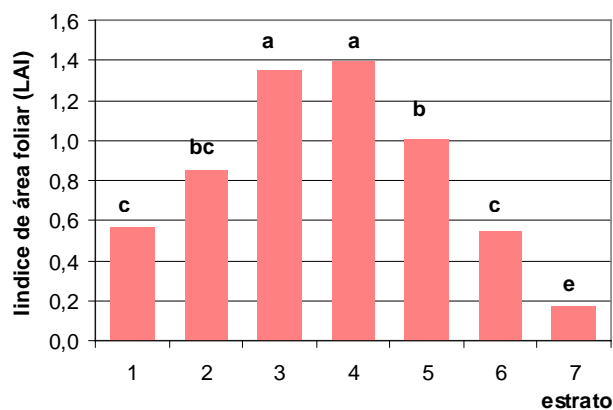


Figura 2.3.2- Índice de área foliar en los distintos estratos

Analizado el peso específico (peso seco en relación al área foliar-g/cm<sup>2</sup>) de las hojas de los distintos estratos se pudo comprobar que no existen diferencias significativas a lo largo de la planta con lo cual se deduce que todas las hojas tuvieron la misma capacidad fotosintética pudiendo sintetizar cantidades similares de fotosintatos.

Se observan diferencias significativas en el peso seco de las hojas de los distintos estratos (Figura 2.3.3). Esto responde fundamentalmente al tamaño de las hojas, tal cual se ha expresado en tabla anterior.

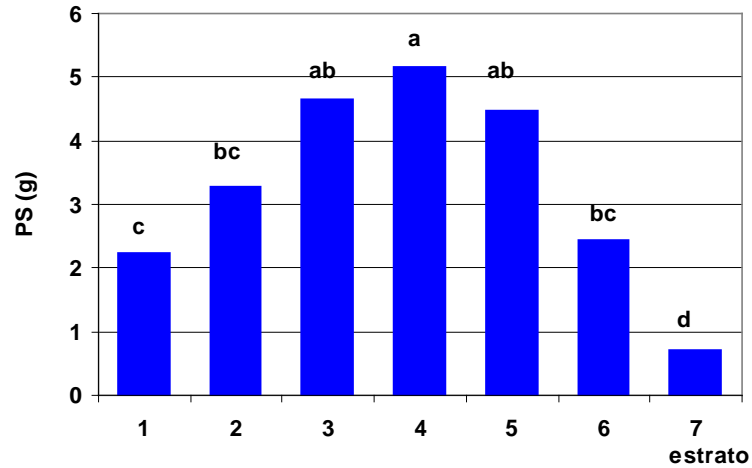


Figura 2.3.3–Peso seco de hoja en los distintos estratos

Realizada la correlación entre peso seco y área foliar se puede observar que la misma es altamente significativa, con un  $r^2 = 0.86$ . Figura 2.3.4.

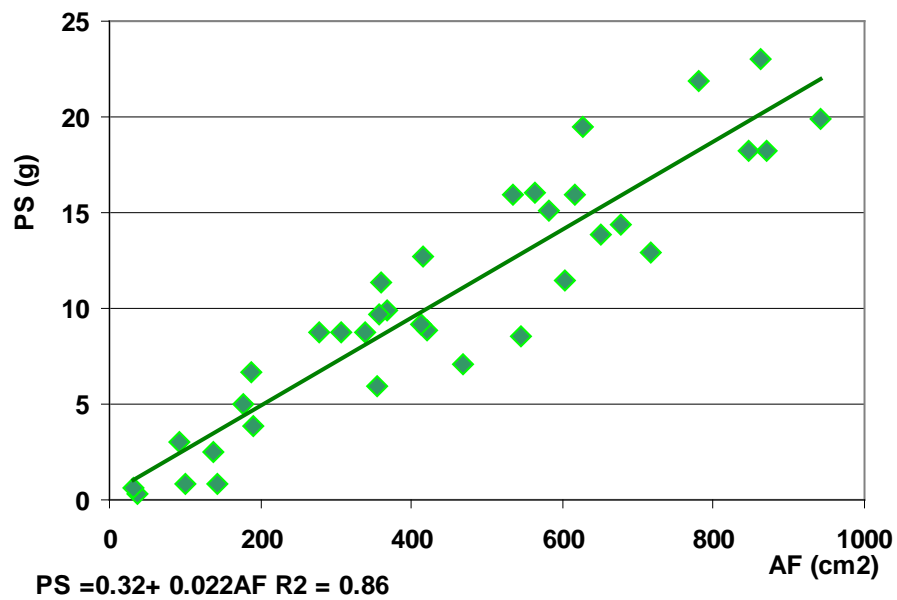


Figura 2.3.4-Relación entre peso seco y área foliar

Por otro lado, se verifica la alta correlación del área foliar con la superficie foliar, según puede observarse en la figura 2.3.5.

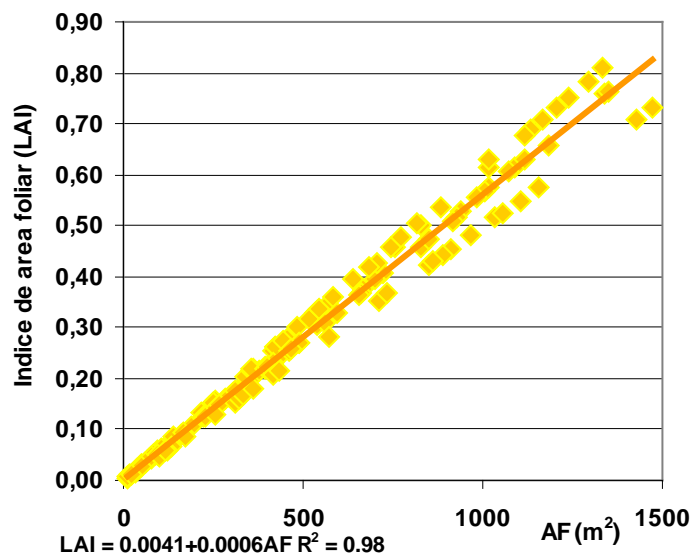


Figura 2.3.5- Relación entre LAI y AF

Habiéndose realizado registros de luz interceptada ( $PAR_i$ ) a nivel de cada estrato, se observa una alta correlación entre la altura y la luz interceptada. Las partes basales del vegetal interceptan más luz que las superiores, tal cual se observó en la temporada anterior (Figura 2.3.6).

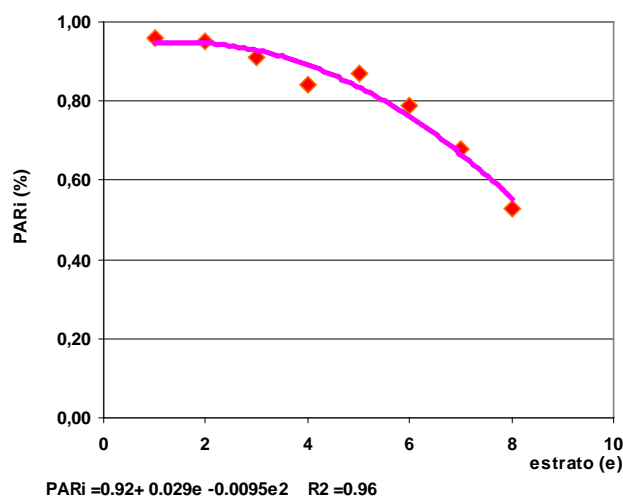


Figura 2.3.6- Intercepción de radiación PAR en función de los distintos estratos

Bibliografía consultada para la elaboración del documento

- Adams S.R., Cockshull K. E. and C. R. J. Cave. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany* 88: 869-877
- Alados, I.; Foyo\_Moreno, I.; Alado\_Arboledas, L. 1996. Photosynthetically active radiation: measurements and modeling. *Agricultural and forest meteorology*. 78:121-131 2003.
- Araki, T., Gitano.M. and H. Eguchi. 2000 Dynamics of fruit growth and photoassimilate translocation in tomato plant under controlled environment. *Acta horticulturae* 534. ISHS. 85-92

- Bailey, B.J. 1984. Limiting the relative humidity in insulated greenhouse at night. *Acta Horticulturae*. 148. pp 411-419
- Bailey, B.J.; Richardson, G.M. 1990. A rational approach to greenhouse design. *Acta Horticulturae*. 281:111-118
- Baille, A. 1998. Energy Cycle. En: *Greenhouses ecosystems*. 265-286. Stanhill, G. Enoch, H.Z. Ed. Elsevier. Amsterdam.
- Bertin, N. & C. Gary. 1998. Short and long term fluctuations of the leaf mass per area of tomato plants- Implications for growth models. *Annals of Botany* 82: 71-81
- Bot, G.P.A. 1983. Greenhouse climate: from physical processes to a dynamic model. PhD. dissertation. Agric. Univ. Wageningen
- Bouzo, C. A.; Pilatti, R.A 1999. Evaluación de algunos factores que afectan la transmisión de radiación solar en invernaderos. *Revista FAVE*. 13 (2): 13-19
- Bouzo, C.A.; Freyre, C.; Bouchet, E.; Favaro, J.C.; Pilatti, R.A.; Ramos, J.; DAVIS, V.L. 2004. Efecto del sombreado en cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) al aire libre: I. Fisiología del cultivo. *ASAHO- XXV Congreso Argentino de Horticultura*
- Bruggink, G.T. and E. Heuvelink. 1987. Influence of Light on the Growth of Young Tomato, Cucumber and Sweet Pepper Plants in the Greenhouse: Effects on Relative Growth Rate, Net Assimilation Rate and Leaf Area Ratio. *Scientia Horticulturae*, 31, 161-174
- Carmassi, G.; Incrocci, L.; Maggini, R.; Malorgio, F.; Tognoni, F.; Pardossi, A. 2007. An aggregated model for water requirements of greenhouse tomato grown in closed rockwool culture with saline water. *Agricultural water management*. 88: 73-82
- Castilla N 1998 Condiciones ambientales en invernaderos no climatizados. *Tecnología de Invernaderos II. Curso Superior de Especialización*. F.I.A.P.A. Pérez Parra y Cuadrado Gómez Ed.
- Castilla, N. 2001. La radiación solar en invernadero en la costa mediterránea española. En: Lopez, J.C.; Lorenzo, P.; Catilla, N.; Pérez-Parra, J.; Montero, J.I.; Baeza, E.; Antón, A.; Fernández, M.D.; Baille, A.; González-Real, M. Incorporación de tecnología al invernadero mediterráneo. Ed. Cajamar. pp 35-48.
- Castilla, N., Lorenzo, P., Montero, J.I., Fereres, E., 1988 Alternative greenhouses for mild winter areas of Spain. *Acta Horticulturae* 245, pp: 63-70.
- Castilla, N.; Hernández J.; Quesada F.M.; Morales M.I.; Guillén A.; Escobar I.; Montero, J.I. 1999. Alternative asymmetrical greenhouses for the mediterranean area of Spain. *Acta Horticulturae*. 491:83-86
- Castilla, N.; Hernández, J.; Quesada, F.M., Morales, M.I.; Guillén, A.; Soriano, T. Escobar, I.; Antón, A.; Montero, J.I. 2001. Comparison of asymmetrical greenhouse types in the Mediterranean area of Spain. *Acta Horticulturae*. 559: 183-186.
- Castilla, N.; Lopez-Galvez, J. 1994 Vegetable crop responses in improved low-cost plastic greenhouses. *Journal of Horticultural Science* 69 (5) 915-921
- Castilla, N.; Lorenzo, P.; Montero, J.I.; Fereres, E.; Bretones, F.; López-Gálvez, J.; Pérez-Parra, J. 1988 Alternative greenhouses for mild winter climate areas of Spain- Preliminary report *Acta Horticulturae* 245:63-70
- Castilla, N.; Lorenzo, P.; Perez-Parra, J.; Montero, J.I.; Fereres, E.; Bretones, F.; López-Galvez, J. 1990 New greenhouse structures for the south of Spain *Acta Horticulturae*. 281:153-158
- Cockshull, K.E. 1988 The integration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate *Acta Horticulturae* 229:113-123
- Critten, D. L. 1987. Light transmission losses due to structural members in multispans under direct light conditions. *Agr. Engng Res*. 38 (3): 209-215
- Critten, D. L. 1984. The effect of geometric configuration of the light transmission of greenhouses. *J. Agr. Engng. Res*. 29 (3): 199-206
- Critten, D.L. 1988. Light transmission through structureless multispans greenhouse roofs of "Gothic Arc" cross section. *J. Agr. Eng. Res*. 41:319-325

- de Koning, A.N.M. 1988. The effect of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science*. 63 (3) 465-471
- de Koning, A.N.M. 1989. The effect of temperature on fruit growth and fruit load of tomato. *Acta Horticulturae*. 248, 329-336.
- de Koning, A.N.M. 2000. The effect of temperature fruit load and salinity on development rate of tomato fruit. *Proc. XXV IHC. Part 9. Acta horticulturae* 519. ISHS. 85-93
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Dimitrijevič, M.; Martinov, M.; Grafiadellis, M. 1999. Daily and monthly variations in the light transmission of four greenhouse types. *Acta Horticulturae*. 486 :75-82
- Feuilloley, P., Issanchou, G. 1996. Greenhouse covering materials measurement and modelling of thermal properties using the hot box method, and condensation effects. *J. Agr. Engng. Res.* 65: 129-142
- Garbi, M.; García, N; Grimaldi, M.C.; Martínez, S. 2002. Study of the relation between tomato truss apparition and yield with day-degree accumulation and crop cycle. VI Symposium on Product and process innovation for Protected cultivation in mild winter climate-ISHS. 113
- Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Martínez, S.; Gimenez, D. 2006. Relaciones entre el desarrollo del cultivo de tomate y la cantidad de días desde el trasplante y la suma de temperatura acumulada. *Revista Brasileria de Agrometeorología* 14(2): 168-173
- Gary, C.; Jones, J.W. & J.J. Longuenesse. 1993. Modelling daily changes in specific leaf area of tomato: the contribution of the leaf assimilate pool. *Acta Horticulturae*. 328:205-210
- Geoola, F.; Kashti, Y.; Peiper, U.M. 2000. Solar radiation transmissivity of greenhouse cladding materials *Acta Horticulturae*. 534:109-116
- Giacomelli G.A.; Ting; K.C. 1999. Horticultural and engineering considerations for the design of integrated greenhouse plant production systems. *Acta Horticulturae*. 481: 475-487.
- Grange, R.I. and J. Andrews. 1993. Growth rates of glasshouse tomato fruit in relation to final size. *Journ. Hort. Scie.* 68 (5):747-754
- Grange, R.I. and J. Andrews. 1995. Respiration and growth of tomato fruit. *Plant cell and environment*. 18:8, 925-930.
- Grimaldi, M.; Garbi, M.; Somoza, J.; Martínez, S. 2006. Acumulación Térmica y el rendimiento en híbridos de tomate larga vida Reunión Argentina de Agrometeorología. La Plata. Argentina pp 154-155
- Grimaldi, M.C.; Martínez, S.; Garbi, M.; Morelli, G. 2001. Determinación del momento de máximo rendimiento para las unidades calóricas disponible en un cultivo de tomate bajo invernadero plásticos en la región rioplatense. XII Congreso de Agrometeorología. pp 835
- Grimaldi, M.C.; Martínez, S.; Garbi, M.; Morelli, G. 2003 Unidades calóricas acumuladas en un cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo invernadero plásticos *Revista Brasileria de Agrometeorología* 11(2): 379-383
- Guertal, E.A.; Elkins, C.B. 1996. Spatial variability of photosynthetically active radiation in a greenhouse. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121 (2) : 321 - 325
- Ham, J.M, Kluitenberg, G.J. and W.J. Lamont. 1993. Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. *Journal Amer. Soc. Hort. Sci.* 118 (2):188-193.
- Hand, D. W.; Warren Wilson, J.; Hananh, M.A. 1993. Light interception by a row crop of glasshouse peppers *Journal of Horticultural Science*. 68(5): 695-703
- Hand, G.; Clark, M.A.; Thornley and Wilson, J.W. 1992. Measuring the canopy net photosynthesis of glasshouse crops. *Journal of Experimental Botany*. 43 (248): 375-381
- Heins, R.D.; Liu, B.; Runkle, E.S. 2000 Regulations of crop growth and development based on environmental factors *Acta Horticulturae* 511:15-24
- Heuvelink E. 1995 Dry matter production in a tomato crop: measurements and simulation *Annals of Botany* 75: 369-379

- Heuvelink, E.; Batta, L.G.G.; .Damen, T.H.J. 1995. Transmission of solar radiation by a multispans Venlo-type glasshouse: validation of a model. *Agricultural and Forest Meteorology*. 74: 41-59
- Hwa-sung Cheng, P., Gap-Chae Cheng and Soon-Ju. 1977. Environmental factors in the plastic house and their effects on the physiology and ecology of vegetables crops. *Theses of Chonnam Univ.* Vol.23.
- Iglesias N, Merlo V. and S. Romagnoli. 2001. Hortalizas fresca: tendencias, mercados, costos y estrategias productivas para la producción bajo cubierta en la Patagonia Norte. INTA. EEA Alto Valle.
- Iglesias N. 2002 Efecto del microclima de un invernadero de la Patagonia Norte (Argentina) sobre parámetros de crecimiento y productividad de tomate Universidad de Lleida Trabajo de Investigación DEA
- Iglesias N. Raffo D. y A. Muñoz. 2003. Crecimiento vegetativo y fructificación diferencial de los racimos de tomate (*Lycopersicum esculentum* ) en un cultivo primicia en invernadero. *Revista Horticultura Argentina* Vol 20/22- Nº 49/52:40
- Iglesias, N. 2005. Estudio de condiciones térmicas y lumínicas y determinación de alternativas tecnológicas para el ahorro de energía en invernaderos de la Patagonia Norte-Argentina. Tesis doctoral. Universidad de Lleida. España.
- Iglesias, N. y M Frattini. 1996. Los invernáculos del Alto Valle: relevamiento de las estructuras y análisis económico de las principales alternativas. *Actas IV Congreso Argentino y II Internacional de Ingeniería Rural- Neuquén. Argentina. Tomo II- (817-822)*
- Jaffrin, A.; Urban, L. 1990. Optimisation of light transmission in modern greenhouses. *Acta Horticulturae*. 281: 25-33.
- Jones J. W., Dayan E, Allen L.H., Van Keulen H. & H. Challa. 1991. A dynamic tomato growth and yield model (TOMGRO). *Transaction of the Am. Soc. Of Agr. Eng.* 34: 663-672
- Jones, J.W., Kening, A. and C.E. Vallejos. 1999. Reduced state-variable tomato growth model. *Transaction of the ASAE.* Vol. 42(1):255-265
- Kittas, C.; Baille, A. ; Giaglaras, P. 1999. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. *J. Agr. Engng. Res.* 73: 341-351
- Kurata, K. 1990. Role of reflection in light transmissivity of greenhouses. *Agricultural and Forest Meteorology*, 52:319-331
- Martinez, S.; Garbi, M.; Asbornio, M.; Arturi, M.; Grimaldi, M.C. 1999. Relación del rendimiento con parámetros bioclimáticos en plantas de tomate defoliadas y sin defoliar. XII Congreso de Agrometeorología
- Montero, J. I. and A. Antón. 1993. Tecnología del invernadero. Curso de Tecnología de la Horticultura Protegida. INTA-UBA. Carpeta 220 pp
- Montero, J.I. Antón, A. and P. Muñoz. 1998. Fundamentos. Tecnología de Invernaderos II. Curso Superior de Especialización. Perez Parra, J. Ed. 254-266
- Montero, J.I.; Antón, A.; Hernández, J.; Castilla, N. 2001. Direct and diffuse light transmission of insect-proof screen and plastic films for cladding greenhouses. *Acta Horticulturae*. 559:203-210
- Muñoz, P. Antón, A. and J.I. Montero. 1998. Estructuras de invernaderos, Tipología y materiales. En tecnología de Invernaderos II. Curso Sup. De Especialización. Perez Parra, Cuadrado Gomez Ed. Cap III: 65-99
- Nijkens, J.; Deltour, J.; Coutisse, S.; Nisen, A 1985. Radiation transfer through solar and thermal screens of greenhouses. *Agric. And Forest Meterorology*. 35:229-242
- Papadakis; G.; Manolakos D.; Kyritsis, S. 1999. Solar radiation transmissivity of a single-span greenhouse through measurements on scale models. *J. Agr. Engng. Res.* 71: 331-338
- Pearce, B.D., Grange, R.I. and K. Hardwick 1993 The growth of young tomato fruit. I. Effects of temperature and irradiance on fruit grown in controlled environment *Journal of Horticultural Science* 68 (1) 1-11



- Pearce, B.D., Grange, R.I. and K. Hardwick 1993. The growth of young tomato fruit. II. Environmental influences on glasshouse crops grown in rockwool or nutrient film. *Journal of Horticultural Science* . 68 (1): 13-23
- Pearson S.; Wheldon A. E.; Hadley, P. 1995. Radiation transmission and fluorescence of nine greenhouse cladding material. *J. Agr. Engng. Res.* 62: 61-70
- Pieters, J.G. 1994. Condensation and PAR transmittance of greenhouses. *Plasticulture*. 112: 23-31
- Pollet I. V.; Pieters, J.G. 1999. Laboratory measurements of PAR transmittance of wet and dry greenhouse cladding materials. *Agricultural and forest meteorology*. 93: 149-152
- Pollet I. V.; Pieters, J.G. 2002. PAR transmittances of dry and condensate covered glass and plastic greenhouse cladding. *Agricultural and forest meteorology*. 110 : 285-298
- Quesada, F.M.; Hernández, J.; Morales, M.I.; Guillén, A.; Castilla, N. 1998. Pendientes de cubierta en invernaderos asimétricos: respuesta de un cultivo de pepino. *Actas de Horticultura*. 21: 45-50
- Robinson, T. and A. Lakso (1991). Bases of Yield and Production Efficiency in Apple Orchard System. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(2):118-192
- Schoch, P.G., L'Hotel, J.C. and B. Brunel. 1990. Increase in diameter of stem in tomato: effects of light and of the night temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*. 50:3, 229-238
- Scholberg J., McNeal B. L., Jones J. W., Boote K. J. & C. D. Stanley 2000 Growth and canopy characteristics of field-grown tomato. *Agronomy Journal* 92 (1): 152-159
- Soriano, T.; Montero, J.I.; Sanchez Guerrero, M.C.; Medrano, E.; Anton, A.; Hernández, J.; Morales, M.I.; Castilla, N. 2004. A study of direct solar radiation transmission in asymmetrical multi-span greenhouses using scale models and simulation models. *Biosystems Engineering* 88 (2): 243-253
- Stoffers, J.A. 1998. Light transmission of zig-zag-shaped multispans greenhouses. *Acta Horticulturae*. 456: 383-390.
- Tarara, J.M. 2000. Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience*. Vol 35 (2). 169-180
- Trujillo I., K. 2005 Evaluación de la influencia del factor térmico de diferentes zonas de producción de semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y Pimentón (*Capsicum annuum* L.) sobre la calidad y rendimiento tesis de grado. Fac. Agron. Univ. Católica Valparaíso. Chile 133 p.
- Urban L 1997 Introduction à la production sous serre. Tome 1: La gestion du climat. Lavoisier Tec&Doc. Paris.
- Yao, C., Moreshet, S. Aloni, B. and L. Karni. 2000. Effects of climatic factors and water stress on the diurnal fluctuation in diameter of bell pepper fruit. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 75 (1)6-11
- Zabeltitz, C.V. 1998. Greenhouse structures. En: *Greenhouses ecosystems*. 265-286. Stanhill, G. Enoch, H.Z. Ed. Elsevier. Amsterdam.
- Zhang Y.; Gauthier L.; de Halleux D.; Dansereau B.; Gosselin, A. 1996. Effect of covering materials on energy consumption and greenhouse microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology*. 82: 227-244

## ANEXO I

### Efecto del microclima de un invernadero de la Patagonia Norte (Argentina) sobre parámetros de crecimiento y productividad de tomate.

#### 1- *Introducción*

##### 1.1. *Descripción geográfica y climática de la Patagonia.*

El clima de la Patagonia se ubica en los de tipo moderado, con cuatro estaciones bien definidas, con primaveras y otoños cortos e inviernos largos con gran amplitud entre las temperaturas de invierno y de verano. Un corte transversal en la geografía de la Patagonia Norte (39°S) muestra amplitudes térmicas anuales de más de 10° en San Carlos de Bariloche, de más de 17° en Maquinchao, en el corazón de la Meseta, y de unos 13° en Carmen de Patagones, a 30 Km. Del Atlántico. Debido a su altura, el área de Maquinchao (cerca de 800 mts. Sobre el nivel del mar) alcanza excepcionalmente los 30° bajo cero, con lo que resulta tan fría como las áreas más frías de la Patagonia Austral. La temperatura media en invierno, sin embargo, es de -2°, la misma que en la Tierra del Fuego argentina. Las temperaturas máximas absolutas son altas en la Patagonia, con marcas de hasta 45° en la parte oriental de la 49rea49otamia configurada por los ríos Colorado y Negro, y un poco menos en Carmen de Patagones. En Maquinchao pueden sobrepasar los 35°, en tanto que alcanzan los 30° en Ushuaia.

Al sur del paralelo 30°S se hacen dominantes los vientos del oeste, que abandonan en la cordillera su carga de humedad procedente del Pacífico: las lluvias pasan de los 2.000 mm, hasta los 5.000 mm en la vertiente occidental (Chile), a los 600 y 400 mm de precipitación en la oriental (Argentina). En la región extraandina, la zona de máxima sequedad, conformada por la isohieta de los 200 mm de precipitaciones, arranca de la porción media del Río Colorado y se extiende hacia el sur para cubrir todo el largo hasta el estrecho de Magallanes. La humedad aumenta en el ángulo noroeste y hacia el norte del ámbito, amén de hacia el oeste franco, en que llega a los 400 mm en la porción sur de la cordillera – 500 mm y más en Tierra del Fuego, y 800 y hasta 1.000 mm de precipitación en áreas altas de la porción norte.

##### 1.2. *Los cultivos hortícolas de la Patagonia Norte*

En la Patagonia Norte existen tres valles irrigados (Alto, Medio e Inferior del Río Negro) que cubren aproximadamente 200.000 ha dedicadas fundamentalmente a la fruticultura (60.000 Ha) y en menor proporción a la horticultura (9.000 Ha). La limitante mayor para los cultivos hortícolas es el clima ya que el período libre de heladas es de 174 días (desde abril hasta octubre) lo cual obliga al abastecimiento extra regional (distante a más de 1000 Km.) de productos hortícolas.

Los altos costos de la producción de tomate bajo cubierta en estas condiciones climáticas extremas obligan a buscar formas de reducir el uso del combustible empleado para la calefacción de los meses fríos. Una de las formas es optimizar el uso de la energía calórica aportada por la luz solar, evitando las pérdidas a partir del material empleado en la cubierta y el manejo del cultivo.

Para una evaluación económica de la tecnología de invernadero es esencial cuánto de la productividad del cultivo es afectada por condiciones microambientales relacionadas con la propia tecnología de cultivo. El microclima dentro del invernadero no es uniforme, existen gradientes, especialmente de luz y temperatura, que dependen tanto de la ubicación del eje mayor de la estructura como de las dimensiones de invernadero.

El presente trabajo tuvo como finalidad caracterizar parámetros microclimáticos de un invernadero típico de la región Patagonia Norte evaluando el comportamiento del cultivo de tomate en dos sectores diferentes del recinto: el norte y el sur.

### **1.3. Relación cultivo-condiciones microclimáticas**

Las temperaturas óptimas nocturnas para el cultivo de tomate en invernadero varían entre 10-14 °C y las diurnas entre 17-25°C. Koning (1989) determinó que las temperaturas mayores, dentro del rango mencionado, mejoran el crecimiento de los frutos tempranos a expensas del desarrollo vegetativo. Según Grange (1995), la tasa de crecimiento de los frutos de tomate varía con las variaciones de la temperatura del mismo, de Koning (2000) describe la tasa de desarrollo de los frutos como una función lineal de logaritmo transformado en función de la temperatura:  $CGR: a+b\ln(T)$ . Grange et al (1993) determinaron que el tamaño final del fruto (a madurez) es proporcional al máximo ratio de incremento de peso fresco/tiempo, aproximadamente 40 días después de anthesis, relacionándose con el máximo crecimiento en diámetro, entre 15-20 días después de anthesis.

Trabajos en cultivos hortícolas bajo cubierta realizados en España (Castilla, 1988, 1990, 1998), comparando invernaderos de techos de distintas formas obtuvieron resultados que demostraban mayor calidad y producción relacionados con una mayor luminosidad Schoch et al (1990) determinaron los efectos de la luz y las temperaturas nocturnas sobre el incremento del diámetro del tallo en tomate. Los resultados confirman que el crecimiento en diámetro del tallo durante el estado vegetativo fue proporcional al aumento de luz que recibe la planta. La relación entre el incremento en diámetro del internodio debajo del primer racimo de flores y el peso seco de diferentes partes de la planta fueron analizados presentándose evidencia que la formación de los primeros frutos afecta dicha relación.

Trabajos realizados sobre pimiento (Yao et al, 2000) demostraron que los cambios en los diámetros del fruto están estrechamente relacionados con la radiación, observándose que en frutos ubicados a la sombra los cambios fueron mayores que aquellos desarrollados en lugares más iluminados. Los autores concluyeron que aquellos factores que afectan la transpiración foliar, tales como la radiación solar, el déficit de vapor de agua, la temperatura del aire y el estrés hídrico, afectan el crecimiento del fruto.

Resultados de trabajo de Brugginik (1987) evidenciaron que una reducción en la intensidad de luz produce una disminución de la tasa de asimilación de fotosintatos (NAR) e incrementa el índice de área foliar (LAI). Por otra parte según Cockshull (1988) durante la fase productiva el rendimiento del tomate es proporcional a la integral de radiación solar correspondiendo aproximadamente una pérdida del uno por ciento de la producción a una disminución de cada uno por ciento de la radiación disponible.

Trabajos tendentes a determinar los efectos de los factores ambientales de la orientación E-O con respecto a la orientación N-S en un cultivo de pepino (Hwa-sung Cheng 1977) determinaron que la tasa de crecimiento del cultivo (CGR) no mostró diferencias, la tasa de asimilación neta (NAR) creció en los primeros períodos independientemente de la orientación y decreció luego, pero encontraron diferencias del índice de área foliar (LAI) y altura de plantas con respecto a la ubicación norte o sur de las filas en los invernaderos E-O. Jones et al (1999) establecieron un modelo dinámico del cultivo de tomate simplificando las variables a considerar llegando a determinar la evolución de parámetros como LAI y MS en relación a los días después del trasplante.

### 1.4. Radiación

La transmisión de la radiación solar a través de la cubierta influirá tanto en el balance energético del invernadero, como en la actividad fotosintética del cultivo, pudiendo ser el factor más limitante en las latitudes comprendidas en la Patagonia.

La radiación se divide en radiación de onda corta, la cual se emite entre una longitud de onda de 0.3 y 2.5  $\mu\text{m}$  comprendiendo radiación ultravioleta (0.300-0.380  $\mu\text{m}$ ), visible (0.380-0.760  $\mu\text{m}$ ) e infrarroja solar (0.760-2.500  $\mu\text{m}$ ). La radiación utilizada por las plantas para los procesos fotosintéticos y consecuentemente sobre el crecimiento del cultivo, es la comprendida entre los 0.400 y 0.700  $\mu\text{m}$ . Por otro lado, desde el punto de vista del estudio del balance de energía en el invernadero y las pérdidas de energía nocturna, las cuales establecerán las necesidades de calefacción del invernadero, es necesario considerar la radiación de onda larga.

### 1.5. Transmisión de calor en el invernadero

La transmisión de calor del invernadero se debe a la diferencia térmica entre el exterior y el interior del mismo. Los procesos de transferencia de energía a través de la cubierta son básicamente las siguientes: convección, conducción, radiación y calor latente

#### Convección

La cantidad de calor transmitida por convección desde la cubierta al aire exterior, por unidad de tiempo se define:

$$Q_{\text{ext}} = h_f (T_{\text{co}} - T_e)$$

$h_f = 6.2V^{0.8}$  siendo  $V$ : velocidad del viento ( $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ) (Bailey, 1984);  
 $T_e$ : temperatura del aire exterior ( $^{\circ}\text{K}$ )  
 $T_{\text{co}}$ : temperatura cara externa de la cubierta ( $^{\circ}\text{K}$ )

La cubierta también intercambia calor por convección con el aire del invernadero:

$$Q_{\text{int}} = h (T_{\text{ai}} - T_{\text{ci}})$$

Siendo  $h$ : coeficiente convectivo aire del invernadero-cubierta.  
 $T_{\text{ai}}$ : temperatura del aire del invernadero ( $^{\circ}\text{K}$ )  
 $T_{\text{ci}}$ : temperatura cara interna de la cubierta ( $^{\circ}\text{K}$ )

Según Chalabi (1989) si la temperatura del aire es superior a la de la cubierta, la transmisión de calor es turbulenta entonces:

$$h = 1.7 (T_{\text{ai}} - T_{\text{ci}})^{0.33} \quad \text{W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$$

Si el techo está a mayor temperatura que el aire el flujo suele ser laminar, por lo tanto:

$$h = 0.64 (T_{\text{ci}} - T_{\text{ai}})^{0.25} \quad \text{W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$$

#### Radiación

La radiación térmica es radiación electromagnética emitida por un cuerpo en relación a su temperatura. Según la ley de Stefan-Boltzman, la cantidad de energía radiante:

$$E = \epsilon \delta T^4 \quad \text{W.m}^{-2}$$

$E$ : cantidad de energía emitida  
 $\epsilon$ : emitancia del cuerpo adimensional  
 $\delta$ : constante de Stephen-Boltzman ( $5.67 \cdot 10^{-8} \cdot \text{W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ )

Para el caso del invernadero se considera:

$$Q = \varepsilon_1 A_1 \sigma T_2^4 - T_1^4$$

$T_2$  es la temperatura del cielo el cual es considerado un cuerpo negro para calcular las pérdidas nocturnas del invernadero. Si no se dispone de estas medidas se puede recurrir al cálculo:

$$T_{\text{cielo}} = 0.0552 T_a^{1.5} \text{ siendo } T_a \text{ la temperatura del aire } ^\circ\text{K}$$

### Calor latente

En el invernadero se produce el cambio de calor sensible a latente cuando existe evaporación o condensación de agua. Dicha transmisión de calor desde o hacia una superficie se expresa:

$$Q = \Delta H * \frac{h}{C_p} * A(W_s - W_w) \quad \text{Watt}$$

$\Delta H$ : calor latente de vaporización (Jul.Kg<sup>-1</sup>)

$h$ : Coeficiente convectivo de transmisión de calor- W.m<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>

$C_p$ : Calor específico del aire seco (Jul.Kg<sup>-1</sup>)

$W_s$ : Humedad absoluta en la superficie (KgKg<sup>-1</sup>)

$W_w$ : Humedad absoluta en el aire del invernadero (KgKg<sup>-1</sup>)

Estas expresiones, conjuntamente con las correspondientes a los balances de energía del aire del invernadero, suelo y planta, son las que permitirán analizar, en trabajos futuros, las pérdidas y ganancias de energía del invernadero. Con los datos ampliados sobre los aportados en el presente trabajo, y a partir de dichas expresiones, se establecerán modelos mejorados sobre las estructuras existentes.

### 1.6. Requerimientos térmicos para los principales cultivos hortícolas

Para determinar las necesidades de aporte calórico al invernadero es imprescindible considerar el incremento térmico, diferencia entre la temperatura interna ( $T_i$ ) y la temperatura externa ( $T_e$ ), usándose como la temperatura considerada óptima para el cultivo. Estos valores, según los cultivos, pueden variar para los diferentes estados del desarrollo. Los valores mostrados en las tablas sirven de orientación para los cálculos de calefacción sin representar valores específicos para situaciones específicas de cultivo.

**Valores óptimos de temperatura para diferentes cultivos** (Tesi,1969; en Montero y Antón,1993).

Especie	Tº óptima nocturna (ºC)	Tº óptima diurna (ºC)
tomate	13-16	22-26
pepino	18-20	24-18
melón	18-21	24-30
calabaza	15-18	24-30
judía	16-18	21-28
pimiento	16-18	22-28
berenjena	15-18	22-26
lechuga	10-15	15-20

**Valores óptimos de temperatura para diferentes cultivos (Urban,1997)**

Especie	Tº óptima nocturna ºC	Tº óptima diurna ºC	Observaciones
Berenjena	21	22	Hasta 8 semanas después de plantación
	19	21	Hasta final de cultivo
Pepino	21	23	4 semanas antes de plantación Plantas hasta 2-6 semanas
	20	22	Durante las 6 semanas siguientes
	19	21	Hasta final de cultivo
Lechuga	10	10	2 semanas antes de plantación Durante las 6 semanas siguientes
	6	12	Hasta final de cultivo

**1.7. Las características de los invernaderos de la Patagonia Norte**

Las estructuras desarrolladas en la Patagonia Norte se adaptan a los fuertes vientos primaverales con ráfagas que superan los 120 km./h en dirección predominante O-E,. En general son estructuras de 12 a 24 m de ancho del tipo multitúnel o multicapilla, de 2.5 a 3 metros de altura en canaleta y de 3.5 a 5 metros en cumbre. No se emplea sistema de ventilación cenital sino lateral mediante cortinas enrollables a partir de un zócalo de 0.50-0.80 m de altura. En cuanto al uso de calefacción, el 80 % son invernaderos calefaccionados y el 20 % fríos. Debido a las bajas temperaturas y al ciclo del principal cultivo, tomate primicia, se trabaja con doble cobertura de techo empleándose como cubierta externa polietileno térmico larga vida (LDT) de 150  $\mu$  y polietileno cristal de 50 a 100  $\mu$  para el doble techo interno.

Se produce principalmente tomate primicia el cual se trasplanta en agosto-setiembre para abastecer el mercado a partir de octubre como producción primicia. En el período otoño invernal se cultivan fundamentalmente hortalizas de hojas sin aporte calórico por calefacción. (Iglesias, 1997)

**2- Materiales y métodos**

Durante la primavera del 2001, período normal del cultivo primicia de distintas especies hortícolas de la Patagonia Norte, se realizaron registros de datos del microclima de un invernadero representativo de los modelos locales. La experiencia se llevó a cabo en un invernadero multicapilla de 19.5 metros de ancho por 24 metros de largo de 2.50 metros de altura al canalón y 3.80 de altura en la cumbre. La cubierta del mismo es de polietileno LDT de 150  $\mu$  de espesor comprendiendo un doble techo de polietileno cristal de 80  $\mu$  de espesor colocado a 10 cm. Del techo externo y su orientación en el sentido de la cumbre es E-O.

El cultivo de tomate se realizó en el sentido N-S a partir de plantas trasplantadas en el estado de segunda hoja verdadera a una distancia de 0.90 metros entre filas y 0.30 metros entre plantas. El cultivo se realizó sobre un suelo franco-arcilloso típico de la zona cubierto con mulch de polietileno negro de 200  $\mu$  realizándose fertirriego de acuerdo a estado fenológico y requerimientos del cultivo.

Las prácticas de manejo del cultivo que se realizaron fueron las típicas de la zona en lo que respecta a desbrote de brotes laterales, deshoje por debajo del racimo maduro y despunte del ápice apical después del séptimo racimo para detener el crecimiento de la planta.

La metodología de trabajo comprendió el registro de dos tipos de datos: variables medioambientales y parámetros de crecimiento y posterior interpretación del comportamiento vegetal en función de las condiciones microclimáticas del invernadero.

### 2.1. Variables medioambientales

**Radiación:** se efectuaron registros de global y neta, externa e interna empleándose sensores de Radiación Global Delta\_T ES2 y Sensores de Radiación Neta Delta-T NR2

**Temperatura y HR:** se registraron datos de Temperatura y HR de aire externa e interna en los tres sectores del invernadero (norte, centro y sur) a 1m y a 2m en el centro de la estructura. También se registraron temperaturas de suelo interno y externo y temperaturas de las distintas cubiertas de la estructuras. Para realizar los registros se emplearon sensores de HR tipo capacitor y de temperatura de aire tipo termistor.

Los datos se registraron con un Data Logger Delta-T modelo DL2e- Versión 2.02 programado para almacenar cada 10 minutos datos promedio de cada minuto de lectura siendo los mismos procesados con el programa Excel de Microsoft® XP. La disposición de los sensores se pueden observar en el Anexo 1 al final del presente documento.

### 2.2. Parámetros del crecimiento

Se relacionaron distintos parámetros de evaluación del crecimiento de un cultivo de tomate (cultivar Fraile BHN) en un período de cultivo normal de primavera-verano determinado entre el momento de trasplante (15 setiembre del 2001) y momento de retención del crecimiento apical por eliminación del brote apical (14 diciembre del 2001).

**Índice de área foliar (LAI):** Por método directo, mediante área-meter (superficie fotosintética).Li-Cor LI-3100

Se tomaron 5 plantas en el sector norte y 5 plantas en el sector sur en distintos momentos: trasplante (momento cero), anthesis de flores del primer racimo (momento 1), del 3° racimo (momento 2), del 5° racimo (momento 3) y del 7° racimo (momento 4) fecha en la cual se efectúa la eliminación del brote apical para detener el crecimiento en altura de la planta. El momento de anthesis se determinó por el 60% de flores abiertas para todas las plantas del racimo.

**Peso Seco (PS):** Se secó la parte aérea de las plantas en estufa a 65°C hasta peso constante.

**Tasa de crecimiento del cultivo (CGR):** Se calculó por método indirecto a partir de la relación:

$$CGR = \frac{(W_2 - W_1)}{(T_2 - T_1)} \quad \text{g.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$$

Siendo: W peso seco(g)  
T tiempo (días)

**Tasa de asimilación neta (NAR):** se estimó a partir de:

$$NAR = \frac{CGR}{LAI} \quad \text{g.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$$

**Diámetro del fruto (mm):** Los registros de crecimiento de fruto los frutos (diámetro) se realizaron sobre el primer fruto cuajado de cada ramillete al primer, el tercero, el quinto y el séptimo racimo con una frecuencia de dos veces por semana a partir del momento en el cual los mismos presentaron 1.5 mm de diámetro. El instrumental empleado fue un calibre electrónico digital Max-Cal de la firma Japan Micrometer MFG. Co. Ltd.

Los resultados de índice de área foliar, peso seco y altura de plantas fueron analizados a través del sistema de computación SAS (1985), mediante el procedimiento General Linear Model y para la separación de medias se utilizó la prueba de Least Significant Difference al 5% (LSD 0.05). Las ecuaciones de regresión y coeficiente de correlación para diámetro de fruto, índice de área foliar, tasa de crecimiento de cultivo, tasa de asimilación neta y altura de plantas fueron calculados con el programa Excel de Microsoft®XP.

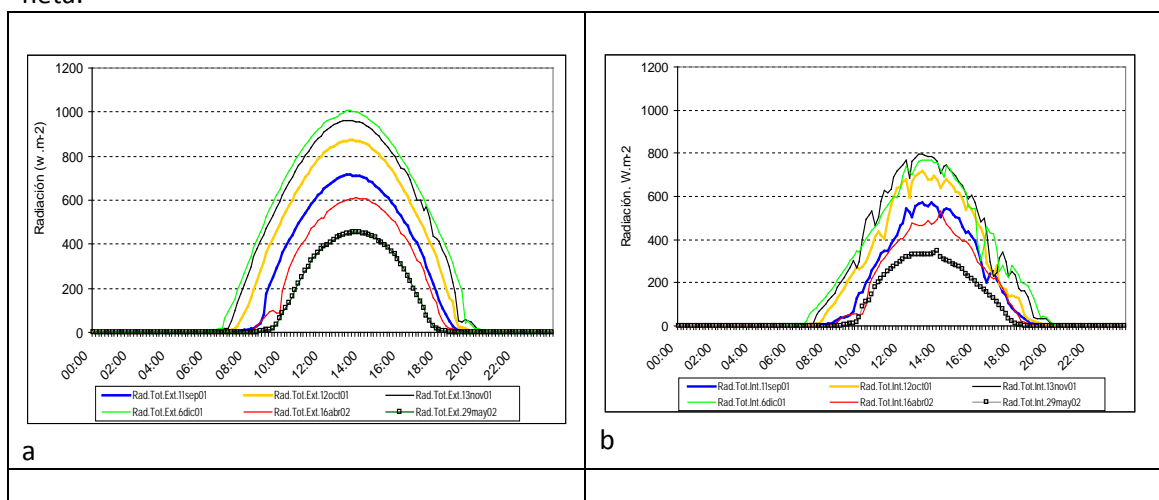
### 3. Resultados

#### 3.1. Condiciones microclimáticas de un invernadero de la Patagonia Norte

##### Radiación

La región se caracteriza por valores de radiación total en días despejados que oscilan entre 700 a 1000 W/m<sup>2</sup> durante el período de cultivo primavera estival y entre 400 y 600 W/m<sup>2</sup> para mayo y junio. Para los mismos períodos, dentro del invernadero la radiación total registrada fue entre 550 y 780 W/m<sup>2</sup> para el período primaveral y entre 300 y 500 W/m<sup>2</sup> para mayo y junio.

Por otra parte, los valores de radiación neta externa diurna oscilaron entre 350 y 620 W.m<sup>-2</sup> durante los meses de primavera y 160 y 300 W.m<sup>-2</sup> para abril y mayor. Durante la noche se registraron valores negativos propios de la radiación térmica aportada por el invernadero (en el caso de la lectura externa) y el suelo del invernadero (en el caso de la lectura interna). En el Figura 1 pueden observarse las fluctuaciones horarias diarias de la radiación total y la radiación neta.





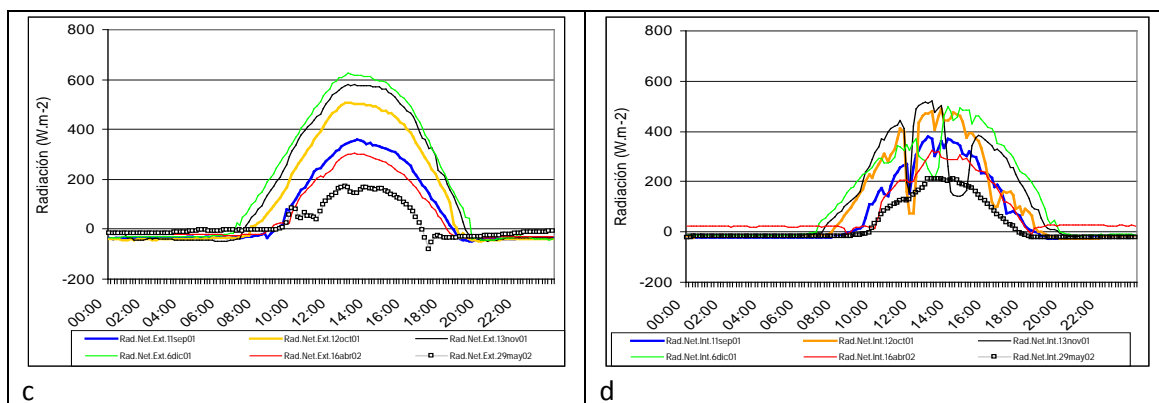


Figura 1-Curvas de radiación total ( $Rad.Tot.$ ) y neta ( $Rad.Net$ ) ( $Wm^{-2}$ ) en el exterior ( $Ext$ ) e interior ( $Int$ ) del invernadero para días despejados de setiembre, octubre, noviembre, diciembre del 2001 y abril y mayo del 2002. A: radiación total externa, b: radiación total interna, c: radiación neta externa y d: radiación neta interna.

La transmitancia máxima de la radiación total registrada para estos días, osciló entre el 76 al 81%, como puede observarse en la Tabla1. Los valores de transmitancia registrados son comparables con los obtenidos por Bot (1983) para un invernadero tipo Venlo multicapilla de vidrio, orientación E-O en la latitud  $52^{\circ}N$  aunque son superiores a las registradas por otros autores en invernaderos de polietileno de techo simple a latitudes menores (Muñoz 1998, Castilla, 1998)

Tabla 1- Registros de radiación total ( $RT$ ) y radiación neta ( $RN$ ) máximas y la transmitancia (%), para días de cielo despejado. (max: máxima, Transm: transmitancia, e: externa, i: interna)

fecha	$RT_e$ max	$RT_i$ max	TransmRT	$RN_e$ max	$RN_i$ max
11setiembre2001	717.60	574.40	80.04	361.70	332.2
12octubre 2001	871.20	716.80	82.28	508.60	488.10
13noviembre 2001	964.00	796.80	82.66	580.60	520.70
06diciembre 2001	1005.60	770.40	76.61	627.40	498.00
16abril 2002	608.00	472.80	77.76	301.1	299.60
29mayo 2002	456.00	349.80	76.71	186.76	169.5

### Temperatura del aire

No se observan gradientes de temperaturas entre los sectores norte, centro y sur del invernadero a 1 m de altura (Tabla 2) pero, por otro lado, en el sentido vertical se ha observado que existe un notorio aumento de la temperatura a 2m debido a que las estructuras empleadas en la región son ventiladas solo en forma lateral.

Tabla 2. Temperaturas promedio ( $T^{\circ}$  prom), máximas ( $T^{\circ}$  max) y Mínima ( $T^{\circ}$  min) de aire ( $^{\circ}$ C) en el centro a 2m (C2m) y 1m (C1m), Norte (N) y Sur (S) , en el interior del invernadero.

Temperatura promedio					
	$T^{\circ}$ promC2m	$T^{\circ}$ promC1m	$T^{\circ}$ promN	$T^{\circ}$ promS	$T^{\circ}$ promext
septiembre	15.74	15.27	15.39	14.98	11.82
octubre	18.58	17.66	17.35	17.11	15.38
noviembre	19.65	18.84	18.79	18.37	17.55
diciembre	22.73	21.72	21.56	21.28	20.66
Temperatura máxima					
	$T^{\circ}$ maxC2m	$T^{\circ}$ maxC1m	$T^{\circ}$ maxN	$T^{\circ}$ maxS	$T^{\circ}$ maxext
septiembre	29.23	27.56	28.95	27.52	18.79
octubre	29.04	26.18	25.32	25.56	22.8
noviembre	30.4	27.67	27.25	27.43	25.8
diciembre	35.63	31.59	31.04	31.06	29.99
Temperatura mínima					
	$T^{\circ}$ minC2m	$T^{\circ}$ minC1m	$T^{\circ}$ minN	$T^{\circ}$ minS	$T^{\circ}$ minext
septiembre	7.59	7.66	7.6	7.33	4.42
octubre	11.03	11.05	10.98	10.57	8.49
noviembre	10.82	10.85	11.07	10.13	8.8
diciembre	13.01	13.12	13.24	12.49	11.01

Si se considera que el rango óptimo de crecimiento para las hortalizas cultivadas bajo cubierta está comprendido entre  $10^{\circ}$ C y  $30^{\circ}$ C es de esperar que durante el mes de diciembre las temperaturas máximas comprometerían el normal desarrollo de los procesos fisiológicos, aumentando la respiración lo cual puede traducirse en una reducción de la fotoasimilación. Por otro lado, el promedio de temperaturas mínimas durante setiembre responden el planteo del sistema de calefacción del cultivo, encendido automático del sistema a  $7^{\circ}$ C.

#### **Temperaturas del aire día-noche**

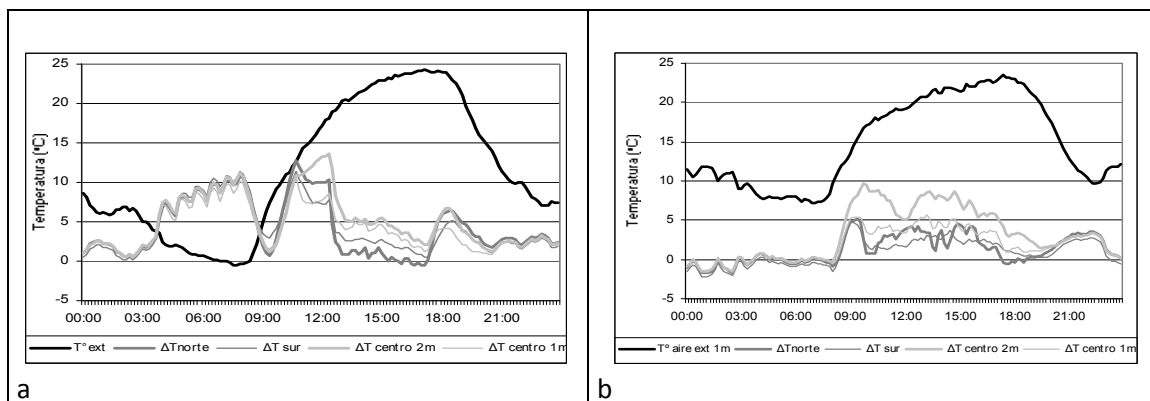
El promedio mensual para temperaturas medias, máximas y mínimas en los diferentes sectores del interior del invernadero han mostrado diferencias de temperatura a distintas alturas durante el día pero durante la noche ese gradiente desaparece. Por otra parte parece no evidenciarse gradientes respecto a las posiciones sur, centro o norte a 1 metro (Tabla 3). Durante el mes de setiembre los valores de temperatura serían inferiores a los óptimos diurnos y nocturnos para el cultivo de tomate.

Tabla 3. Temperaturas medias ( $T^{\circ}$  prom), máximas ( $T^{\circ}$  max) y mínimas ( $T^{\circ}$  min) diurnas (día) y nocturnas (no) en un invernadero para los meses de primavera 2001 en la Patagonia Norte

centro 2m						
	$T^{\circ}$ promdia	$T^{\circ}$ promno	$T^{\circ}$ mindia	$T^{\circ}$ minno	$T^{\circ}$ maxdia	$T^{\circ}$ maxno
septiembre	20,49	11,30	8,62	7,60	29,23	20,20
octubre	22,57	14,13	11,70	11,07	29,04	20,53
noviembre	23,50	14,61	11,31	10,84	30,40	21,49
diciembre	26,91	16,96	13,23	13,07	35,63	24,76
centro 1m						
	$T^{\circ}$ promdia	$T^{\circ}$ promno	$T^{\circ}$ mindia	$T^{\circ}$ minno	$T^{\circ}$ maxdia	$T^{\circ}$ maxno
septiembre	19,60	11,22	8,59	7,68	27,56	18,77
octubre	20,89	14,07	11,64	11,10	26,18	19,91
noviembre	22,07	14,58	11,25	10,88	27,67	21,00
diciembre	25,15	16,96	13,35	13,19	31,59	23,82
Norte 1m						
	$T^{\circ}$ promdia	$T^{\circ}$ promno	$T^{\circ}$ mindia	$T^{\circ}$ minno	$T^{\circ}$ maxdia	$T^{\circ}$ maxno
septiembre	19,68	11,37	8,53	7,63	28,95	20,26
octubre	20,25	14,13	11,48	11,08	25,32	19,99
noviembre	21,73	14,91	11,43	11,10	27,25	21,19
diciembre	24,71	17,21	13,40	13,31	31,04	23,87
Sur 1m						
	$T^{\circ}$ promdia	$T^{\circ}$ promno	$T^{\circ}$ mindia	$T^{\circ}$ minno	$T^{\circ}$ maxdia	$T^{\circ}$ maxno
septiembre	19,15	11,08	8,51	7,34	27,52	19,66
octubre	20,25	13,63	11,14	10,60	25,56	19,65
noviembre	21,65	14,04	10,56	10,15	27,43	20,93
diciembre	24,72	16,51	12,72	12,54	31,06	23,54
Exterior 1m						
	$T^{\circ}$ promdia	$T^{\circ}$ promno	$T^{\circ}$ mindia	$T^{\circ}$ minno	$T^{\circ}$ maxdia	$T^{\circ}$ maxno
septiembre	14,60	9,24	5,80	4,51	18,78	15,59
octubre	18,32	12,06	9,40	8,52	22,79	18,27
noviembre	20,43	13,74	9,62	8,89	25,72	21,02
diciembre	23,78	16,34	11,54	11,18	29,99	24,03

### Diferencia térmica del aire ( $\Delta T_a$ )

Se consideró observar la fluctuación de la diferencia térmica del aire en los diferentes sitios del invernadero a lo largo de los meses de cultivo. Durante el mes más frío, septiembre, según se puede observar en el Figura 2<sup>a</sup>, durante la noche el sistema de calefacción permitió una buena distribución del calor en todos los sectores pero durante el día es marcada la diferencia entre las caras norte y sur respecto al centro, esto se debe al sistema de ventilación lateral. Durante el mes de octubre las noches no fueron tan frías por lo tanto la diferencia térmica del aire no fue tan evidente manteniéndose la misma diferencia entre sitios durante el día (Figura 2b). Durante los meses más cálidos el gradiente de temperatura es similar en todos los sitios del invernadero estudiados. (Figura 2 c y d).



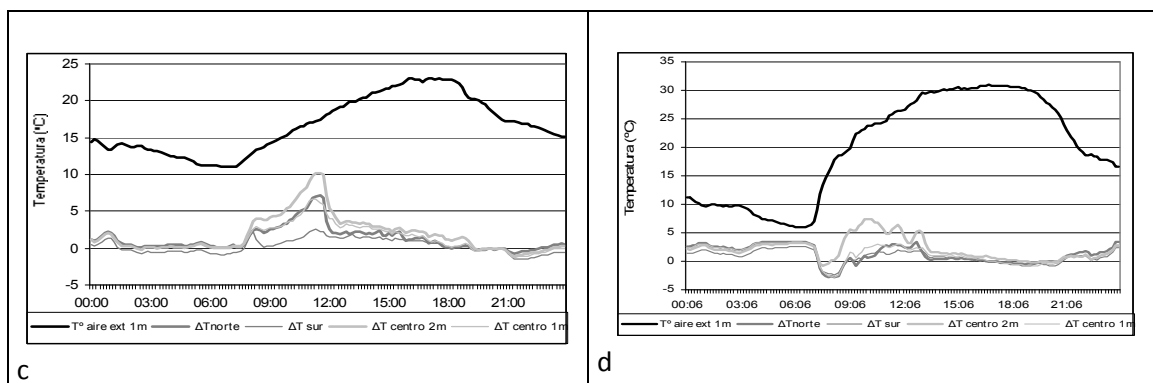


Figura 2. Evolución diaria de la diferencia térmica del aire ( $\Delta T_a$ ) de distintos puntos del invernadero para días despejados de setiembre (a), octubre (b), noviembre (c) y diciembre (d) del 2001

### Temperatura de las cubiertas

Se consideraron dos casos: un día de otoño avanzado (mayo), con temperaturas externas inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$  durante toda la noche y parte del día y un día de primavera (octubre) con temperaturas externas cercanas a  $10^{\circ}\text{C}$ . Durante el mes de octubre para una temperatura externa de  $8.29^{\circ}\text{C}$ , el techo externo registró  $5.53^{\circ}\text{C}$  y el interno  $7.30^{\circ}\text{C}$  a las 7.40 horas mientras que en mayo, con temperatura externa de  $-4.07$  a las 9.00 horas, el techo exterior registró  $-6.95$  y el interior  $-1.25$ . Por otro lado, mientras las paredes norte y sur no muestran diferencias de temperaturas entre ellas durante la noche primavera y apenas un gradiente menor a  $1^{\circ}\text{C}$  en mayo, registrándose  $-2.62^{\circ}\text{C}$  en la pared sur y  $-0.95^{\circ}\text{C}$  en la pared norte. El techo externo recibe calor por convención por la noche, puesto que el aire externo presenta mayor temperatura que la cubierta externa, esto indica que las pérdidas de calor del invernadero se producen por radiación térmica a través de la misma.

Las condiciones observadas en el día de otoño (Figura 3b) fueron diferentes: para temperaturas externas de  $-4.30^{\circ}\text{C}$ , la cara interior del techo exterior registró valores de  $-3.7^{\circ}\text{C}$  mientras que la cara interior del techo interior registró  $-1.21^{\circ}\text{C}$ . Por otra parte mientras las caras norte y sur no mostraron diferencias entre sí registrando datos de alrededor de  $-2.5^{\circ}\text{C}$  en el centro del invernadero el registro fue de  $-1.10^{\circ}\text{C}$ .

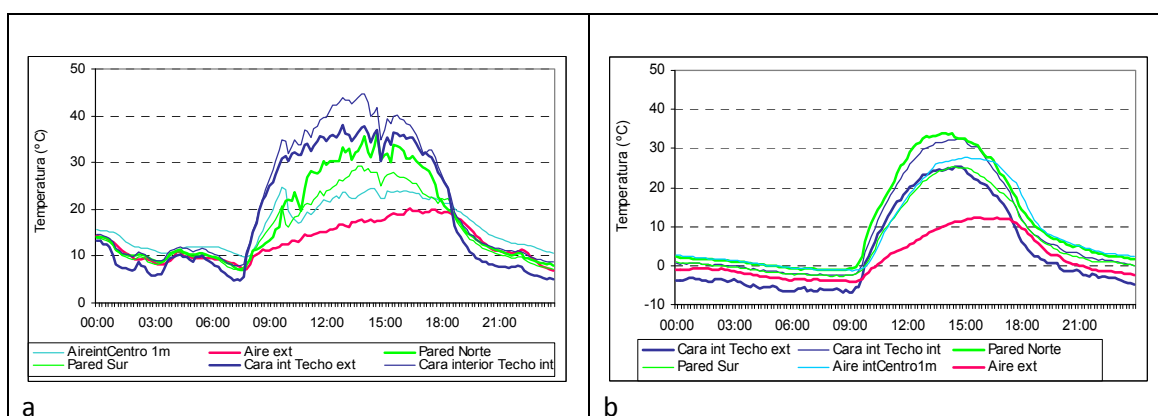


Figura 3. Registros de temperatura diario a: de un día de primavera (10 octubre 2001) y b: un día de otoño (29 mayo 2002) en condiciones de cielo despejado

### Temperatura suelo

Se consideraron los registros de temperatura de suelo externo e interno a  $0.15\text{m}$  y suelo bajo el mulch y cara superior del mulch de dos días de primavera (Figuras 4b y 4b) suelo y suelo

externo e interno a 0.05 y 0.01m y suelo bajo el mulch y cara superior del mulch en dos días de otoño (Figuras 4c y 4d).

Mientras que en primavera la temperatura del suelo debajo y sobre el mulch registró datos en torno a los 50°C en otoño estos datos fueron menores, entre 40 y 45°C. Durante ese período el sistema de riego automatizado del cultivo fue el causante de los descensos bruscos puntuales de la temperatura de suelo volviendo los registros a la curva normal en un tiempo de 50-60 minutos por otro lado, para todos los días considerados durante la noche la temperatura es mayor bajo el mulch invirtiéndose esta relación durante el día.

Durante la primavera, el 12 de octubre las temperaturas de suelo externo fueron menores a las internas durante todas las horas del día pero el 13 de noviembre se observó una inversión: las temperaturas externas fueron mayores a las internas durante la noche y al revés durante el día.

Durante el 5 de abril del 2002 a profundidades de suelo de 0.05m y 0.01m se observaron diferencias de temperatura de 8°C del suelo interior por encima del exterior durante la noche mientras que para el 6 de mayo estas diferencias son del orden de 6°C.

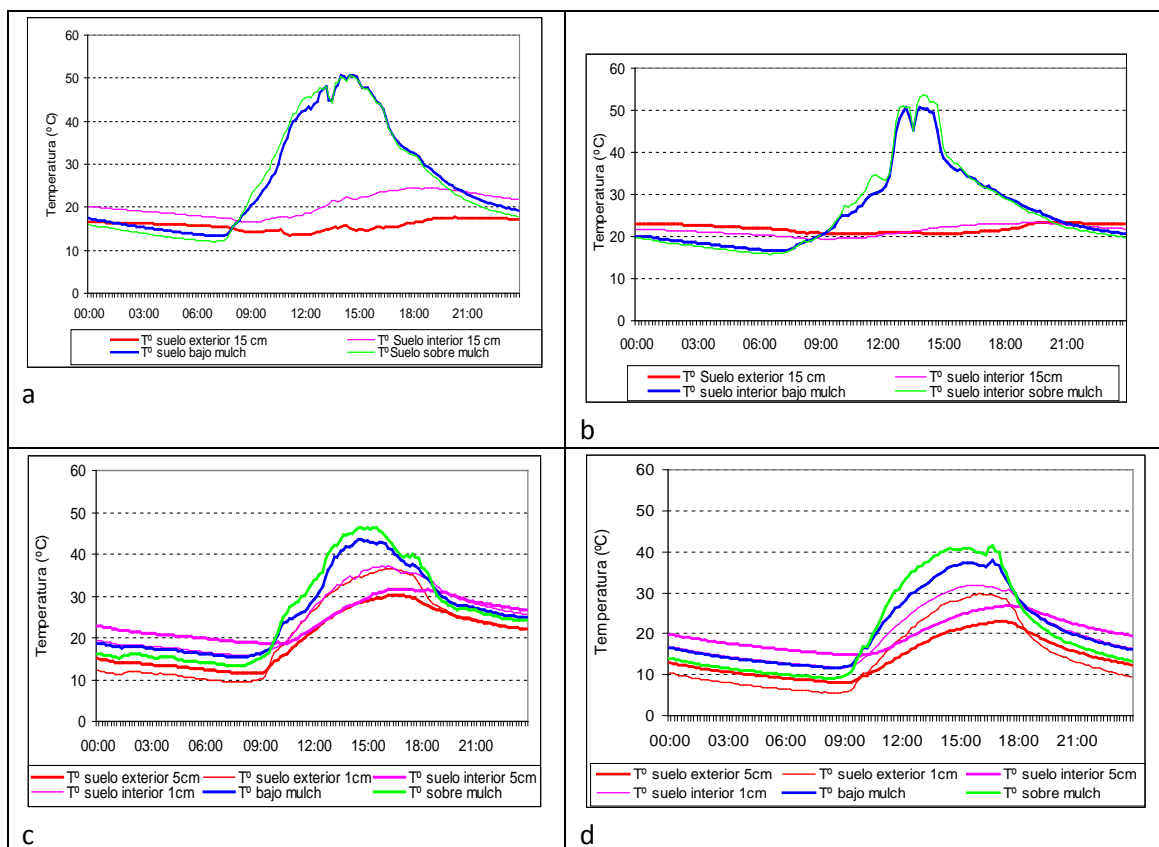


Figura 4. Temperatura de suelo interna y externa para meses de primavera a: 12 octubre y b: 13 noviembre del 2001, y meses de otoño, c: 5 abril y d: 6 de mayo del 2002

El aporte de calor desde el suelo al aire interno, durante la noche, quedaría expresado de la siguiente manera:

$$Q = h_{s-a} \cdot (T_s - T_a) \cdot A_s$$

donde

$h_{s-a}$ : coeficiente convectivo suelo-ambiente ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ )

$T_s$ : Temperatura suelo ( $^{\circ}K$ )

$T_a$ : Temperatura ambiente ( $^{\circ}K$ )

$A_s$ : Superficie de suelo ( $m^2$ )

Al registrarse mayores temperaturas en la cubierta de suelo que en el aire se considera que el flujo es laminar por lo que el coeficiente considerado es:

$$h = 1.7(T_{ai} - T_{ci})^{0.33} \quad W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \quad (\text{Deltour 1984, Chalabi 1989})$$

Como se puede ver, para el invernadero considerado y bajo las condiciones climáticas locales, el aporte de calor desde el suelo en primavera fue mayor al doble del calor aportado en el otoño (tabla 3).

Tabla 3: Temperatura de suelo ( $T_s$ ) y temperatura de aire ( $T_a$ ) y aporte de calor desde el suelo ( $Q$ ), para distintas fechas.

	$T_s$ ( $^{\circ}C$ )	$T_a$ ( $^{\circ}C$ )	$h_{s-a}$ ( $W \cdot m^{-2} \cdot ^{\circ}K^{-1}$ )	$Q$ (w)
12 octubre 2001	12.03	7.54	0.93	4484
13 nov 2001	15.83	11.02	0.95	4914
5 abril 2001	13.23	10.83	0.80	1949
6 mayo 2001	9.15	6.52	0.82	2202

### 3.2. Parámetros de crecimiento

A pesar de haberse observado diferencias notorias en la altura de plantas entre la ubicación norte y sur, lo cual se comprueba estadísticamente, no se evidenciaron diferencias significativas en la acumulación de peso seco de la parte aérea y en el índice de área foliar. Como se puede ver en la tabla 4 las plantas del sector norte desarrollaron más altura durante todo el período del cultivo pero en los demás parámetros, peso seco, índice de área foliar y tasa de asimilación neta (PS; LAI y NAR respectivamente) la respuesta de las plantas del sector sur fue superior a la del norte.

Tabla 4. Registros de peso seco, Altura, Índice de área foliar (LAI) y tasa de asimilación neta (NAR) durante el período de cultivo de tomate

Fecha	Ubicación	Peso Seco (g)	Altura (cm)	LAI	NAR $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$
14/09/2001	Pre-trasplante	1.78	15.26	0.14	
17/10/2001	norte	22.74ns	49.24 <sup>a</sup>	0.69 <sup>a</sup>	0.92
	sur	22.01ns	39.66b	0.56 <sup>a</sup>	1.10
06/11/2001	norte	280.43ns	119.6 <sup>a</sup>	2.43 <sup>a</sup>	5.2982
	sur	204.91ns	102.2b	1.73 <sup>a</sup>	5.2950
25/11/2001	norte	370.65ns	146.2 <sup>a</sup>	3.00a	1.5818
	sur	340.22ns	134b	3.15 <sup>a</sup>	2.2576
14/12/2001	norte	372.19ns	174.2 <sup>a</sup>	3.32 <sup>a</sup>	0.0244
	sur	398.68ns	160.6b	3.48 <sup>a</sup>	0.8841
ubicación*fecha		ns	ns	ns	

Números seguidos de igual letra, observados en sentido vertical, no difieren significativamente (LSLeast Significant Difference 0.05)

#### Diámetro de fruto

Con respecto a la productividad, no se evidenciaron diferencias en peso de frutos entre el norte y el sur para cada fecha de lectura, respondiendo el crecimiento del fruto a una curva  $Y=a+b\ln(X)$  significativa correlación entre el crecimiento y las temperaturas medias durante el ciclo de cultivo (Figura 6a y b) con  $R^2$  superiores a 0.94. Ecuación similar fue estimada por Bruggink et al (1987) para describir el crecimiento y área foliar en función del tiempo.

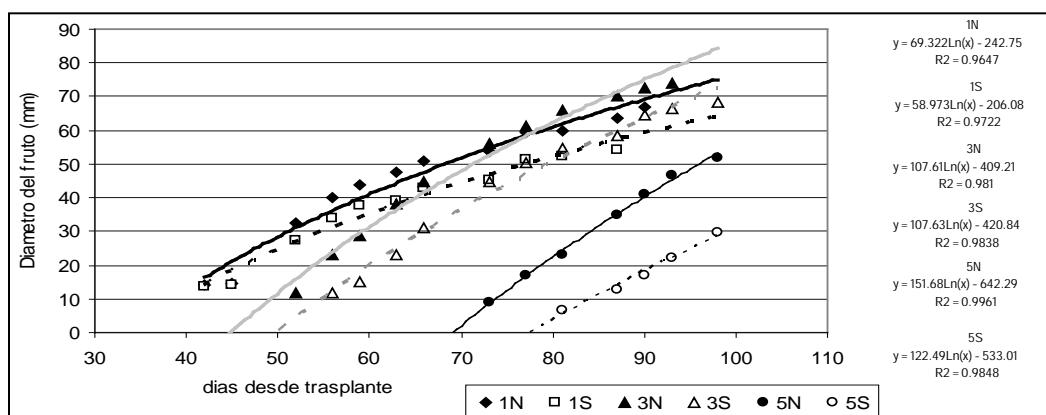


Figura 5. Evolución del diámetro del fruto en función de los días desde trasplante para los distintos racimos (1, 3 y 5) en el norte (N) y sur (S) del invernadero.

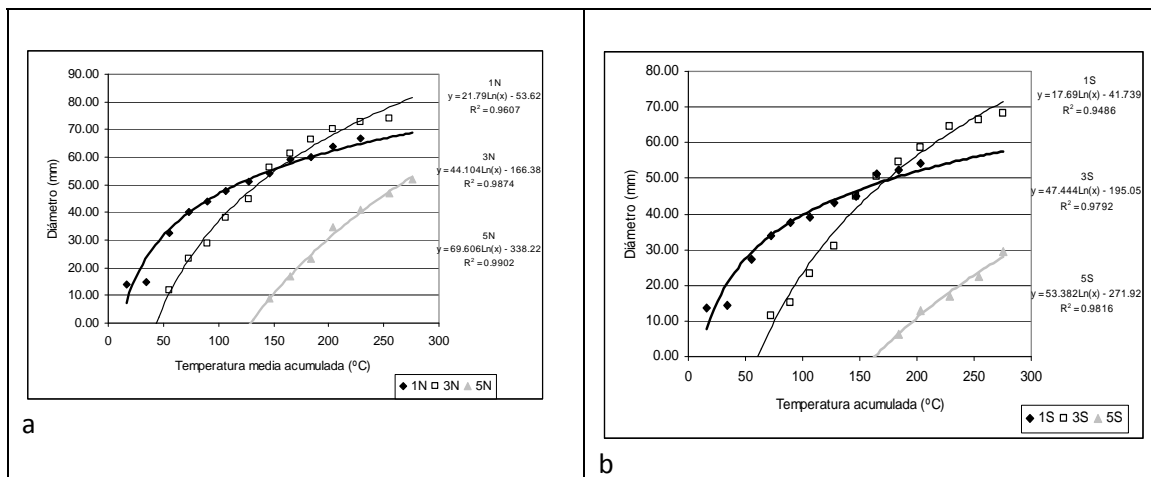


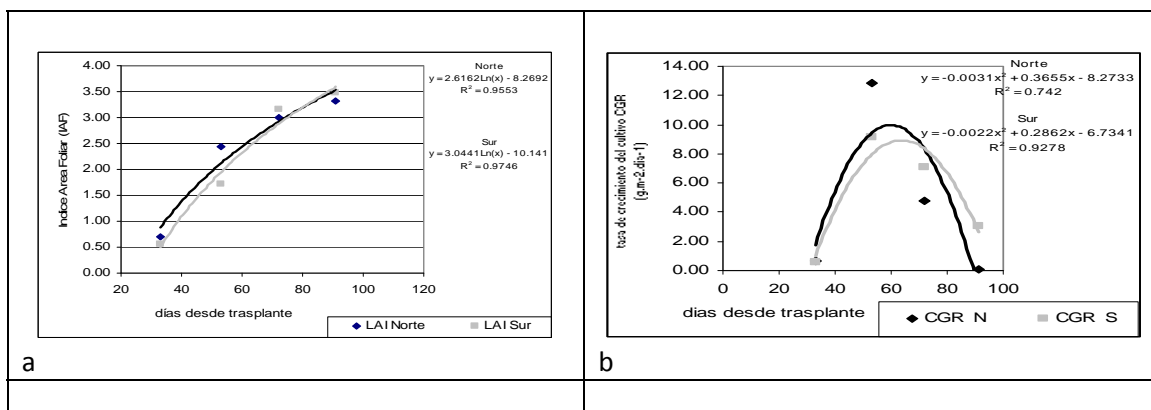
Figura 6. Crecimiento en diámetro de los frutos del 1º, 3º y 5º racimo de tomate en función de las temperaturas medias acumuladas para la ubicación norte (a) y sur (b) con sus respectivas regresiones matemáticas.

Al momento de concluida la experiencia los frutos del tercer racimo no habían logrado tamaño comercial ni estado de madurez comercial.

**Índice de área foliar (LAI), tasa de crecimiento del cultivo (CGR), Tasa de Asimilación Neta (NAR) y crecimiento en altura del cultivo.**

El índice el área foliar responde a una ecuación del tipo  $Y=a+bLn(x)$  (Bruggink 1987) en la cual Y: área foliar y X: días desde trasplante, no habiendo registrado diferencias significativas en el desarrollo del área foliar entre las ubicaciones norte y sur (Figura 7ª).

Para tasa de crecimiento del cultivo y tasa de asimilación neta la curva de regresión que se ajustó más a los datos respondió a una ecuación cuadrática  $Y=a+bx+cx^2$  siendo Y: tasa de acumulación neta y X: días desde trasplante. Los coeficientes de correlación para la tasa de crecimiento de cultivo, fueron  $R^2: 0.742$  y  $0.9278$  para los sectores norte y sur respectivamente y los de la tasa de asimilación neta  $0.6861$  para el sector norte y  $0.6944$  para el sur. Las plantas del sector norte acumularon mayor cantidad de peso seco en los primeros 50 días del ciclo, después de este momento la relación se invierte aunque la curva muestra una inflexión para las plantas ubicadas en los dos sectores del invernadero (Figura 7b). Este comportamiento se ve reflejado en el NAR el cual también a los 50 días después del trasplante la curva muestra un coeficiente negativo para el factor del exponente cuadrático (Figura 7c).





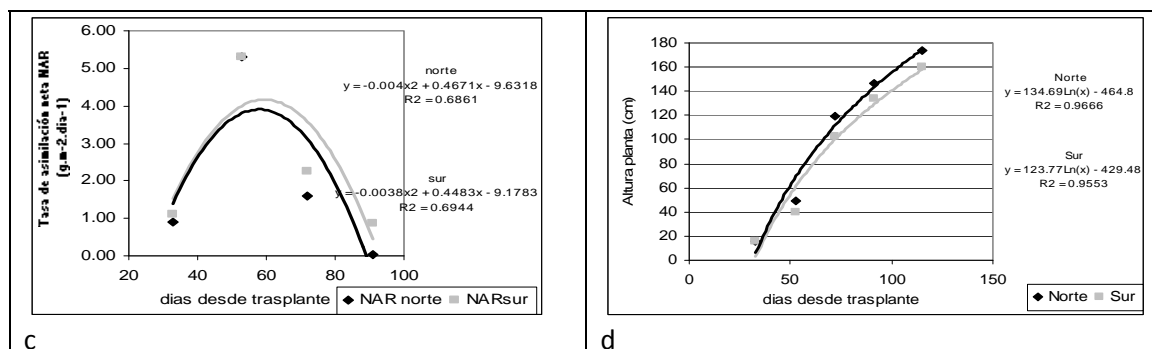


Figura 7. Índice de área foliar (a), tasa de crecimiento del cultivo (b), tasa de asimilación neta (c) y altura del cultivo (d) para las plantas del sector norte y del sector sur, en función de los días de cultivo desde trasplante.

Como se expresó en párrafos anteriores, existieron diferencias significativas respecto a la altura de las plantas con respecto a las ubicaciones norte o sur. Dicho crecimiento respondió a una curva  $Y=a+\ln(x)$  siendo Y: altura de las plantas (cm) y x los días desde cosecha (Figura 7d).

#### 4. Discusión

Los registros permiten afirmar que no existen gradientes de temperatura en el plano horizontal a 1m de altura dentro del invernadero que llevaran a suponer correcciones en el diseño para mejorar la calidad y productividad del cultivo de tomate conducido hasta el séptimo racimo. El gradiente de temperatura observado en el plano vertical comprometería la productividad de los racimos superiores, esto indica la necesidad de plantearse algún tipo de movilidad para permitir el despliegado del doble techo para facilitar un diseño con ventilación cenital. O, en forma alternativa, construir invernaderos con mayor elevación a la altura de canaletas.

El empleo de mulch, coincidiendo con datos aportados por otros autores (Ham, 1993), produce un notorio incremento de la temperatura a nivel de suelo durante el día (superior a 20°C) y 5-7°C durante la noche con respecto a la temperatura del aire interno, lo cual estimularía el desarrollo radicular, mayor producción de biomasa y rendimientos altos en el cultivo de tomate (Tarara, 2000).

En invernaderos no automatizados es difícil determinar cuáles son los factores medioambientales que afectan en mayor medida el desarrollo de un cultivo. Teniendo en cuenta los numerosos trabajos existentes se puede afirmar que luz y temperatura juegan los principales roles sobre los procesos biológicos de los vegetales (de Koning 1988 Araki, 2000) por otra parte dentro de la estructura de invernadero del presente trabajo las variaciones no producirían respuestas diferenciales entre el sector norte y el sur pero las condiciones de clima extremas registradas al comienzo y al final de la experiencia, podrían comprometer el desarrollo y el rendimiento del cultivo.

El incremento de temperatura promueve el desarrollo del vegetal y la actividad metabólica de los frutos aumentando el tamaño de los mismos (Pearce, 1993), esto explicaría el menor tamaño de los frutos del primer racimo los cuales cuajaron en un momento de bajas temperaturas. El período de cultivo coincidió con el aumento de temperatura medioambiental lo cual sería la causa de un mayor crecimiento del fruto que, según de Koning (1989), se traduce en una disminución de la tasa de crecimiento vegetativo.

Existe una correlación entre el índice de área foliar y la materia seca de la parte aérea y los días desde trasplante que concuerda con los resultados obtenidos a partir de modelos simplificados de crecimiento de tomate (Jones, 1999).

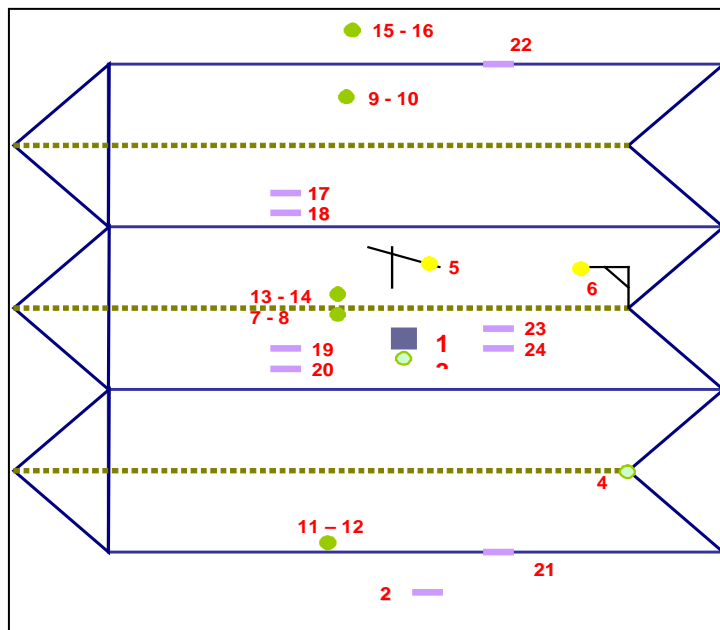
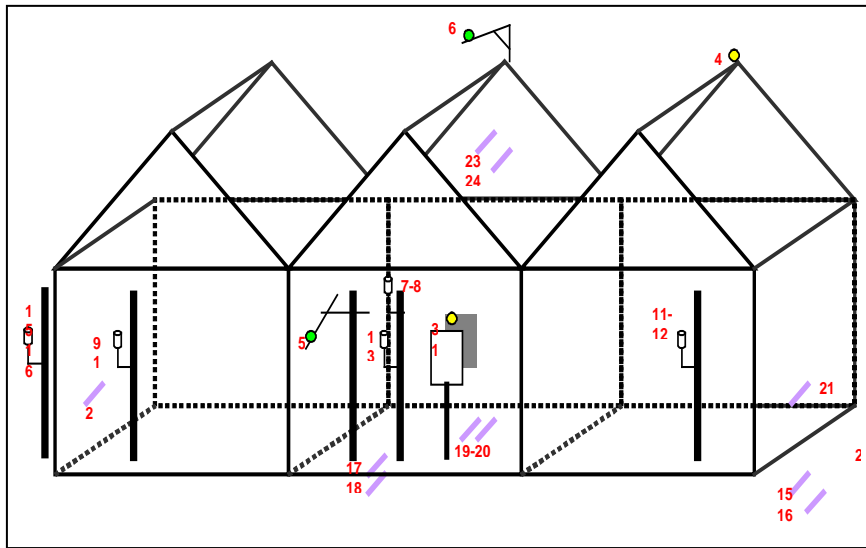
El crecimiento de los frutos, descrito en este trabajo como una función lineal del tipo  $y=a+b\ln(x)$  responden al modelo planteado por de Koning. (2000) quien concluye que la temperatura es el principal factor en la determinación de la duración del período de crecimiento de los frutos, acortándose el mismo a medida que aumenta la temperatura.

## 5. Bibliografía

- Araki, T., Gitano.M. and H. Eguchi. 2000 Dynamics of fruit growth and photoassimilate translocation in tomato plant under controlled environment. *Acta horticulturae* 534. ISHS. 85-92
- Bailey,B.J. 1984. Limiting the relative humidity in insulated greenhouse at night. *Acta Horticulturae*. 148. Pp 411-419
- Bot, G.P.A. 1983. Greenhouse climate: from physical processes to a dynamic model. PhD. Dissertation. Agric. Univ. Wageningen
- Bruggink,G.T. and E. Heuvelink. 1987. Influence of Light on the Growth of Young Tomato, Cucumber and Sweet Pepper Plants in the Greenhouse: Effects on Relative Growth Rate, Net Assimilation Rate and Leaf Area Ratio. *Scientia Horticulturae*, 31, 161-174
- Castilla, N., Lorenzo, P., Montero, J.I., Fereres, E., 1988 Alternative greenhouses for mild winter areas of Spain. *Acta Horticulturae* 245, pp: 63-70.
- Castilla N 1998 Condiciones ambientales en invernaderos no climatizados. Tecnología de Invernaderos II. Curso Superior de Especialización. F.I.A.P.A. Pérez Parra y Cuadrado Gómez Ed.
- Cockshull, K.E., 1988 The integration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate. *Acta Horticulturae* 229, pp: 113-121.
- De Koning, A.N.M. 2000. The effect of temperature fruit load and salinity on development rate of tomato fruit. Proc. XXV IHC. Part 9. *Acta horticulturae* 519. ISHS. 85-93
- de Koning, A.N.M. de. 1989. The effect of temperature on fruit growth and fruit load of tomato. *Acta Horticulturae*. 248, 329-336.
- De Koning, A.N.M. 1988. The effect of different day/night temperature regimes on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science*. 63 (3) 465-471
- Grange, R.I. and J. Andrews. 1993. Growth rates of glasshouse tomato fruit in relation to final size. *Journ. Hort. Scie*. 68 (5):747-754
- Grange, R.I. and J. Andrews. 1995. Respiration and growth of tomato fruit. *Plant cell and environment*. 18:8, 925-930.
- Ham, J.M, Kluitenberg, G.J. and W.J. Lamont. 1993. Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime. *Journal Amer. Soc. Hort. Sci*. 118 (2):188-193.
- Hwa-sung Cheng, P., Gap-Chae Cheng and Soon-Ju. 1977. Environmental factors in the plastic house and their effects on the physiology and ecology of vegetables crops. *Theses of Chonnam Univ*. Vol.23.
- Iglesias, N. y M Frattini. 1996. Los invernáculos del Alto Valle: relevamiento de las estructuras y análisis económico de las principales alternativas. *Actas IV Congreso Argentino y II Internacional de Ingeniería Rural- Neuquén. Argentina. Tomo II- (817-822)*
- Jones, J.W., Kening, A. and C.E. Vallejos. 1999. Reduced state-variable tomato growth model. *Transaction of the ASAE*. Vol. 42(1):255-265
- Montero, J. I. and A. Antón. 1993. Tecnología del invernadero. Curso de Tecnología de la Horticultura Protegida. INTA-UBA. Carpeta 220 pp
- Montero, J.I. Antón, A. and P. Muñoz. 1998. Fundamentos. Tecnología de Invernaderos II. Curso Superior de Especialización. Perez Parra, J. Ed. 254-266

- Muñoz, P. Antón, A. and J.I. Montero. 1998. Estructuras de invernaderos, Tipología y materiales. En tecnología de Invernaderos II. Curso Sup. De Especialización. Perez Parra, Cuadrado Gomez Ed. Cap III: 65-99
- Pearce, B.D., Grange R.J. and K. Hardwick. 1993. The growth of young tomato fruit. I. Effects of temperature and irradiance on fruit grown in controlled environments. *Journal of Horticultural Science* 68(1)1-11
- SAS Institute, Inc. 1985. SAS User's guide: Statistics. 5<sup>th</sup> Edition. SAS Inst., Inc. Cary, NC.
- Schoch, P.G., L'Hotel, J.C. and B. Brunel. 1990. Increase in diameter of stem in tomato: effects of light and of the night temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*. 50:3, 229-238
- Tarara, J.M. 2000. Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience*. Vol 35 (2). 169-180
- Urban L 1997 Introduction à la production sous serre. Tome 1 : La gestion du climat. Lavoisier Tec&Doc. Paris.
- Yao, C., Moreshet, S. Aloni, B. and L. Karni. 2000. Effects of climatic factors and water stress on the diurnal fluctuation in diameter of bell pepper fruit. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 75 (1)6-11

**Anexo 1**-Esquema del invernadero y ubicación de los sensores (el diseño no responde a escalas de la realidad)



Vista en perspectiva y en planta de la ubicación de los sensores en el invernadero

Referencias:

1 – Termistor 2 – Tº suelo externa 0.15m 3 – Radiación total interna 4 – Radiación total externa 5-Radiación neta interna 6 – Radiación neta externa 7 – Tº aire centro 2m 8 – HR centro 2m 9 – Tº aire sur 10 – HR sur 11 – Tº aire norte 12 – HR aire norte 13 – Tº aire centro 1m 14 – HR suelo centro 1m 15 – Tº aire externa 16 – HR externa 17 – Tº suelo interna 10cm 18 – Tº suelo interna 5cm 19 – Temperatura bajo mulch 20 – Temperatura sobre mulch 21 – Tº pared norte 22 – Tº pared sur 23 – Tº cara interna techo externo 24 – Tº cara interna techo interno

## ANEXO II

### Trabajos publicados y/o expuestos relacionados con los resultados de estas experiencias

1. Iglesias N. Raffo D. y A. Muñoz. 2003 Crecimiento vegetativo y fructificación diferencial de los racimos de tomate (*Lycopersicum esculentum*) en un cultivo primicia en invernadero. Revista Horticultura Argentina Vol 20/22- Nº 49/52:40
2. Iglesias, N. 2006. Calidad en tomates para consumo fresco: Color y sabor. Revista Fruticultura & Diversificación. 12 (49): 44-47
3. Iglesias N. Raffo D. y A. Muñoz. 2003 Crecimiento vegetativo y fructificación diferencial de los racimos de tomate (*Lycopersicum esculentum*) en un cultivo primicia en invernadero. Actas XXVI Congreso Argentino de Horticultura. ASAHO. Paraná. Revista Horticultura Argentina Vol 20/22- Nº 49/52:40
4. Iglesias, N. Muñoz, A. 2004. Evaluación de la productividad y principales causas de descarte del cultivo de tomate bajo invernadero en el ciclo primavera-estival. XXVII Congreso Argentino de Horticultura. ASAHO. Merlo. Rep. Argentina.
5. Iglesias, N.; Raffo, D. Tassile, V. 2005. Estimación del área foliar de tomate utilizando métodos no destructivos a partir de mediciones de la hoja. Actas XII Congreso Latinoamericano de Horticultura y XXVIII Congreso Argentino de Horticultura. ASAHO. (pp 165)
6. Iglesias, N.; Raffo, D. 2005. Arquitectura de la planta de tomate de crecimiento indeterminado y capacidad de intercepción de luz de los distintos estratos foliares. Actas XII Congreso Latinoamericano de Horticultura y XXVIII Congreso Argentino de Horticultura. ASAHO. (pp 167)
7. Iglesias, N. 2006. Evaluación del comportamiento agronómico y principales causas de descarte del cultivo de tomate primicia bajo invernadero, en el Alto Valle de Río Negro. Actas XIX Congreso Argentino de Horticultura ASAHO.
8. Iglesias, N.; Curetti, M.; Romitelli, M. 2006. Evaluación del momento de poda de retención del crecimiento sobre el rendimiento y la calidad de la producción en tomate primicia bajo cubierta. Actas XIX Congreso Argentino de Horticultura ASAHO.
9. Iglesias, N.; Mañueco, L.; Roma, F. 2010. Producción diferencial de estratos productivos de tomate de crecimiento indeterminado en un cultivo primicia bajo invernadero. a) Producción de los distintos estratos. XXXIII Congreso Argentino de Horticultura. Rosario. Santa Fe. Actas Congreso Pag. 308
10. Iglesias, N.; Mañueco, L.; Roma, F. 2010. Producción diferencial de estratos productivos de tomate de crecimiento indeterminado en un cultivo primicia bajo invernadero. b) Respuesta productiva a la acumulación de temperatura y radiación fotosintéticamente activa (PAR). XXXIII Congreso Argentino de Horticultura. Rosario. Santa Fe. Actas Congreso Pag. 309
11. Iglesias.N. 2012. Rendimiento de los distintos racimos y respuesta productiva a la acumulación de temperatura y radiación fotosintéticamente activa (PAR) de cultivares de tomate producidos bajo cubierta. 1º Jornada nacionales de Tomate fresco. 15-16 mayo 2012. Gorina. Partido de La Plata.



Presidencia  
de la Nación

Ministerio de  
Agricultura,  
Ganadería y Pesca

