

M. M. GONZÁLEZ-REAL y A. BAILLE

Área de Ingeniería Agroforestal

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
Universidad Politécnica de Cartagena

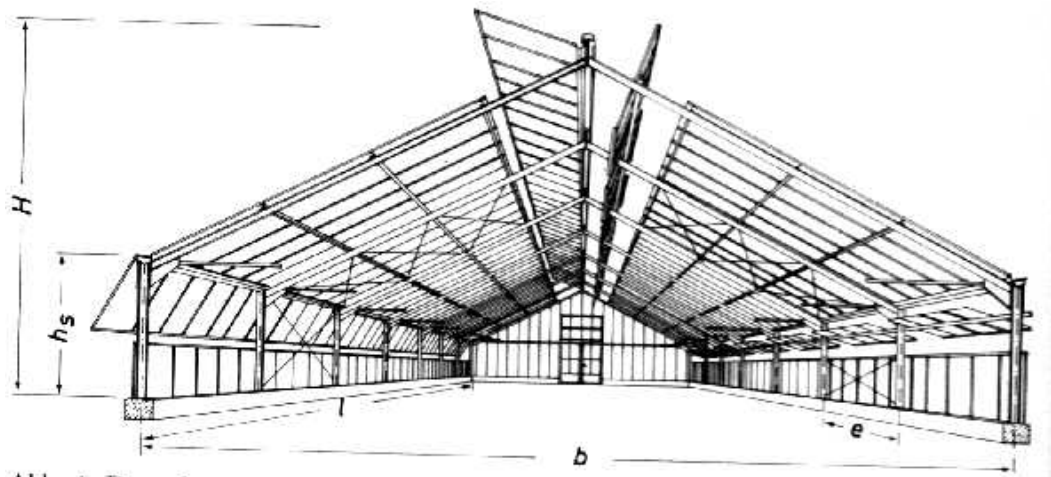
Correo electrónico:

mayla.gonreal@upct.es

alain.baille@upct.es

PARTE VI

ESTRUCTURAS



Contenido de la Parte IV

Material de lectura:

- *Unidad 1. Tipología de los invernaderos*
- *Unidad 2. Invernaderos con paredes de cubierta rígidas*
- *Unidad 3. Invernaderos con cubierta de filme plástico*

Referencias

Lectura complementaria. Normas de construcción

Cartagena, 2005



Invernadero multicapilla con cubierta de arco gótico ("quonset arch")



Invernadero multicapilla con cubierta a dos aguas.



Invernadero de madera con cubierta en dientes de sierra.

PARTE VI. UNIDAD 1.

TIPOLOGÍA DE LOS INVERNADEROS



Los invernaderos se construyen a partir de estructuras ligeras en las que se debe privilegiar un elevado nivel de transmisión de la radiación solar. Sin embargo, deben

de soportar un conjunto de solicitaciones externas, tales como las cargas debidas al viento y a la nieve, o el impacto de granizos, cuya intensidad depende de la topografía y de las condiciones climáticas locales. Por otra parte, cabe resaltar que, dada la importancia que tiene la radiación solar en el proceso de producción de biomasa (fotosíntesis) y, por consiguiente, en la cosecha, la productividad y la rentabilidad de un invernadero dependerán, en parte, de la transmisión que presente a la radiación solar. Por consiguiente, además de los criterios basados en la resistencia de los materiales, otro criterio de optimización importante en el diseño de estructuras de invernadero es la eficiencia con la que el material de cubierta (y la estructura) transmiten las componentes de la radiación solar (difusa y directa).

1- INTRODUCCIÓN

Se distinguen generalmente dos grandes categorías de invernaderos:

- 1- Los invernaderos con cobertura rígida, y con una estructura portante adaptada a este tipo de material.
- 2- Los invernaderos con cobertura de filme plástico, asociados a estructuras más livianas que en el caso precedente.

La tipología que se presenta en lo que sigue parte de esta diferenciación básica. No es necesario subrayar que, en los dos casos, las construcciones deben de cumplir con unas normas de resistencias a las solicitaciones externas que permitan conferir una cierta longevidad al invernadero, y una cierta seguridad para el personal que trabaja en su interior.

Al lado de los criterios y parámetros relativos a la resistencia física de los invernaderos, existen otros criterios importantes para el agricultor, como la transmisión del invernadero a la radiación solar (sobre todo en invierno), su altura y volumen, su estanqueidad y aislamiento térmico y, por último, el coste del invernadero. Parece evidente que, a la hora de elegir un tipo de invernadero, el agricultor tiene que tomar en cuenta todos estos criterios y parámetros, y buscar el mejor compromiso entre sus objetivos de producción y el coste global de producción. Esta decisión es de tipo estratégico para el productor, es decir va a condicionar durante varios años su potencial de producción y el nivel de rentabilidad de la explotación. Sin duda, es una de las decisiones más importantes en la estrategia de producción, y tiene que ser analizada cuidadosamente antes de ser llevada a cabo.

Los invernaderos conocidos como “industriales”, destinados a la producción de plantas, empezaron a desarrollarse a principios del siglo XX, principalmente en las zonas cercanas a los grandes centros urbanos. En esta época, las zonas con tradición hortícola se ubicaban en torno a las ciudades, aprovechando la cercanía del importante mercado de consumo en productos frescos que exigía la población urbana. De hecho, los productores franceses ya usaban cubiertas de vidrio de baja altura (“campanas”) en el Siglo XVII, principalmente para producción de semillas, plántulas o plantas ornamentales que aún se utilizan hoy en día (Figura 1).

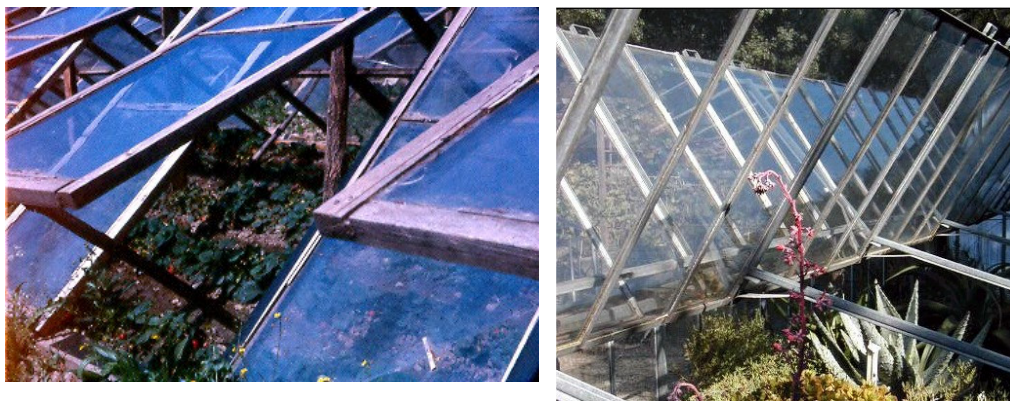


Figura 1. Pequeñas estructuras de vidrio, para forzado de semillas y producción de plántulas.

Las dimensiones de estas pequeñas estructuras fueron aumentando progresivamente, dando lugar a invernaderos de vidrio de gran dimensión, lo que facilitaba el trabajo del agricultor y permitía el cultivo de plantas con mayor altura. Sin embargo, el coste elevado de estos invernaderos, debido en parte a la fabricación artesanal de los elementos estructurales, impidió su desarrollo rápido. Habrá que esperar el final de la segunda guerra mundial para que aparezca la producción en serie de invernaderos de gran dimensión, con normas industriales de fabricación. Los holandeses fueron pioneros en el diseño, la industrialización y la normalización de la fabricación de los componentes del invernadero tipo “Venlo”.

2- TIPOLOGÍA DE LOS INVERNADEROS

2.1- LOS INVERNADEROS CON PARED RÍGIDA

Los invernaderos que utilizan paredes rígidas (de vidrio o de plástico) no contienen generalmente elementos de forma curva. Por esta razón, las paredes laterales son planas y las de cubierta suelen tener un techo a dos aguas con superficie plana (Figura 2). Sin embargo, lo que si varía de manera importante son las dimensiones de los invernaderos (altura bajo canalón y cumbrera y luz):

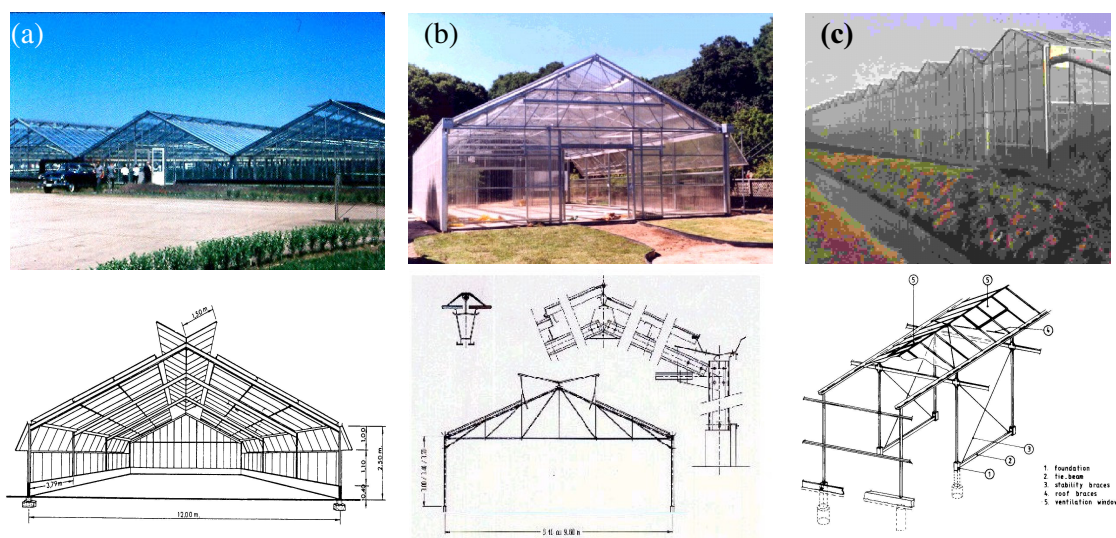


Figura 2. Los principales modelos de invernadero de cristal o de plástico rígido: (a) invernadero con luz > 12 m; (b) invernadero con ancho medio de luz (entre 6 y 12 m); (c) invernadero tipo Venlo (luz < 6 m)

Las ventajas de las estructuras altas y de gran volumen (Figura 2 a) son una transmisión elevada de la radiación solar, una mejor ventilación, una inercia más grande del volumen de aire, lo que atenúa las variaciones bruscas de temperatura, humedad y concentración de CO₂ y permite un control más fácil de las variables climáticas. Su principal inconveniente es su coste elevado, debido esencialmente a la fabricación, realización y montaje de la estructura metálica. Otro inconveniente es que, debido a su gran volumen y a una relación superficie pared/suelo más elevada que en los invernaderos pequeños, el coste de calefacción por m² de suelo cubierto es también más alto.

Por estas razones, la mayoría de los invernaderos, sobre todo en cultivos de hortalizas, tienen una dimensión mediana (Figura 2b) o pequeña (Figura 2c). Los cultivos a fuerte valor añadido, como las plantas ornamentales, son los que pueden compensar rápidamente el coste de inversión y soportar el coste de funcionamiento y de mantenimiento de los invernaderos de grandes dimensiones.

El vidrio sigue siendo el material de cubierta rígido más utilizado en la actualidad. Los materiales plásticos rígidos, de tipo poliéster, policarbonato o metacrilato (ver Parte V, “Materiales de cubierta”), no han llegado a tener una difusión muy amplia, debido a su coste elevado y a una cierta degradación del material con el tiempo. Se utilizan sobre todo en la versión “doble pared”, en zonas con altos riesgos de granizo, o en los países nórdicos, ya que permiten un ahorro de consumo de calefacción al presentar la doble pared un nivel más bajo de pérdidas térmicas que la simple pared.

2.2- LOS INVERNADEROS CON CUBIERTA DE FILME PLÁSTICO

a) De los mini-túneles a los grandes túneles

La aparición de los materiales plásticos en forma de filme, con un bajo peso por metro cuadrado y pequeño espesor, representó, en la década de los años 60, una verdadera revolución, tanto a nivel del diseño como de la fabricación de los invernaderos.

Los primeros intentos de cultivar bajo plástico se llevaron a cabo en Japón en los años cincuenta y, en Europa, en los años sesenta. Es entonces cuando aparecen los “mini-túneles” con una altura de 0,60 m a 1,0 m (Figura 3), en los que se podían cultivar

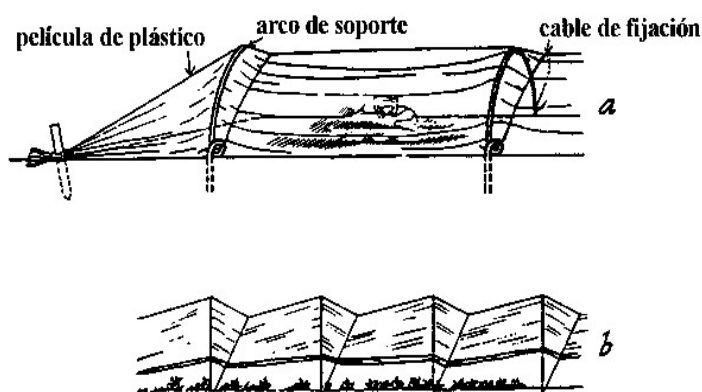


Figura 3. Mini-túneles de plástico

hortalizas que alcanzan una pequeña altura (melón, fresa, etc.). En 1959, fue cuando Fautz patentó una especie de campana hortícola que constituía en una serie de arcos cubiertos por una película de plástico.

Estas protecciones, no permanentes, fueron rápidamente adoptadas por los agricultores. En pocos años, se convirtieron en una herramienta clásica de producción. En la actualidad siguen teniendo mucho éxito, sobre todo en los países en vía de desarrollo, debido a su coste moderado. Esto se explica porque utilizan, en muchos casos, plástico de bajo coste o bien reciclado (Figuras 4 y 5). El cultivo en túneles bajos recibe el nombre de “semiforzado”, término que refleja la posición intermedia entre el cultivo al aire libre y el cultivo bajo invernadero, y el carácter no permanente de la cobertura.

Las estructuras con mayor volumen y altura, adaptadas para el cultivo de especies entutoradas como el tomate o el pepino, también se desarrollaron rápidamente, permitiendo al agricultor trabajar de pie y al abrigo de las intemperies. Primero se desarrollaron los conocidos túneles “walk-in”, con una altura no superior a 2 m y un ancho de 2 a 3 m (Figura 6).



Figura 4. Mini-túneles de plástico



Figura 5. Cultivos en pequeños túneles de plásticos en Nepal



Figura 6. Túnel plástico de tipo “Walk-in” y vista interior del túnel (Israel)

Poco después, a principio de los años 70, aparecieron los “grandes túneles” (Figura 7), que entran ya en la categoría de invernaderos en cuanto a las normas de seguridad y de construcción.

Figura 7. Abrigo túnel de plástico (Argelia)



La evolución entre los años 50 y 70 de la dimensión de estas estructuras en forma de arco se presenta en la Figura 8.

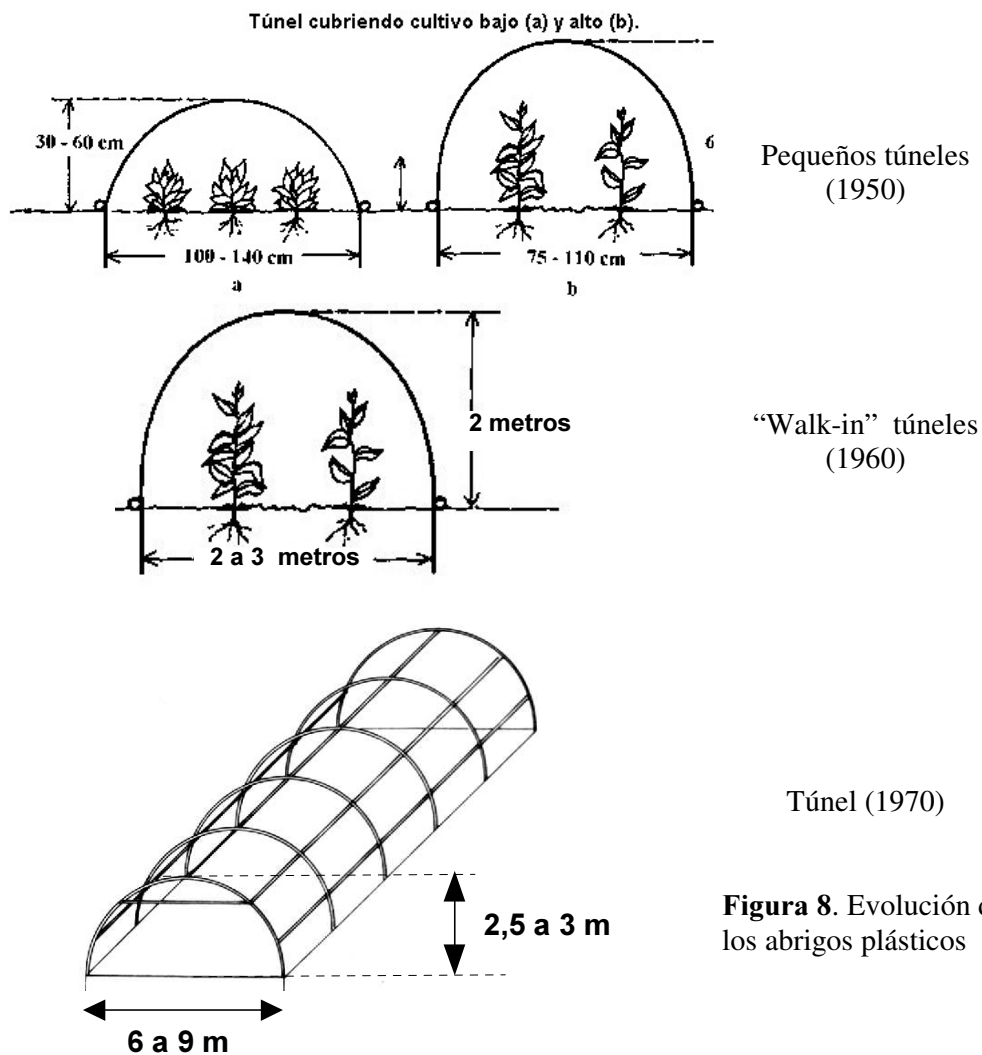


Figura 8. Evolución de los abrigos plásticos

b) Clasificación

Debido a la gran variedad actual de formas, dimensiones y material de estructuras, no es fácil encontrar una clasificación clara de la tipología de los invernaderos plásticos. La más comúnmente utilizada es la clasificación en función de la forma del invernadero (Figura 9).

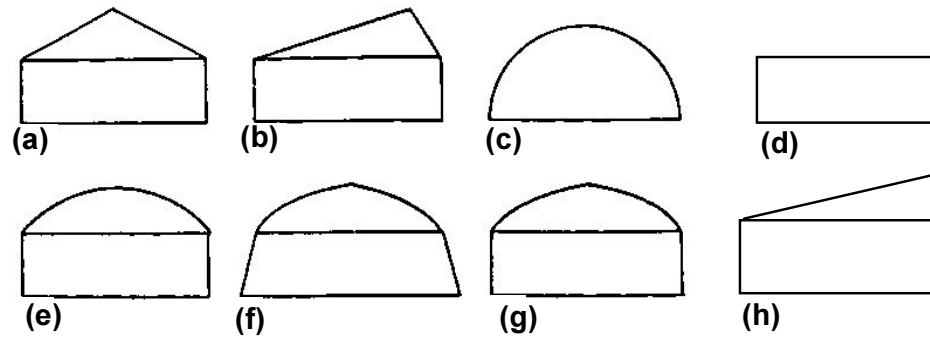


Figura 9. Las formas más usuales son, invernadero: (a) con techo plano simétrico a dos aguas; (b) con techos planos asimétricos; (c) de arco redondeado; (d) de techo plano sin pendiente o “parral” plano; (e) de arco redondeado con paredes verticales o cerramientos rectos; (f) de arco en punta, o en ojiva gótica, con paredes verticales o cerramientos inclinados; (g) de arco en punta con paredes verticales; y (h) con techo en “diente de sierra”.

Una ventaja de las formas curvas es que presentan una mayor facilidad para tensar el filme que las cubiertas planas. Las estructuras pueden ser de madera, de metal (acero, aluminio) y hasta de hormigón (postes). Esta variedad se explica ya que los primeros invernaderos de plástico fueron desarrollados por los agricultores con los materiales disponibles a nivel local localmente, siendo mejorados progresivamente con el tiempo. Es el caso de los invernaderos tipo parral, los invernaderos de madera de Portugal, y de Sicilia, etc.).

Además de la gran variedad de formas, las dimensiones de una unidad elemental, y el número de elementos adyacentes (invernaderos multinave o multicapilla) pueden variar de manera importante. Esto explica que, hoy día, encontremos una gran diversidad de invernaderos de plástico (Ver Unidad 3).

