

ISSN 0104-1347

Influencia de invernaderos sobre la temperatura estival en el cinturón hortícola platense

Influence of greenhouses typology on summer temperature in the platense horticultural belt.

Mariana Garbi^{1,5}, Maria Cecilia Grimaldi^{2,5}, Susana B. Martínez^{3,5} y Alejandra Carbone^{4,5}

Resumen - Con el objetivo de evaluar las modificaciones causadas por los invernaderos sobre las temperaturas máximas, medias y mínimas del aire durante el mes de enero en La Plata, Argentina, se registró durante seis años y en estructuras de tipo capilla, parral y parabólica, la temperatura interna a 1,50m sobre el nivel del suelo, utilizando una estación automática Davis perception II con registro cada 30 minutos. Los datos se compararon con las temperaturas diarias externas para los períodos considerados. El mayor efecto de las coberturas se observó sobre la temperatura máxima del aire, con valores medios que superaron en 3°C a 14°C a las temperaturas máximas externas. Las temperaturas medias en el interior de los invernaderos también se diferenciaron estadísticamente de las registradas en el exterior. Con respecto a las temperaturas mínimas medias, estas no se diferenciaron estadísticamente de las externas. No obstante se observa en los registros diarios diferencias de hasta 8°C ocurriendo "inversión térmica" en algunos momentos. Las estructuras "tipo capilla" con abertura cenital fueron las que presentaron mejor ventilación natural.

Palabras clave: temperatura máxima, temperatura mínima, cultivo protegido.

Abstract - To study modifications caused by greenhouses on thermal regime in January in La Plata (34°58'S; 57°54'W), Argentine; maximum, minimum and mean air temperature were registered inside chapel, parral and parabolic greenhouses type, at six different years. Temperature inside greenhouse were measured with a Davis Perception II at 1.50m recording data every 30 minutes. Data were compared with outside (open field) daily temperatures for the same periods. The greatest effect of greenhouses was observed on maximum air temperatures, with mean values around 3°C to 14°C higher than outside maximum temperature. Inside mean temperature also were statistical different from outside ones. Minimum mean temperature did not show significant differences compared to outside ones, although daily values differed in 8°C, occurring thermal inversion during some periods. The greenhouses like "chapel" with zenith opening had the best natural ventilation.

Introducción

El cultivo en invernáculo es una práctica tradicional en el ámbito productivo del cinturón verde de Buenos Aires. En la actualidad, el sector hortícola

es el que presenta el mayor nivel de utilización de cultivos protegidos. En el partido de La Plata, los horticultores se inician en la década del '80 con la adopción de esta técnica en sus explotaciones, con naves de 6 - 6,50m formando módulos de 3 o 4

¹Ing. Agr. Departamento de Biología y Ecología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Av. 60 y 119. CP 1900. La Plata, Argentina.

²Ing. Agr. Becaria de Formación Superior en la Investigación. Departamento de Biología y Ecología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.

³Ing. Agr. Profesora Adjunta de Climatología y Fenología Agrícola. Departamento de Biología y Ecología.

⁴Lic. Botánica. Departamento de Biología y Ecología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales- INFIVE. Universidad Nacional de La Plata.

invernáculos con un largo variable de 40 a 90m. Las estructuras predominantes son de madera blanda y polietilenos de 100 y 150 μ_m de espesor (BENENCIA, 1994).

Si bien los invernaderos permiten incrementar la productividad del cultivo a través de la generación de un ambiente más controlado, desde el punto de vista térmico pueden presentar un comportamiento poco satisfactorio. En las estructuras más comunes de la región en estudio, las condiciones de temperaturas extremas pueden limitar los procesos de crecimiento y desarrollo de los cultivos si consideramos los valores térmicos más significativos para las especies cultivadas que son las temperaturas extremas, mínima y máxima y óptima diurna y nocturna (TESI, 1974). Durante el período estival, la diferencia que existe entre el tamaño de las estructuras y las aberturas para ventilación puede provocar la ocurrencia de temperaturas superiores a 40°C en el interior (MARTÍNEZ, 1994). En estas circunstancias, el invernadero se convierte en una estructura que perjudica al cultivo e impone condiciones de trabajo rigurosos para los agricultores. Por otro lado, en los meses fríos, la temperatura mínima suele ser similar e incluso inferior a la exterior (BURIOL *et al.*, 1993; MONTERO & ANTON, 1994b).

El régimen térmico del invernadero está relacionado con las modificaciones que éste produce sobre el balance energético, para cuyo cálculo debe considerarse el aporte de energía de la radiación solar global que llega al interior, el calor transferido desde la cubierta hacia el interior por convección, la energía transferida hacia el exterior por la ventilación y la energía utilizada en la evapotranspiración (MONTERO & ANTON, 1994b; CAMACHO *et al.*, 1995; MATA LLANA GONZALEZ *et al.*, 1982).

Lo antedicho pone de manifiesto la importancia de las características constructivas de las coberturas, además de las condiciones meteorológicas imperantes al considerar la utilización de invernaderos para crear condiciones ambientales más propicias para el desarrollo de los cultivos. Por este motivo, este trabajo tiene como objetivo evaluar las modificaciones causadas por las coberturas plásticas sobre las temperaturas máximas, medias y mínimas del aire para el mes de enero en la zona de La Plata.

Material y Método

Las experiencias fueron realizadas durante cinco años en La Plata (34° 58'S; 57° 54'W), Buenos

Aires, Argentina, en invernaderos cubiertos con polietileno de 150 μ_m con cultivo de tomate transplantado en octubre. Las estructuras variaron su tipología entre los años de ensayo, conforme se especifica a continuación:

1° Año agrícola 1995: cobertura tipo capilla sin ventilación cenital de 6 m de ancho; 50m de largo; 3m de altura en la cumbre; con orientación Este-Oeste.

2° Año agrícola 1996: cobertura tipo parral sin ventilación cenital de 12m de ancho; 60m de largo; 5m de altura en la cumbre; con orientación Este-Oeste.

3° Año agrícola 1998: cobertura tipo parabólico sin ventilación cenital de 12 m de ancho; 50 m de largo y 3m en la cumbre; con orientación Este-Oeste,

4° Año agrícola 1999: cobertura tipo parral con doble abertura cenital de 21 m de ancho; 80 m de largo; 6 m de altura en la cumbre; con orientación Este-Oeste

5° Año agrícola 2000: cobertura tipo capilla con ventilación cenital de 6 m de ancho; 60m de largo; 3m de altura en la cumbre; con orientación Norte-Sur

6° Año agrícola 2001: cobertura tipo capilla con ventilación cenital de 6 m de ancho; 60m de largo; 3m de altura en la cumbre; con orientación Norte-Sur

En cada una de los años de estudio, se computaron durante el mes de enero las temperaturas máximas, medias y mínimas diarias del aire a 1,50m de altura en abrigo meteorológico ubicado en la parte central del invernadero. Se utilizó una Estación Automática Davis, Perception II, con registro de datos cada 30 minutos y una precisión de 0,1 °C. Los datos diarios de temperaturas externas para los mismos periodos considerados fueron proporcionados por el Observatorio de la Universidad Nacional de La Plata, distante 20 km del campo de ensayos.

Las características generales del mes de enero en La Plata pueden resumirse en los siguientes valores (valores normales para el período 1981/1990): temperatura máxima media: 29,4°C; temperatura mínima media: 18°C; humedad relativa: 75%; heliofanía efectiva: 8,9 horas; velocidad media del viento: 17km/h; dirección predominante del viento: este

Para el análisis de los datos se procedió a comparar en cada uno de los años de estudio, la diferencia existente entre las temperaturas registradas en el interior de cada cobertura y el ambiente exterior, realizándose el análisis de la varianza para datos enteramente al azar. También fueron calculadas y graficadas las diferencias diarias entre las temperaturas internas y externas.

Resultados y Discusión

La temperatura del aire en el interior de los invernaderos difiere de la temperatura externa y es dependiente del tamaño del invernadero, del volumen de aire contenido y su grado de estanqueidad así como del balance de radiación con el medio exterior (CAMACHO et al., 1995; MUÑOZ, 2000).

Las seis campañas evaluadas presentaron un patrón similar en cuanto al régimen térmico interno, independientemente de los valores alcanzados por las temperaturas en cada caso en particular (Tabla 1).

La temperatura máxima del aire fue la más influenciada por el efecto de las coberturas. Este fenómeno fue observado en distintos tipos de estructuras, atribuyéndose al limitado volumen de aire que debe calentarse dentro del ambiente generado por las coberturas y al efecto protector que éstas ejercen impidiendo el enfriamiento del aire por la acción renovadora del viento (CAMACHO et al., 1995; FARIAS et al., 1993; VIANA et al., 2001). Los valores medios permiten observar que la temperatura máxima interna se incrementa en 3°C a 14°C respecto a la externa. Valores similares fueron reportados para un invernadero tipo túnel, en el que la temperatura má-

xima interna en los meses de primavera superaba en 2°C a 10°C a la registrada al aire libre (CAMACHO & ASSIS, 1994). De la observación de los valores diarios en los seis años evaluados (Figura 1) surge que en los años agrícolas de 1995, 1998 y 1999, las diferencias ocurridas superaron ampliamente a los valores medios citados. Esta discrepancia puede deberse a las características constructivas de las coberturas utilizadas así como al nivel de radiación incidente, dada la estrecha relación existente entre ésta y la temperatura (FARIAS et al., 1993). No obstante en las estructuras tipo capilla con abertura cenital (2000/2001), las temperaturas máximas registradas en el interior tuvieron menor diferencia con respecto a las externas esto pudo deberse a la acción combinada de ventanas laterales y cenitales con las que se logra una máxima renovación del aire (MONTERO & ANTON, 1994a). Sin embargo el efecto de la ventilación sobre la temperatura máxima no se observó en el invernadero tipo parral con doble abertura cenital (año 1999), lo que pudo deberse a una relación inadecuada entre el tamaño de las aberturas cenitales y el volumen de aire a renovar.

Las temperaturas mínimas registradas dentro de las coberturas no presentaron diferencias significativas respecto a las del exterior, comportamiento que también fue observado en otros ensayos. Ello es debido a que las temperaturas mínimas generalmente ocurren durante la noche, siendo el momento en que se producen las pérdidas de radiación provocadas por la emisión del suelo y de las plantas a través del polietileno, que presenta una alta transparencia a la radiación de onda larga (BURIOL et al., 1993; FARIAS et al., 1993; CAMACHO & ASSIS, 1994). En general, la mayor parte de los días se registraron valores mayores de temperatura mínima en el interior

Tabla 1. Valores medios de temperatura máxima, media y mínima en el interior y exterior de coberturas plásticas para el mes de enero en La Plata

Año agrícola	Temperatura máxima		Temperatura media		Temperatura mínima	
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior
1995	38.3 **	29.6	26.7 **	22.3	15.1 ns	15.1
1996	42.8 **	30.8	30.0 **	24.2	17.2 ns	17.6
1998	41.0 **	26.1	27.8 **	20.5	14.5 ns	15.0
1999	40.8 **	26.5	27.6 **	20.7	14.4 ns	15.0
2000	3.3 *	30.3	25.6 *	24.1	18.0 ns	17.9
2001	7.9 **	28.7	27.6 **	22.9	17.2 ns	17.2

** diferencia altamente significativa ($p < 0,01$)

* diferencia significativa ($p < 0,05$)

ns diferencia no significativa

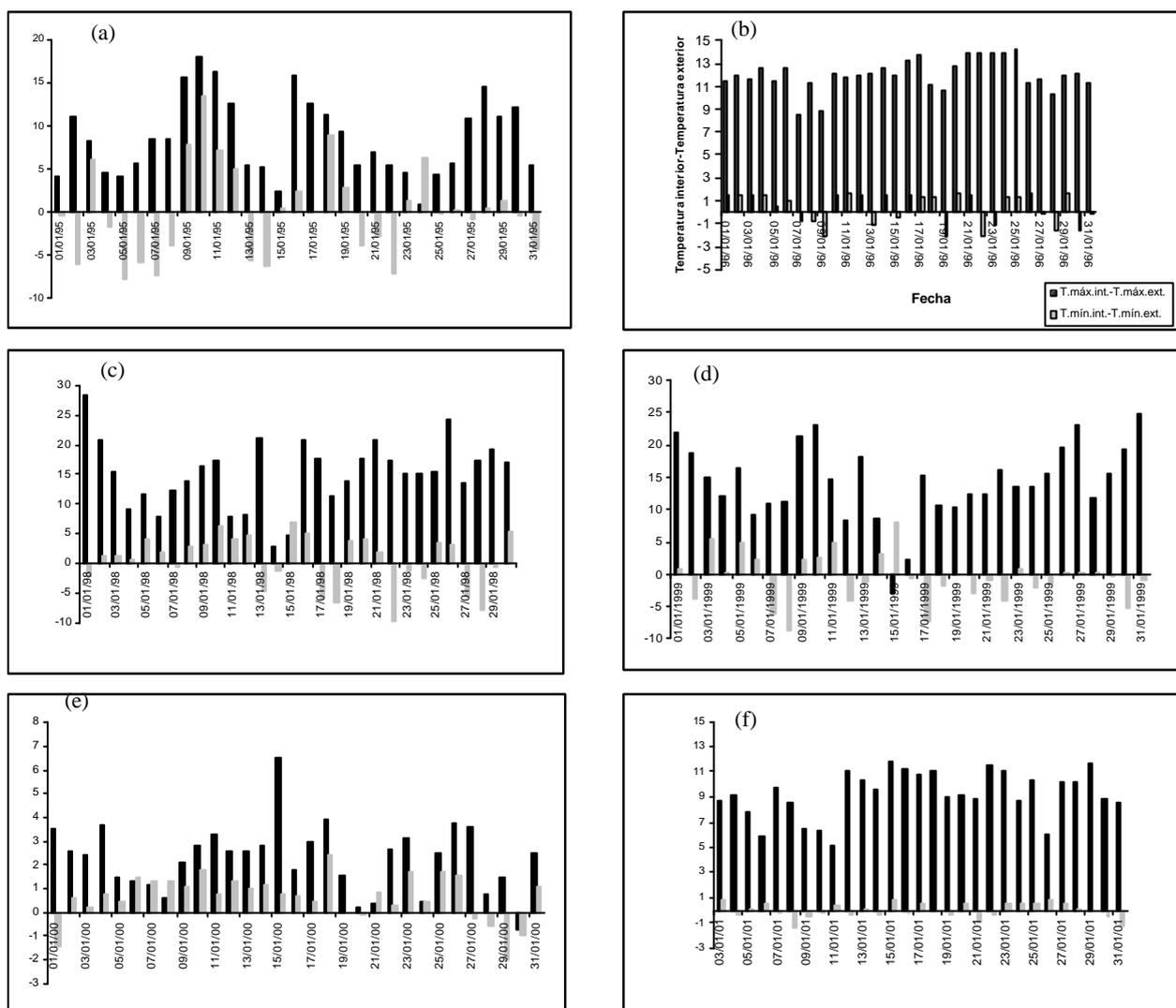


Figura 1. Diferencia de temperatura máxima y mínima interna y externa para el mes de enero en La Plata en los años agrícolas de 1995 (a), 1996 (b), 1998 (c), 1999 (d), 2000 (e) y 2001 (f).

del invernadero llegándose a un caso extremo de 7°C más que en el exterior. FARIAS et al (1993) hallaron diferencias de $1,1^{\circ}\text{C}$ y BURIOL et al (1993) hallaron diferencias de 1 a 3°C más en las temperaturas mínimas interiores. Probablemente la latitud, la época del año, la precisión del instrumental meteorológico, las condiciones meteorológicas del ambiente externo y las características del invernadero justifiquen las diferencias encontradas respecto de las temperaturas mínimas. En determinados períodos las temperaturas mínimas en el interior fueron inferiores a las del ambiente exterior. Este fenómeno conocido como “inversión térmica” ha provocado diferencias de hasta 8°C menos dentro del invernadero. Esta situación se verifica en noches con vientos fuertes o en noches frías, despejadas y sin viento en las que se forma una

capa de condensación en la superficie interna del plástico que aumenta las pérdidas radiativas desde el interior (CAMACHO, 1995; BURIOL et al., 1993). CANDURA et al (1993), trabajando con cobertura de polietileno y con cobertura de EVA durante el período invernal, hallaron que el fenómeno de inversión térmica se producía con ambas coberturas en las noches de cielo límpido y despejado. Si bien las condiciones de este trabajo se presentan durante el verano, este fenómeno pudo deberse a la influencia de las propiedades de los materiales plásticos de cobertura de diferente vida útil.

Las temperaturas medias en el interior se diferenciaron estadísticamente de las registradas en el exterior. VIANA et al (2001) hallaron que la temperatura media del aire en el interior del ambiente

protegido fue superior a la externa en un 4,54%, no especificando cual fue la temperatura en °C alcanzada y atribuyéndolo a la contención de los movimientos convectivos por la cobertura plástica cuyo efecto es más pronunciado durante el día.

Referencias Bibliográficas

- BENENCIA, R.; CATTANEO, C.A.; FERNÁNDEZ, R. Cultivos hortícolas bajo invernáculo en el cinturón verde de Buenos Aires. Difusión, consecuencias y perspectivas. **Acta Horticulturae**, Buenos Aires, n. 357, p. 210-235, 1994.
- BURIOL, G.A. et al. Modificação na temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 43-49, 1993.
- CANDURA, A.; SCARASCIA MUGNOZZA, G.; RUSSO, G. Modello di bilancio energetico notturno di tunnel freddi. **Colture Protette**, Bologna, v. 22, n. 2, p. 93-99, 1993.
- CAMACHO, M.J.; ASSIS, F.N. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa em Pelotas, RS. In: CONGRESO ARGENTINO, 17., Y CONGRESO LATINOAMERICANO DE HORTICULTURA, 6., 1994, Huerta Grande, **Resúmenes.....**, Huerta Grande: Asociación Argentina de Horticultura, 1994. 158 p.p. 18.
- CAMACHO, M.J. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 19-24, 1995.
- FARIAS, J.R. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993.
- MARTÍNEZ, P. F.. The influence of environmental conditions of mild winter climate on the physiological behaviour of protected crops. **Acta Horticulturae**, Buenos Aires, n. 357, p. 29-48, 1994.
- MATALLANA GONZALEZ, A. **Puesta a punto de técnicas para la evaluación de los parámetros más significativos en el balance energético de los invernaderos**. Madrid, España: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias/ Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación., 1982, p. 30. (Comunicaciones INIA, Serie Tecnológica n. 6).
- MONTERO, J.I., ANTÓN, A. Evolución tecnológica de los invernaderos españoles. **Acta Horticulturae**, Buenos Aires, n. 357, p. 15-26, 1994a.
- MONTERO, J.I.; ANTÓN, A.. Greenhouse cooling during warm periods. **Acta Horticulturae**, Buenos Aires, n. 357, p. 49-60, 1994b.
- MUÑOZ, P.: **Aplicación de fundamentos teóricos para el control del ambiente de la producción hortícola bajo cubierta**. La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2000. 108 p. Disertación (Mestrado) - Curso de Post-grado en Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales/ Universidad Nacional de La Plata, 2000.
- VIANA, T.V.A. Mensurações dos efeitos da cobertura plástica de PEBD sobre a temperatura do ar utilizando sistemas automáticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12, 2001, Fortaleza, **Resúmenes...**, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. 938 p. p. 303-304.