

LA CALEFACCION DE LOS INVERNADEROS



HAY, a grandes rasgos, tres niveles de utilización de la calefacción en invernaderos:

1º) Para combatir las heladas.

2º) Para asegurar en todo momento a las plantas una temperatura mínima superior a su «cero de vegetación», es decir, asegurarlas una temperatura para que en ningún caso sufran un parón o un retraso en su vegetación debido al frío.

3º) Para asegurar en todo momento la temperatura óptima, la más adecuada a las necesidades de la planta. Esta temperatura depende de la especie cultivada, de su fase de desarrollo, de la iluminación, etc.

Hay también distintos tipos de calefacción según sea el sistema de producción y reparto de calor.

ESTUFAS

Similares a las que se utilizan para combatir las heladas. Son baratas y fáciles de instalar, pero su reparto de calor es deficiente y hay apreciables diferencias de temperatura entre los puntos próximos a la estufa y los puntos alejados de ella. Pese a este inconveniente, pueden ser apropiadas para combatir las heladas.

El agricultor debe saber cuándo ha de encender las estufas. Para ello tiene tres soluciones:

– Pasarse alguna noche en blanco, esperando que sobrevenga la helada.

– Encenderlas todas las noches que ofrezcan una posibilidad de helada, con el consiguiente gasto en combustible, o bien ayudarse en la apreciación con un psicrómetro «detector de heladas».

– Colocar en el invernadero un termostato conectado a una pila y a un timbre de alarma situado en lugar bien audible para el agricultor.

QUEMADORES DE PROPANO

Otro sistema de calefacción, apropiado para los dos tipos de utilización (evitar las heladas, simplemente, o mantener una temperatura mínima adecuada al desarrollo de las plantas) es el de los *quemadores de propano* o butano. Son de empleo mucho más cómodo y seguro. Puede, y debe, aplicárseles un termostato regulado a los 10-12º C para mantener el cultivo por encima de unas necesidades mínimas.

Este sistema tiene ya una indudable ventaja sobre el anterior: con un ventilador impulsa el aire caliente sobre el cultivo de manera que el reparto de calor es mucho más uniforme. Se pueden también apuntar como ventajas el evitar las condensaciones de agua en las paredes del invernadero y, para algunos cultivos, la producción de CO₂, que favorece una mayor asimilación de elementos por parte de la planta.

De estos aparatos, la mayoría necesitan energía eléctrica para impulsar el ventilador, pero

hay algunos donde el mismo propano hace esta función. El rendimiento de estos últimos es ligeramente inferior.

GENERADORES DE AIRE CALIENTE

Hay otros sistemas de calefacción por *generadores de aire caliente*. Normalmente utilizan como combustible petróleo o gas-oil, a elegir, para pequeñas potencias, y fuel en los aparatos de gran potencia. Interesa hacer notar que algunos generadores echan, como los de propano, los residuos de combustión directamente en el invernadero, lo cual puede ser peligroso para el cultivo. Naturalmente estos aparatos, que no tienen intercambiador de calor, son más baratos. Actualmente hay algunos funcionando en invernaderos, pero, por la información que tenemos, parece que pueden ocasionar inconvenientes. Aún hay que hacer una tercera observación para la hora de elegir el generador: conviene que la relación Kcal/m³ de aire no sea muy superior a 10, pues puede producir quemaduras en el cultivo. Si es superior a 10, es decir, si el aire sale muy caliente, habrá que procurar que no dé directamente sobre las plantas.

AGUA CALIENTE

La calefacción por *agua caliente o vapor de agua* es muy utilizada en el extranjero y aún aquí en invernaderos de propagación de flores. El reparto de calor se efectúa directamente por tuberías dispuestas a lo largo del invernadero o bien por medio de radiadores sobre los que se impulsa el aire con un ventilador.

NECESIDADES DE CALEFACCION

La potencia a instalar para mantener una temperatura en el interior ha de ser suficien-

te para compensar las pérdidas de calor a través de las paredes y techo del invernadero y las pérdidas por entrada de aire frío.

Las pérdidas a través de las paredes se pueden calcular con la fórmula:

$$Q_1 = KS (T_i - T_e), \text{ donde}$$

S = superficie de paredes y techo.

T_i = temperatura a mantener en el interior.

T_e = temperatura exterior.

K = coeficiente global de transmisión de calor.

La temperatura exterior se toma de los datos climatológicos del lugar. Se hacen los cálculos sobre la temperatura que se puede esperar con una frecuencia de, al menos, cinco días al año. En Valencia es de -1º C.

Los valores de K más comúnmente adoptados son los siguientes:

Vidrio: 4,9 - 5,1 Kcal/hr m² °C

Polietileno:

Con ventilación

Lámina simple: 11,6 Kcal/hr m² °C

Doble lámina: 3,4 »

Sin ventilación

Lámina simple: 5,7 »

Doble lámina: 2,5 »

Las pérdidas de calor debidas a entrada de aire frío pueden calcularse por la fórmula:

$$Q_2 = R.V. 0,3 (T_i - T_e), \text{ donde}$$

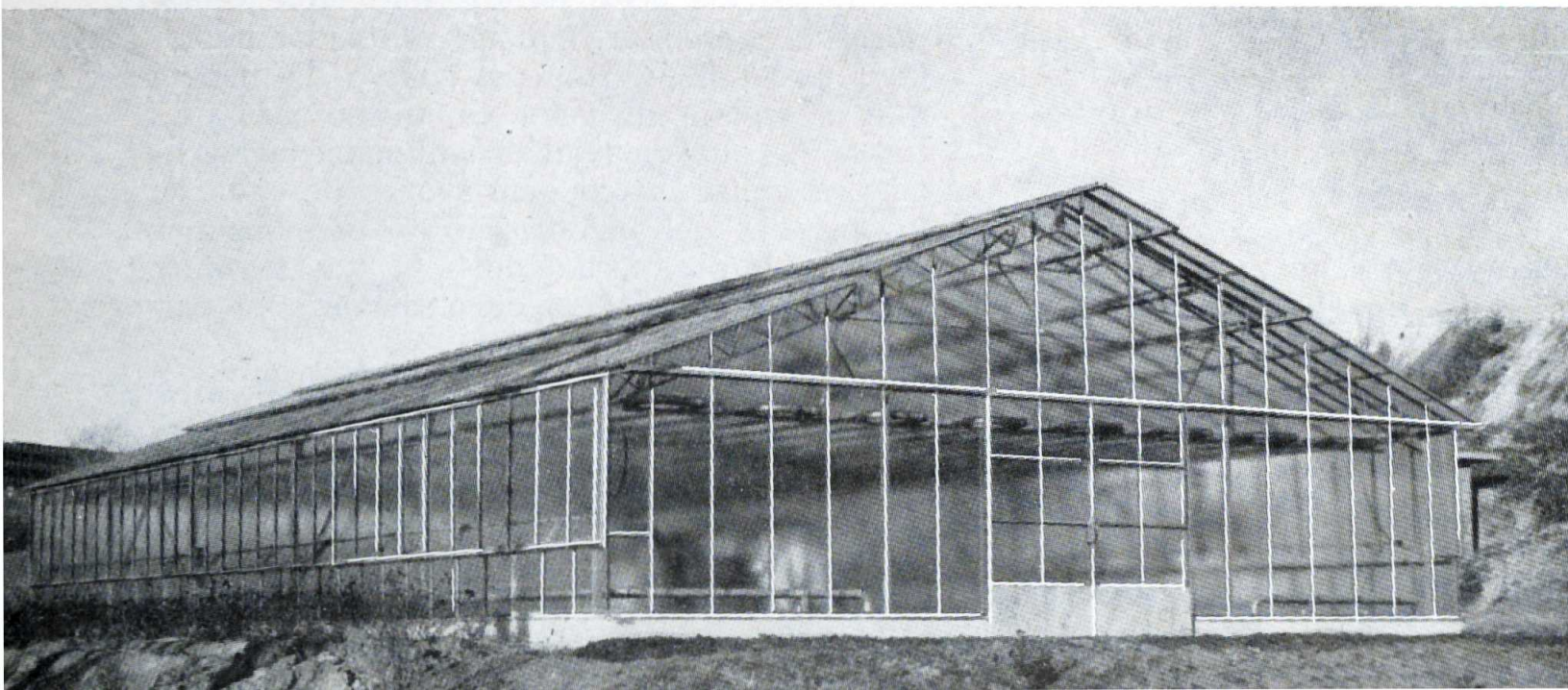
R = número de renovaciones por hora = 5.

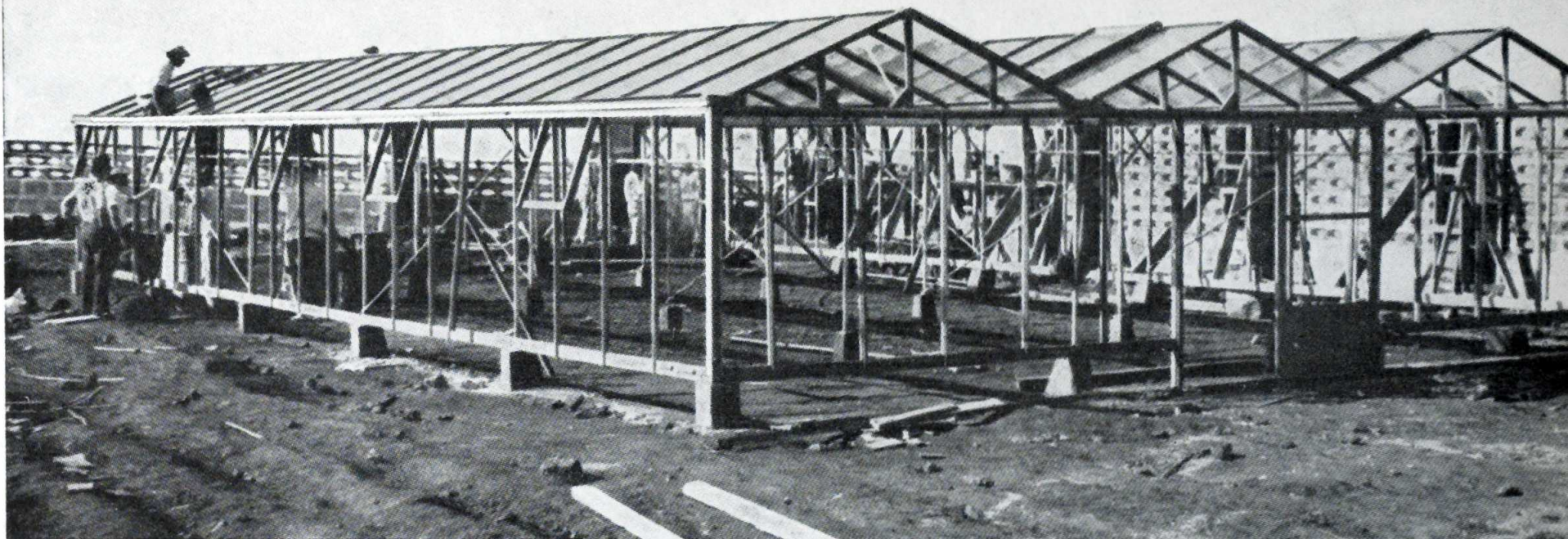
V = volumen del invernadero.

La potencia calorífica a instalar será:

$$Q = C (Q_1 + Q_2) \text{ Kcal/hr.}, \text{ donde}$$

C = coeficiente para compensar el rendimiento de la instalación.





Las previsiones de calefacción deben ser cuidadosamente previstas en el proyecto de construcción para adaptar su instalación a la infraestructura.

Los valores normales de C son:

Calefacción por agua caliente, termosifón	1,3 - 1,4
Calefacción por agua caliente, circulación forzada	1,25 - 1,30
Calefacción por aire caliente exterior al invernadero	1,20 - 1,30
Calefacción por aire caliente interior al invernadero	1,15 - 1,25

Ejemplo:

Potencia calorífica necesaria en kilocalorías/hora para invernaderos con cubierta de polietileno, de 2,5 m. de altura media, para C=1,25:

Superficie útil ...	250 m ²	500 m ²	1.000 m ²
Superficie de cubierta	405 m ²	760 m ²	1.320 m ²
Volumen	625 m ³	1.250 m ³	2.500 m ³

Diferencia				
Valor de K	temp.			
6	13	54.737	104.600	189.700
6	15	21.062	40.250	73.000
3	13	34.994	67.550	125.350
3	5	13.469	26.000	48.250

PRECIOS DE LAS INSTALACIONES

Una idea de lo que cuestan los distintos sistemas de calefacción la pueden suministrar algunos precios actuales por kilocaloría producida; no quiero asegurar con esto que no puedan encontrar calefactores más baratos o más caros. Creo que pueden servir como orientación:

Sistema	Coste de la instalación por Kcal/hr.
Estufa	0,13-0,15 ptas.
Quemadores propano	0,57-1,0 »
Generador aire caliente (sin intercambiador)	0,58-0,63 »
Generador aire caliente (con intercambiador)	0,65-2,2 »

Creo innecesario hacer constar que, normalmente, las instalaciones de mayor potencia son más baratas por Kcal/hr. que las menores.

A título de ejemplo, y para que la comprensión de estos números sea más fácil, citaré algunos precios de aparatos concretos:

Estufas: Para un invernadero de unos 300 metros cuadrados, dos unidades, que, con sus chimeneas, etc., puede costar unas 11-12.000 pesetas.

Quemador de propano: Un generador de 61.500 Kcal/hr. cuesta unas 35.000 pesetas, con un termostato; los hay más caros.

Generador de aire caliente quemando gas-oil, con intercambiador de calor: De 80.000 Kcal/hr., con depósito, termostato, etc. Completo, cuesta unas 107.000 pesetas. Otro, también completo, pero de distinto sistema: 86.000 pesetas, para la misma potencia.

Generador de aire caliente sin intercambiador de calor: Para 80.000 Kcal/hr., unas 50.000 pesetas, sin depósito.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

En cuanto al consumo de combustible, que es un capítulo muy importante, igualmente se pueden hacer unas previsiones orientativas si se tiene en cuenta un registro de temperaturas en termógrafo. Nosotros hemos determinado el consumo de combustible para Murcia en el año más frío de la década 60-70 y en el más cálido. Creo que pueden igualmente servir de orientación.

El consumo de combustible, al menos si el aparato de calefacción está regulado termotáticamente, está destinado a mantener la temperatura fijada en el interior. Las calorías producidas han de ser iguales a las calorías perdidas a través de las paredes.

$$Q = K.S.C. \text{ ndt} + R.V.0,3 . \text{ ndt} . C$$

ndt = número de grados-hora a temperatura inferior a la fijada en el invernadero.

En la temporada 64-65, la más fría en Murcia de la década pasada (la del 70-71 se salta todas las previsiones), la suma de grados-hora en dos niveles fue como sigue:

	T < 12º C.	T < 4º C.
Octubre	320	4
Noviembre	1.528	57
Diciembre	2.593	180
Enero	3.301	332
Febrero	3.223	524
Marzo	985	43
Abril	264	—
Total	12.214º hora	1.140º hora

En la temporada 65-66, la de invierno más cálido, se tuvo:

	T < 12º C.	T < 4º C.
Octubre	55	—
Noviembre	1.183	102
Diciembre	1.412	29
Enero	1.190	2
Febrero	877	17
Marzo	693	73
Abril	161	—
Total	5.571º hora	223º hora

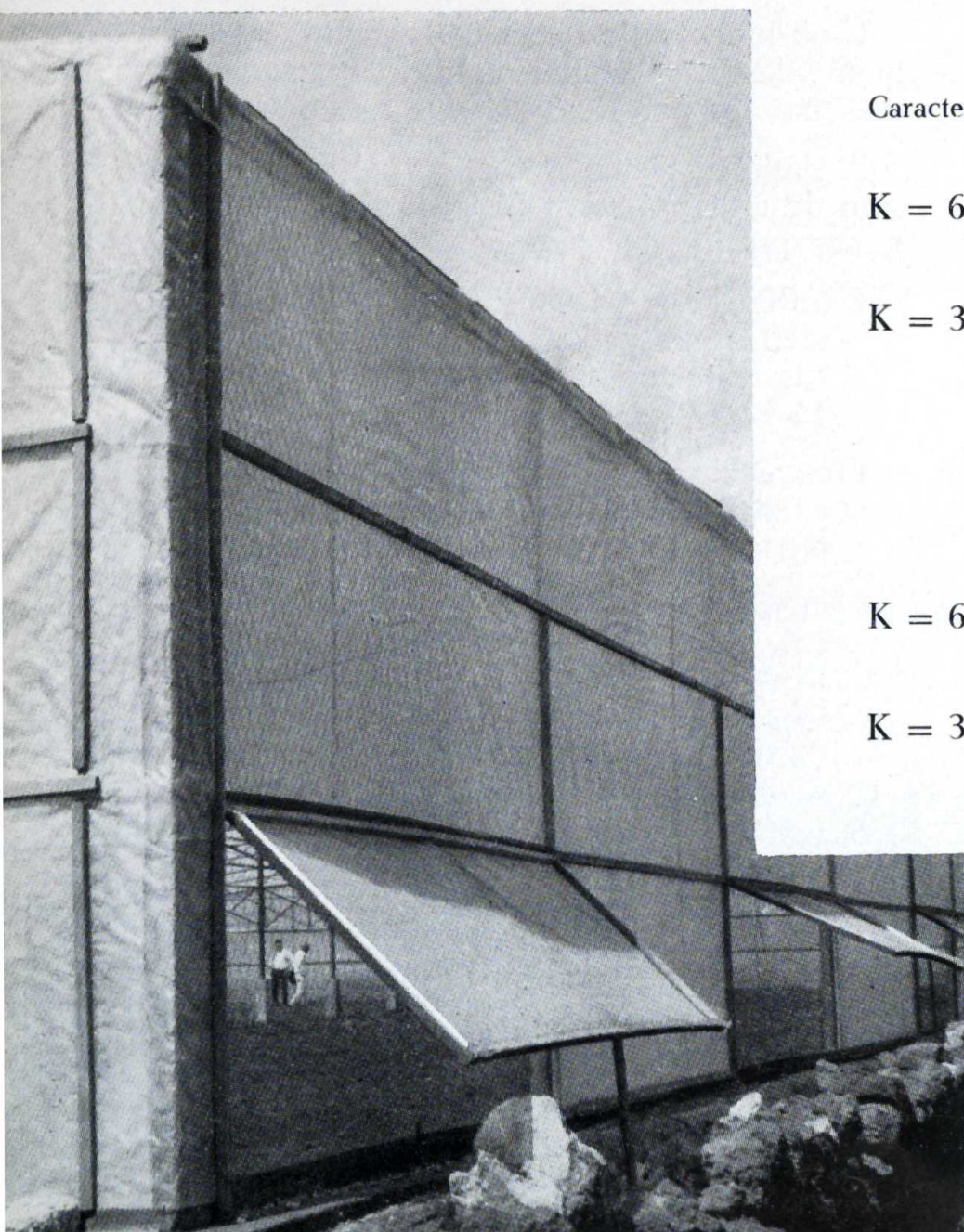
En una tabla análoga a la anterior, para los distintos invernaderos anotados, el consumo anual de combustible, calculado sobre una potencia calorífica de 10.000 Kcal/kg. en el año más frío, sería de:

		Superficie		
Características invernadero		250 m²	500 m²	1.000 m²
K = 6	Ti = 12º	4.865 kg.	9.252 kg.	16.672 kg.
	Ti = 4º	453 »	863 »	1.556 »
K = 3	Ti = 12º	3.000 »	5.771 »	10.626 »
	Ti = 4º	280 »	538 »	992 »

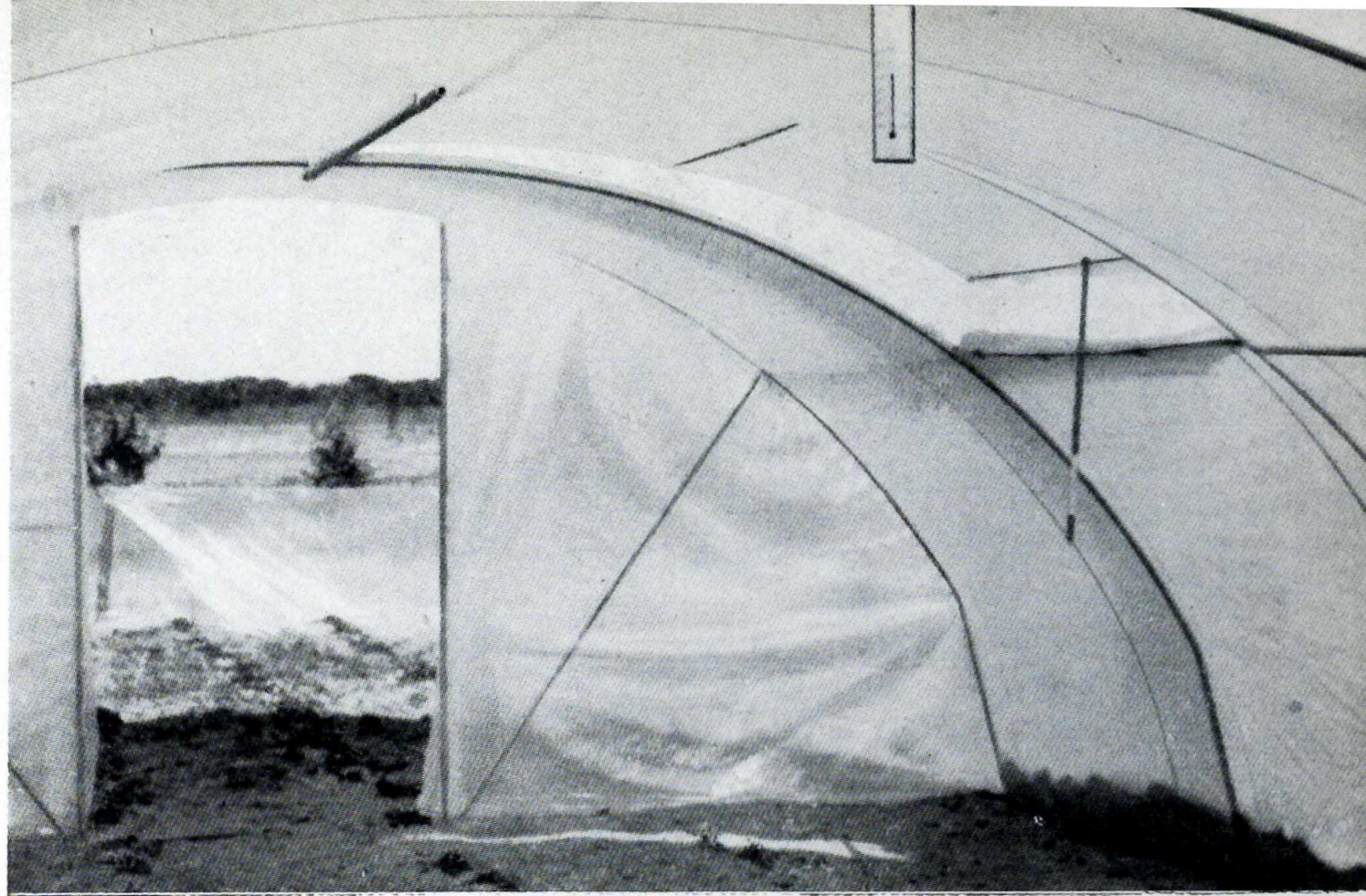
En el año más cálido los consumos de combustible serían:

		250 m²	500 m²	1.000 m²
K = 6	Ti = 12º	2.214 kg.	4.220 kg.	7.604 kg.
	Ti = 4º	88 »	169 »	304 »
K = 3	Ti = 12º	1.368 »	2.632 »	4.846 »
	Ti = 4º	55 »	105 »	194 »

Detalle de las aberturas para regular la temperatura de un invernadero de plástico.



La temperatura es uno de los factores que se debe controlar más rigurosamente en los invernaderos.



CONSECUENCIAS

A la vista de estas tablas, así como de la anterior, la de potencia calorífica necesaria a instalar, se deduce una consecuencia muy clara: en los invernaderos con cubierta de polietileno que han de llevar calefacción, sobre todo si ésta es para mantener en el interior una temperatura relativamente elevada, es muy interesante la doble lámina.

Los invernaderos de doble lámina tienen las paredes y cubierta formadas por dos láminas de polietileno, entre las cuales queda una cámara de aire. Esta cámara sirve de aislamiento térmico.

En el cuadro del valor de K veíamos cómo reduce su valor la doble lámina, sobre todo en el caso de que dentro del invernadero hubiera ventilación, y como tal puede considerarse el reparto de calor que, mediante ventiladores, realizan los generadores de aire caliente.

Hay un inconveniente. En los invernaderos que más frecuentemente se construyen en España (de parral, de estructura metálica y sujeción de plástico por mallas de alambre), las dos láminas quedarían pegadas sin formar cámara. Para este sistema son adecuados el invernadero-túnel de tubo (por elementos) y el invernadero de madera, éste en plan barato.

En el caso de tener estufas, estos cálculos de consumo de combustible no son válidos. La explicación es sencilla: como no tienen regulación térmica, el consumo de combustible se

determina multiplicando el consumo horario por el número de horas que están encendidas.

En el ejemplo anterior, con dos estufas para evitar las heladas en un invernadero de 300 metros cuadrados, teniéndolas en funcionamiento todo el tiempo en que la temperatura exterior es inferior a 4º C. y a media potencia (2 kg./hr. cada una de consumo), el combustible anual necesario sería de:

389 hr. $\times$ 4 kg./hr. = 1.556 kg. en el invierno más frío.

100 hr. $\times$ 4 kg./hr. = 400 kg. en el invierno más cálido.

Puede apreciarse que el consumo de combustible es bastante mayor que en el aparato con regulación termostática.

En cuanto a combustibles, los más utilizados son:

	Kcal./kg.	Ptas./kg.	Ptas./Kcal.
Fuel	10.000	1,65	0,000165
Gas-oil	10.580	8,48	0,000807
Gas-oil	10.500	4,36	0,000415
Petróleo	10.000	5,71	0,000571
Propano tanque .	11.000	5,30	0,000482
Energía eléctrica: 1,35 ptas./Kwh.; 860 Kcal./Kwh.; y 0,001546 ptas./Kcal.			

Con todos los datos anteriormente suministrados creo se está en condiciones de, al menos, tener una idea aproximada de qué sistema de calefacción les puede interesar y cuál va a ser el presupuesto de funcionamiento.

ALFREDO MIGUEL GOMEZ