

Unos sistemas con costes bajos y aptos para el clima mediterráneo

EL CLIMA EN LOS "INVERNADEROS" DE ALMERIA

Es posible una expansión en condiciones favorables de clima y agua

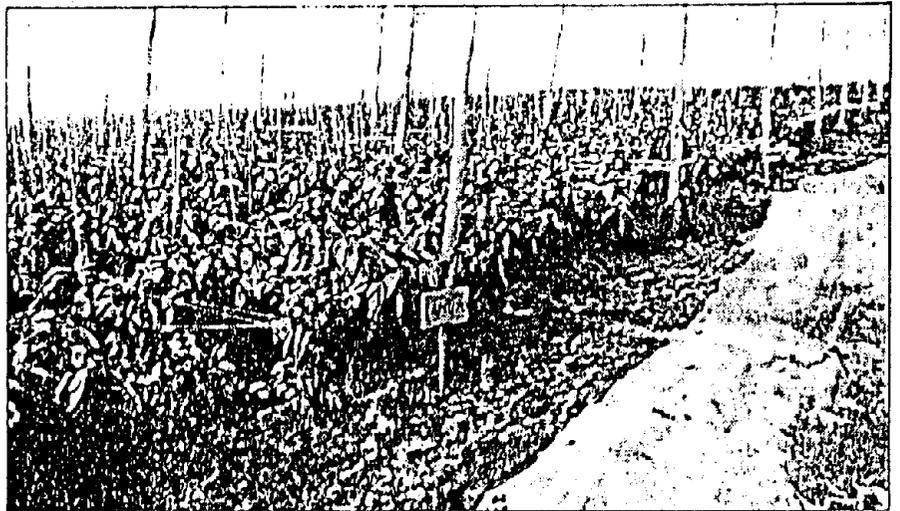
J.I. Montero; N. Castilla;
E. Gutiérrez de Rave y F. Brotones

1. INTRODUCCION

Durante los últimos 20 años los invernaderos se han extendido por toda la costa mediterránea. En Almería se halla la mayor concentración, con más de 10.000 Ha de cultivos protegidos bajo abrigo de plástico, usualmente llamados invernaderos.

Debido a la suavidad térmica de los inviernos, se utilizan invernaderos de estructuras muy simples, con pilares de madera de eucalipto o de tubo de acero galvanizado y alambres que, además de anclar el invernadero al terreno, sujetan a una lámina de polietileno contra los ataques del viento. La gran mayoría de invernaderos no cuenta con calefacción de ningún tipo.

A continuación se describe el microclima existente en uno de estos invernaderos de 25 metros de largo y 22 de ancho, con eje longitudinal en dirección Este-Oeste, altura de laterales de 2 metros y de 3,5 metros en cumbre y recubierto con una lámina de polietileno térmico o termoaislante de 0,2 mm de espesor. La ventilación es del tipo pasivo y se lleva a cabo abriendo las bandas laterales; estas 2 ventanas laterales están cubiertas de malla mosquitera. Los datos meteorológicos se registraron en la Estación Experimental "Las Palmerillas", de la Caja Rural Provincial de Almería, situada en El Ejido. Las temperaturas se midieron con sensores RTD, la radiación solar se midió con dos piranómetros Eppley, la velocidad del viento con anemómetro de cazoletas y la evaporación diaria en dos tanques de la clase A.



Invernadero "Clásico" tipo parral con cultivo de pimientos

Tabla 1.- Medias mensuales de los recorridos diarios de viento y de rachas máximas del mes. Campaña Agrícola 1.982-83

MES	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
Recorr. Medio	205,5	228,4	215,6	197,9	199,5	225,6	421,8	259,5	214,8	222,3	239,3	185,--
Racha Máxima	20	24	22,7	18	17	25	22	19,1	16,2	15,8	16,8	16,1
Dirección racha	253	53	240	74	250	249	262	248	247	224	238	251

Recorrido medio.-km/día

Racha Máxima- m/s

Dirección racha: 0° Norte, 90° Este, 180° Sur, 270° Oeste.

2. DATOS METEOROLOGICOS

2.1. Viento

El viento es el primer factor a tener en cuenta para describir el clima de Almería. Es casi imposible el cultivo de cualquier especie sin algún tipo de cortavientos. Además de aumentar la temperatura, los invernaderos protegen las plantas de daños ocasionados por el viento.

La tabla 1 muestra el recorrido medio mensual y las rachas máximas registradas durante el periodo octubre 1982-septiembre 1983. Los vientos dominantes vienen del Oeste-Sudoeste o del Este. La velocidad máxima de ese periodo fue de 25 m/sg., siendo estas rachas e, incluso, otras más fuertes muy comunes en la zona.

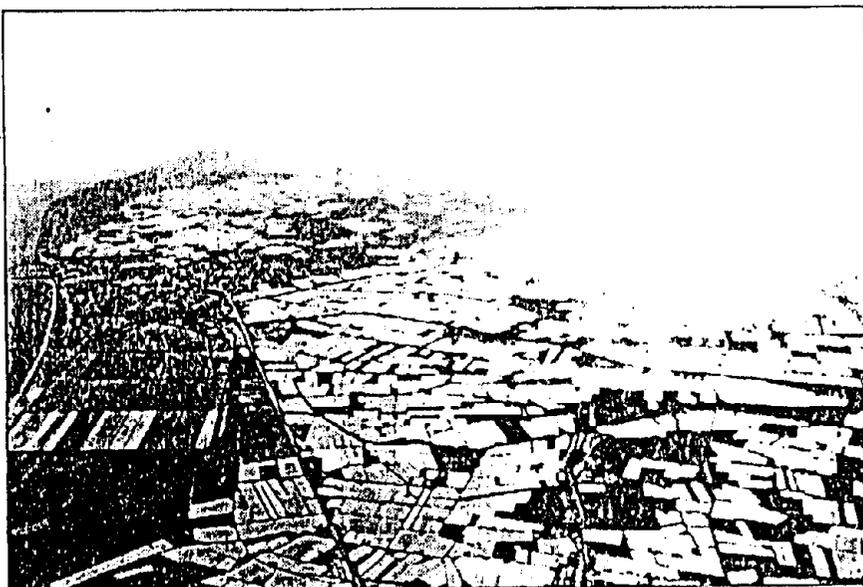


Foto Aérea en la que se muestra la densidad de Invernaderos. (Foto: Centro de Representaciones Aéreas).

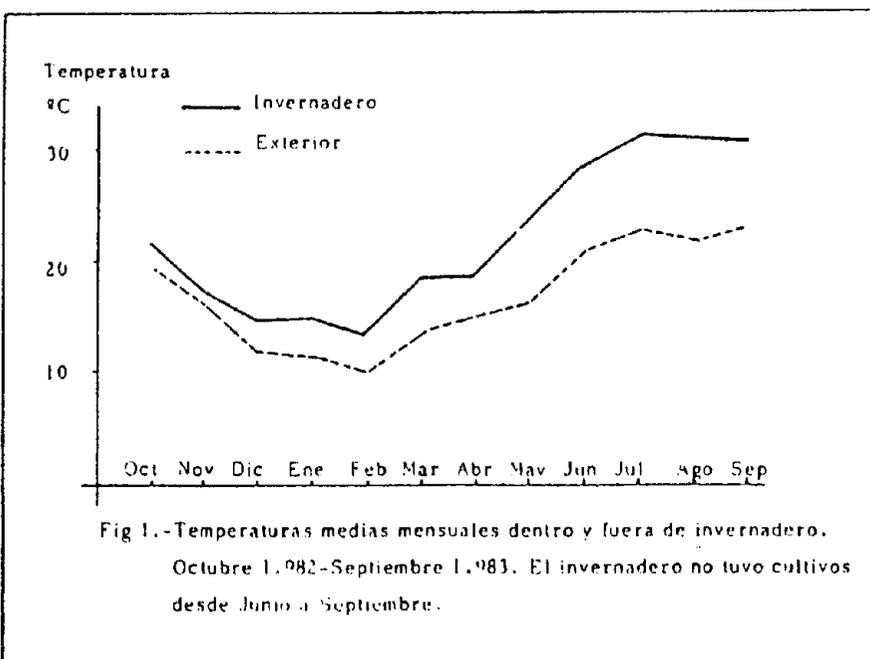


Fig 1. - Temperaturas medias mensuales dentro y fuera de invernadero. Octubre 1.982-Septiembre 1.983. El invernadero no tuvo cultivos desde Junio a Septiembre.

que debería ser estudiado. Sin embargo, por observaciones aisladas, con frecuencia una planta dentro de un invernadero recibe menos radiación neta que una planta fuera del invernadero, pues la cubierta refleja y absorbe parte de la radiación solar y transmite parte de la radiación infrarroja.

Las temperaturas dentro de invernadero no son las óptimas para cultivos hortícolas. Durante los meses más fríos se frena el crecimiento de las plantas, ya que las medias de las mínimas oscilan entre 7 y 9°C. La mínima temperatura del periodo que nos ocupa fue de 2.8°C dentro del invernadero (febrero) y de 2°C en el exterior.

Por otra parte, los cultivos sufren con frecuencia de exceso de calor. La ventilación es necesaria incluso en diciembre, pues las máximas alcanzan los 30°C. El cultivo bajo plástico alcanza condiciones extremas en los meses de verano en los que es fácil medir temperaturas superiores a los 40°C (se registraron 44°C en julio en un invernadero sin plantas); re-

2.2. Temperatura

Dentro de un invernadero de polietileno sin calefacción, la temperatura del aire es más alta durante el día que la temperatura exterior, pero por la noche ambas son muy similares. El tipo de material de cubierta influye en la evolución de temperaturas. (Castilla y col.).

El aumento de temperatura diurna se debe a dos efectos:

1.º) El sol calienta las plantas y objetos dentro del invernadero e, indirectamente, el aire del recinto.

2.º) La cubierta deja pasar la radiación solar y retiene la radiación infrarroja (efecto invernadero).

No existen datos sistemáticos que comparen la radiación neta dentro y fuera de un invernadero, siendo este un punto

Tabla 2. - Temperaturas medias de máximas y de mínimas dentro y fuera de invernadero. No hubo cultivos desde Junio a Septiembre. (Campaña Agrícola 1.982-83)

TEMPER.		MESES											
		OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
INVER-	Med. Máx	32,3	25,9	25,1	25,3	23	28,7	28,2	31,8	37,1	41,2	39,3	39,5
	Med. Min	15,0	12,0	9,1	8,7	7,5	1,5	12	15,9	20,3	22,6	23,4	23,5
NADERO	Med. Máx	22,9	18,6	14,4	14,1	12,7	17,5	19,1	20,8	25,4	28	26,7	27,4
	Med. Min	16,4	13,8	9,7	8,6	7,3	9,9	10,8	12,0	16,7	18,1	17,8	19

cuérdese que en el invernadero en el que se efectuaron las medidas es de 22 metros de anchura. En invernaderos mayores, muy comunes en la zona, las temperaturas máximas superan las reflejadas aquí.

La figura 2 muestra la variación a lo largo del día de las temperaturas interiores y exteriores y de la humedad relativa en invernadero en un día soleado de diciembre. Se puede comprobar el paralelismo nocturno de las temperaturas dentro y fuera de invernadero. La temperatura interior puede ser inferior a la exterior (inversión térmica) especialmente en noches claras cuando las pérdidas de radiación de onda larga alcanzan valores más altos, aunque el polietileno termoaislante limita la inversión.

La figura 3 muestra las condiciones climáticas de un día medio de primavera, con las bandas laterales de ventilación abiertas. A pesar de la ventilación pasiva, las temperaturas altas pueden causar estrés en las plantas, pues a la subida de temperaturas se acompaña el descenso de la humedad relativa hasta valores cercanos al 30%.

Debido a la carestía del terreno, el agricultor tiende a construir invernaderos de dimensiones mucho más grandes que las del invernadero de nuestro estudio. La figura 4 compara las temperaturas de cuatro días (del 18-4 al 21-4-85) en un invernadero plano de 70 x 80 m, con plástico no térmico y ventilación lateral pasiva. Las temperaturas máximas se separan casi 10°C, alcanzando valores perjudiciales para las plantas. No se ha evaluado la pérdida de producción y calidad de un invernadero plano de grandes dimensiones respecto a un invernadero mejor ventilado, al objeto de definir el tipo de estructura más conveniente a construir en la zona de Almería.

2.3. Radiación solar

La transmisividad de la radiación solar varía a lo largo del año, tanto por el ángulo de incidencia de la radiación como por la acumulación de suciedad en la cubierta (figura 5). En Almería la lluvia es escasa y desigualmente distribuida. La vegetación natural es pobre y el viento deposita el polvo sobre el invernadero. En junio de 1983 se lavó el polietileno con una manguera de riego y se obtuvo un aumento del 14% de transmisión de radiación (se pasó del 65% al 79% de transmisión total diaria).

La mayoría de los invernaderos de Almería son planos o ligeramente inclinados a dos aguas (pendiente inferior a 10°). En muchos casos el eje de la cubierta está orientado de Este a Oeste para minimizar la resistencia al viento. Duran-

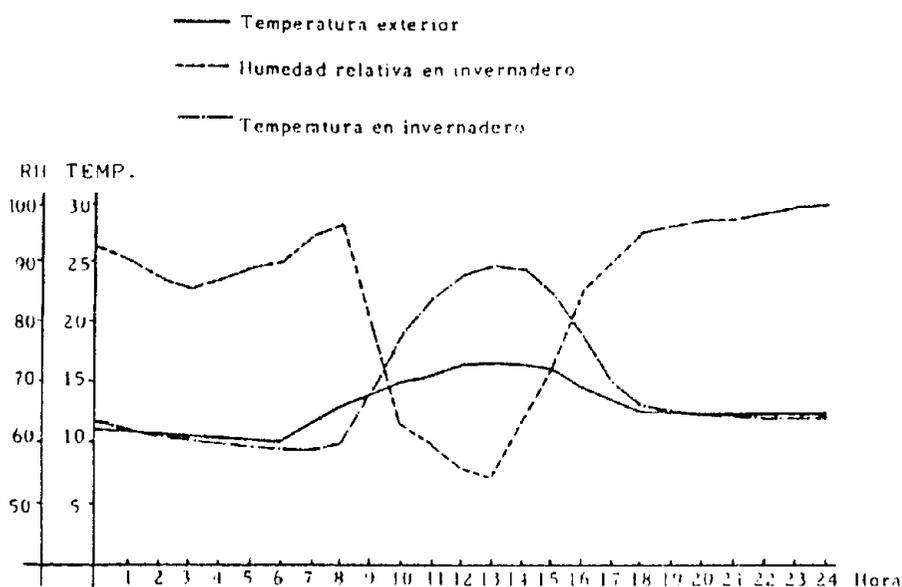


Figura 2.- Variación de temperaturas y humedad relativa a lo largo del día. (12-12-1982)

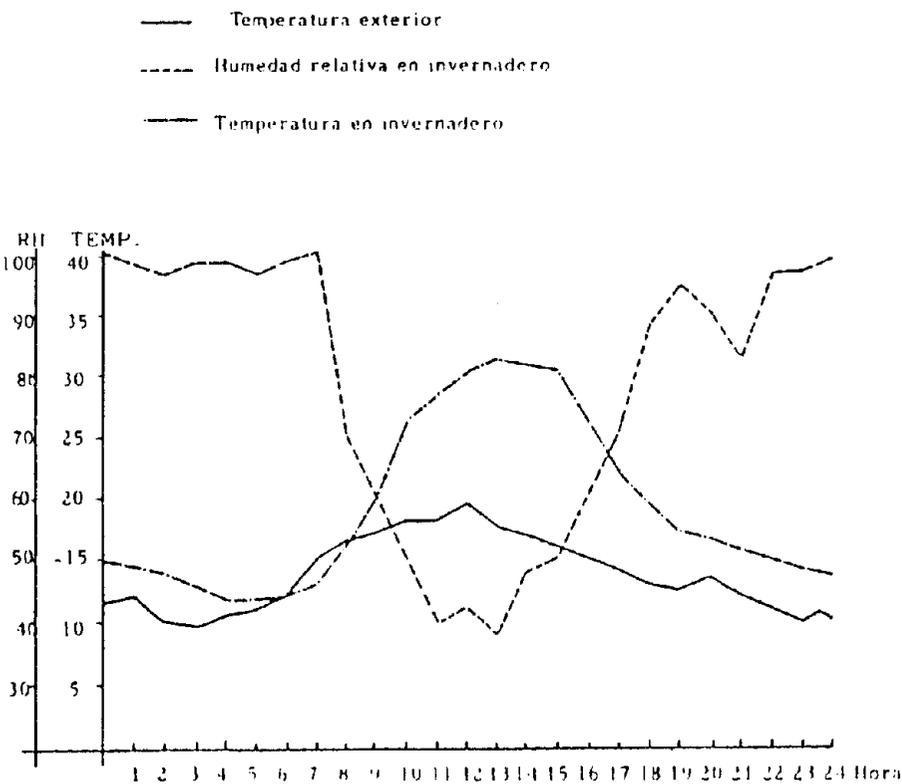


Figura 3.- Variación de temperatura y humedad relativa. Primavera 1983



Diversificación de Cultivos: Papaya (Cultivo muy interesante para Almería, no así, las planterías) en invernadero con arena y riego por goteo.

te el invierno, el ángulo con que inciden los rayos solares sobre una superficie plana es tal que se refleja un porcentaje muy alto de radiación (tabla 3). El cambiar la pendiente de la cubierta aumenta la radiación solar que llega a las plantas en los meses de invierno, pero hace necesario reforzar la estructura ante la carga eólica.

En Las Palmerillas, se ha medido la transmisión de radiación solar en diversos puntos de invernadero a dos aguas con eje orientado Este-Oeste.

Puede comprobarse que el tipo de estructuras de invernaderos no optimiza en absoluto la captación solar en los meses en que es más necesaria.

2.4. Evaporación

El agua es el factor limitante de la extensión de invernaderos en Almería. Por lo tanto es vital conocer el consumo hídrico de los principales cultivos. La tabla 4 refleja la evaporación media diaria de cada mes medida en tanque evaporimétrico de la clase A, tanto dentro como fuera del invernadero.

Debido a las condiciones especiales del cultivo enarenado, los métodos de cálculo de la evapotranspiración tienen que calibrarse in situ. Se dispone de información completa de las necesidades de agua de los principales cultivos (Castilla y Col. 1984).

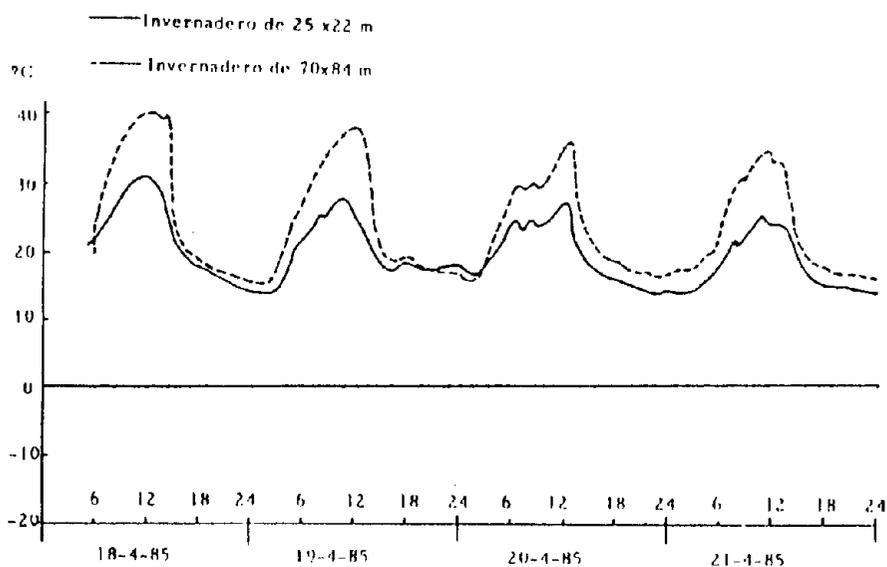


Figura 4.- Evolución de temperaturas en un invernadero de 25x22 m y en otro de 70x84 m, situados a 200 m de distancia uno de otro.

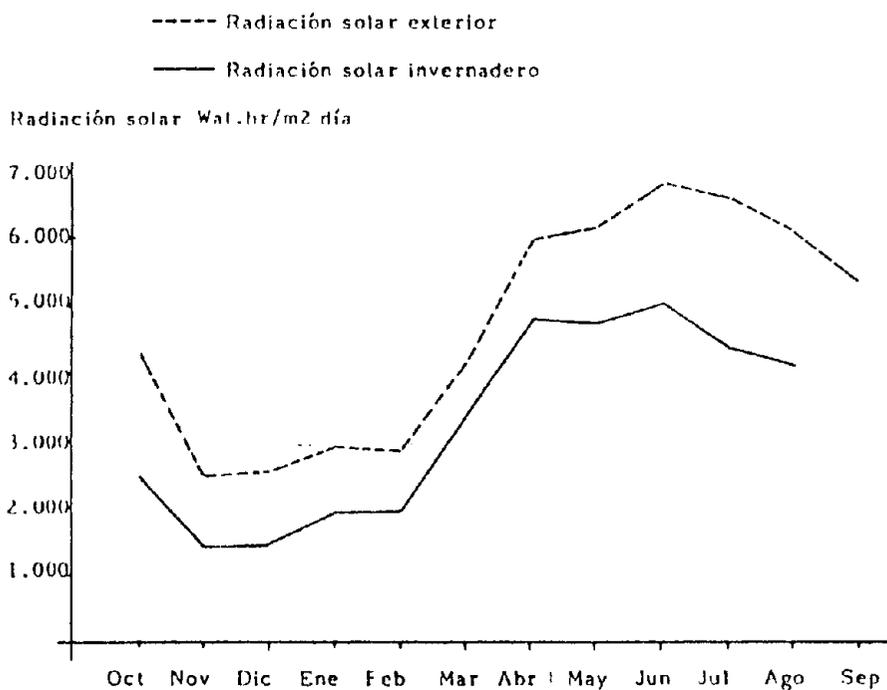


Figura 5.- Medias mensuales de radiación solar dentro y fuera de invernadero (Oct. 1.982-Sept. 1.983)

Tabla 3.- Ángulo de incidencia de la radiación solar sobre una superficie plana al mediodía solar. Transmisividad del polietileno en función del ángulo de incidencia.

	DIC-15	ENE-15	FEB-15	MAR-15	ABR-15	MAY-15
Angulo de incidencia	60	58	50	40	28	18
Transmisividad.	0,82	0,82	0,84	0,87	0,88	0,90

ANDALUCIA

Tabla 4.- Evaporación en tanque clase A, Campaña 82/83

EVAPORACION (mm/día)

MES	Anua	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Inv. Media	2,8	2,17	1,04	0,79	1,0	1,02	2,38	3,51	3,60	4,35	5,10	4,70	4,46
Inv. Máx.	6,9	3,8	1,90	1,6	1,9	2,1	3,4	4,14	5,14	6,9	4,9	4,9	5,5
Ext. Media	4,7	3,2	1,52	1,81	2,02	2,00	3,07	5,73	6,17	7,31	8,65	7,28	6,81
Ext. Máx.	14,1	5,15	4,28	2,00	4,28	1,55	6,5	8,82	10,2	10,2	10,1	10,2	14,1

Inv. Invernadero

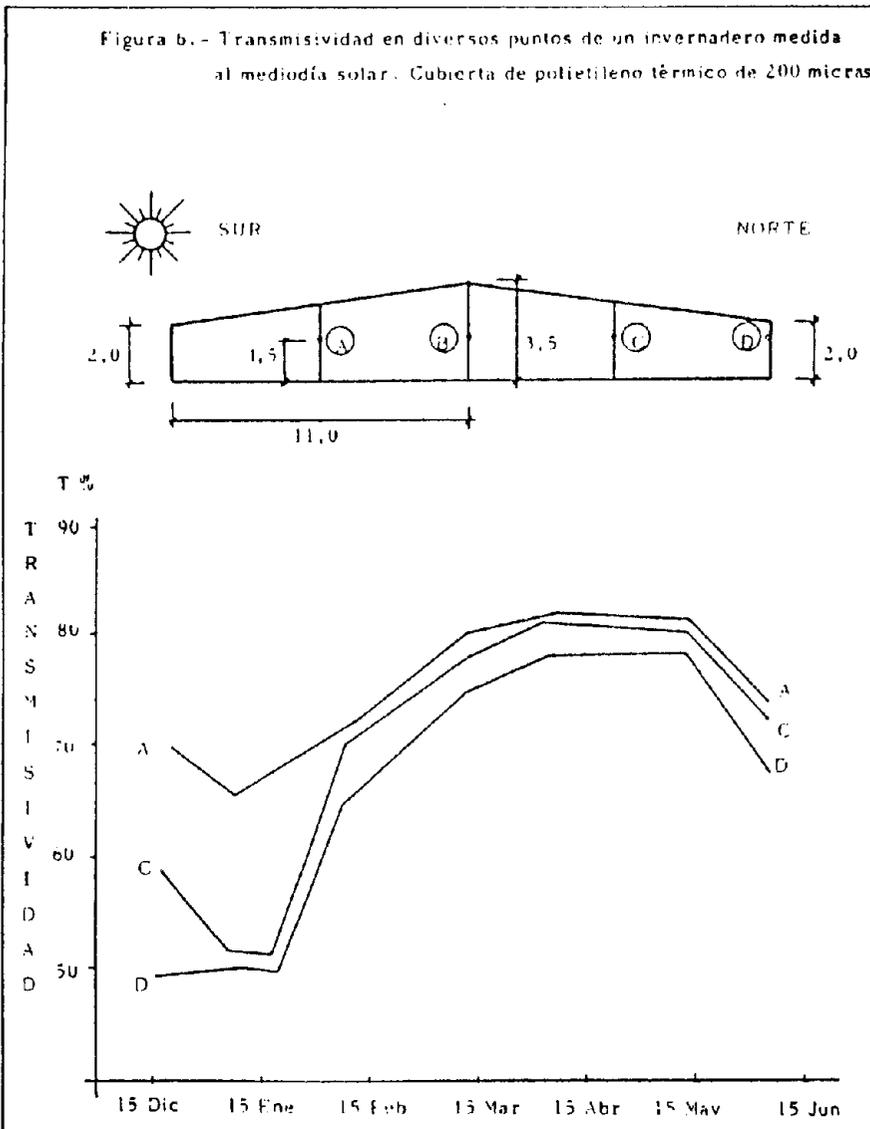
Ext. Exterior

Máx=Máxima del mes(mm/día)

Los datos del invernadero corresponden al lado sur.



Figura b.- Transmisividad en diversos puntos de un invernadero medida al mediodía solar. Cubierta de polietileno térmico de 200 micras



3. RESUMEN

A pesar de sus limitaciones, las estructuras con alambres tensados y de bajo coste son muy aptas en los climas mediterráneos. Hoy por hoy, los invernaderos tradicionales no pueden competir económicamente con el tipo de abrigos de Almería.

Los agricultores de la zona pueden reparar ellos mismos sus invernaderos, pues disponen con facilidad de los materiales necesarios y tienen experiencia de años en el manejo de los alambres.

Los invernaderos son cortavientos muy efectivos. También logran un aumento de las temperaturas diurnas muy conveniente en los meses de invierno.

Las temperaturas nocturnas exteriores e interiores son muy similares. La inversión térmica ocurre con frecuencia en noches claras cuando las pérdidas por radiación son cuantiosas. El polietileno termoaislante ayuda en gran manera a reducir la inversión (Castilla y col. 1979). Un apoyo térmico con calefacción sería técnicamente muy conveniente, aunque la rentabilidad de uso de la calefacción es todavía muy cuestionable.

En la mayoría de los casos, la ventilación natural es insuficiente para bajar la temperatura a niveles más convenientes. En nuestra opinión, el desarrollo de sis-



temas pasivos de ventilación es prioritario para lograr mejores condiciones de cultivo.

La transmisión de radiación solar se puede aumentar con sólo lavar la cubierta. El polvo reduce la radiación solar, lo que puede ser favorable durante periodos cálidos. Los invernaderos planos no transmiten bien la radiación solar debido al ángulo con que inciden sobre el invernadero los rayos solares.

La lluvia penetra por los puntos de sujeción del polietileno a la estructura. En caso de lluvias y ausencia de vientos que ayuden a ventilar, el desarrollo de enfermedades puede ser nefasto, especialmente en invernaderos planos que desaguan sobre las plantas.

Es previsible la expansión de invernaderos de bajo costo en zonas de clima favorable y de suficientes recursos hídricos. La tecnología desarrollada para in-

vernaderos de climas fríos no sirve en general para nuestras estructuras más sencillas, se necesita poner a punto técnicas adaptadas a las condiciones meteorológicas de las zonas costeras.

REFERENCIAS

Brun, R.; J. Lagier, 1984. Etude d'un nouveau type d'abri mieux adapté au climat méditerranéen. P.H.M. Revue Horticole N.º 245. (págs. 25-32).

Businger, J.A., 1966. The glasshouse (greenhouse) climate. Physics of plant environment North-Holland, Publishing Company. The Netherlands. 277-317.

Castilla, N.; F. Bretones; G. Jorge, 1979. Nuevos materiales plásticos para invernaderos. Revista "Agricultura", 1979, pp 451-461.

Castilla, N. et al., 1984. Necesidad de agua de los principales cultivos en invernadero plástico en la Costa de Almería con riego por goteo y enarenado. "Horticultura", N.º 17.

Hurd R.G., G.F. Sheard, 1981. Fuel saving in greenhouses. Grower guide N.º 20. Grower Books. London.

Seemann, J. 1974. Climate under glass. World Meteorological Organization, N.º 373. Geneve.

*Diversificación de Cultivos:
Plataneras y nísperos dentro de un invernadero enarenado y con riego por goteo.*

TRAMASA

CONCESIONARIO PARA SEVILLA Y HUELVA DE TRACTORES

FIAT



Avda. Kansas City, s/n
(Autopista San Pablo)
Tfno: 57 84 00 (4 líneas)
41007 - SEVILLA

ANDALUCIA

DATOS METEOROLOGICOS ESTACION: Nº 1 Las Palmerillas DATOS DE INVERNADERO CON CULTIVO
 COORDENADAS: Longitud 2º 43' W, Latitud 36º 43' N Altitud 155 m
 PERIODO: DESDE OCTUBRE 76 a SEPTIEMBRE 84.

MES	TEMPERATURA					HUMEDAD RELATIVA					OBSERVACIONES		
	M	m	M	m	$\frac{M+m}{2}$	Hm	Hm	Hm	Hm	$\frac{Hm+Hm}{2}$			
OCTUBRE	40,4	13,7	34,5	17,3	25,5			97,3	37,3	67,4	Datos de los años 77/78, 78/79, 80/81, 82/83		
NOVIEMBRE	34,5	8,9	27,8	11	20,1			97,2	30,2	64,3	Datos de años 76/77, 77/78, 78/79, 80/81, 82/83		
DICIEMBRE	31,3	7,1	24,9	10,9	17,1			98,6	55,7	77,1	Datos de 7 años (excepto 79/80)		
ENERO	29,9	6,2	24,6	9,9	16,5			97,8	56,9	78			
FEBRERO	26,6	6,5	25,8	10,4	17,6			96,4	51,4	75			
MARZO	35,2	7,9	29,3	11,2	19,7			98	44,2	71,8			
ABRIL	35,4	9,1	29,3	12,8	20,7			96,7	43,3	70,1			
MAYO	36,2	11,5	31,2	14,9	22,9			96,9	42,2	69,2			
JUNIO	40,6	16,6	37	18,9	27,9			96,3	39,3	67,8	Datos de 4 años (77/78, 78/79, 79/80, 81/82)		
JULIO													
AGOSTO													
SEPTIEMBRE													
CAMPAÑA													

M: Temperatura media de las máximas absolutas
 m: Temperatura media de las mínimas absolutas
 M: Temperatura media de las máximas
 m: Temperatura media de las mínimas
 $\frac{M+m}{2}$ = Temperatura media

PERIODO: Campañas Agrícolas 76/77 a 83/84
 DATOS METEOROLOGICOS ESTACION: Las Palmerillas.
 COORDENADAS: Longitud 2º 43' W Latitud 36º 46' N Altitud 155 m

MES	TEMPERATURA					HUMEDAD RELATIVA					FLUJOMETRIA		
	M	m	M	m	$\frac{M+m}{2}$	Hm	Hm	Hm	Hm	$\frac{Hm+Hm}{2}$	precipitacion (mm)	Nº de días lluvia	Tem. máxima en un día
OCTUBRE	28,4	11,8	23,2	15,6	19,4	99,1	27,5	93,1	48,1	70,6	22,8	4,6	32,6
NOVIEMBRE	23,5	9,1	19,4	12,3	15,9	99,3	25,3	93,2	53,1	70,9	30,3	4,4	35,4
DICIEMBRE	21,9	6,5	16,9	10,3	13,6	99,8	29,4	92,1	52,2	72,6	28,4	5	32,1
ENERO	21	5,3	16,1	9,3	12,5	99,6	27,1	93,3	53,5	70,1	34,8	4,9	36,8
FEBRERO	21,8	5,2	16,5	9,5	13,6	99,8	28,5	93,3	51,1	73,1	32,3	5,4	32,4
MARZO	24,4	7,9	18,5	10,8	14,6	99,4	22,8	92,5	47,1	66,6	20,9	4,6	38,2
ABRIL	25,7	8,8	19,7	12,1	15,9	99	21	93,3	46,9	69,7	18,7	3,8	38,6
MAYO	26,7	10,6	21,8	13,8	17,9	99	23,5	94,8	46,5	70,7	18,4	3,3	37,9
JUNIO	31,4	14,6	26,2	17,6	21,9	98,8	22,1	92,3	44,9	68,7	1,6	1,6	31,1
JULIO	34,6	17,3	29,2	19,9	24,6	98,1	20,1	92,9	41,2	67,2	1,5	0,6	41,1
AGOSTO	33,1	17,1	29,1	20,6	24,8	98,6	23,6	91,6	44,9	69,1	3,2	0,6	2,2
SEPTIEMBRE	31,7	16,8	27,9	19,8	23,9	98,8	25,5	93,5	46,1	69,7	0,9	0,5	0,9
ANO	28,2	10,2	22	14,1	18,2	98,8	23,6	93,2	44,6	68,2	213,8	39,1	39,9

M: Temperatura media de las máximas absolutas mensuales.
 m: Temperatura media de las mínimas absolutas mensuales.
 M: Media de las temperaturas medias de las máximas mensuales.
 m: Media de las temperaturas medias de las mínimas mensuales.
 $\frac{M+m}{2}$ = Temperatura media
 Hm: Humedad relativa media de las máximas abs. mensuales.
 Hm: Humedad relativa media de las mínimas abs. mensuales.
 Hm: Media de las medias de las máximas mensuales.
 Hm: Media de las medias de las mínimas mensuales.
 $\frac{Hm+Hm}{2}$ = Humedad relativa media