


La **disponibilidad de los materiales** en el mercado y el precio de éstos, obligan a tomar decisiones menos ideales y más realistas en cuanto al tipo y al tamaño final del invernadero.

Las **dimensiones de un invernadero** siempre están regidas por las características excluyentes del cultivo principal que deseamos realizar –pero, sin descuidar aquellos aspectos generales que permiten introducir, a modo de salvaguarda, cultivos alternativos–.

En la decisión respecto de las dimensiones, también inciden las condiciones topográficas y climáticas de la zona. Si bien la orientación ideal consiste, como decíamos, en que la línea de la cumbrera acompañe el recorrido del Sol –es decir, de este a oeste–, muchas veces existen impedimentos naturales (montañas, bosques) o artificiales (casas, galpones, edificios) que producen sombras o que, por su ubicación dentro del predio, generan turbulencias ante la presencia de vientos intensos; y, aún cuando los vientos no encuentren estos obstáculos, el otro efecto que causan es la presión contra las paredes del invernadero, que puede provocar un deterioro importante y acortar la vida útil de los materiales que lo componen.

El conocimiento previo de estas limitaciones ambientales permite modificar tanto la ubicación como las dimensiones, sin resignar superficie cultivable, prestando atención a la parte de la estructura que queda expuesta a estos fenómenos climáticos y a la economía.


Como vemos, el campo de aplicación es muy vasto y la profundidad con la que se pueden abordar esta diversidad de contenidos, también.



El invernadero automatizado que proponemos como recurso didáctico no está sometido a condiciones ambientales extremas, ya que vamos a ubicarlo en un aula o en un taller. No obstante, resulta imprescindible estudiar qué influencias inciden en su estructura, cubierta y materiales componentes, en función del clima del lugar de emplazamiento real:

- temperaturas extremas,
- exceso de precipitación, sequía,
- nieve, granizo,
- vientos fuertes,
- tipos de suelo.

Este análisis climático hace a la fortaleza del invernadero y es de vital importancia en el momento de considerar su ubicación, su orientación, los materiales implicados, los anclajes, etc.

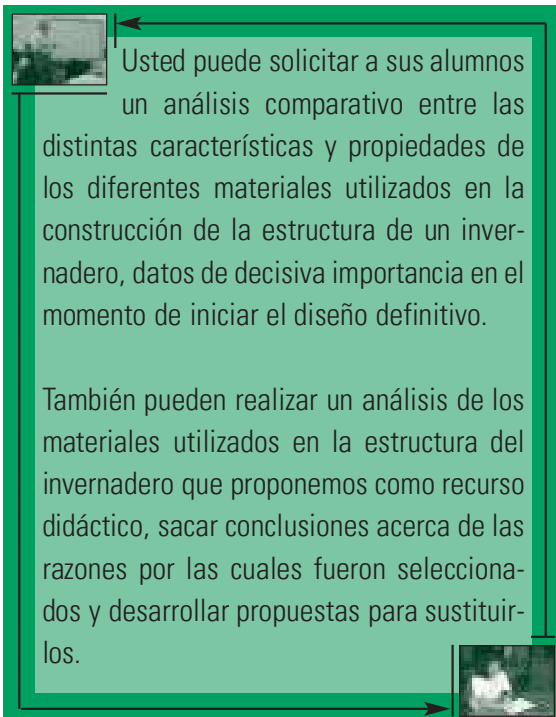


Para una misma área cultivable, por ejemplo para 350 m², el recinto puede tener las siguientes dimensiones: 8 x 43,75 m, ó 10 x 35 m, ó 12.5 x 28 m, ó 15 x 23,33 m. Si bien se trata de la misma superficie cubierta, la cantidad de material de cobertura necesario para los laterales –componente del sistema con mayor recambio y con más incidencia en el costo final del invernadero–, cambia sustancialmente en función de las dimensiones. Siguiendo el ejemplo anterior, los metros lineales necesarios para cubrir el perímetro de cada recinto son: 103.50 m para el primero, 90 m para el segundo, 81 m para el tercero y 76.66 m para el último.

Tenemos que tener en cuenta que el invernadero, como herramienta de producción, exige algunas condiciones para maximizar su aprovechamiento.

Debe permitir, por ejemplo, una buena ventilación o circulación de aire, la que favorece el control de la humedad y de la temperatura; en el interior del invernadero, el aire se calienta por la acción de la energía solar según la estación del año y por la incidencia de las especies que están cultivándose.

Por otra parte, es necesario que las plantas, a través de las paredes y del techo, reciban la mayor cantidad de iluminación y de energía calórica, las que inciden decisivamente en su crecimiento. El material de la cubierta y la sombra que pueda efectuar la estructura merecen, entonces, particular atención.



Usted puede solicitar a sus alumnos un análisis comparativo entre las distintas características y propiedades de los diferentes materiales utilizados en la construcción de la estructura de un invernadero, datos de decisiva importancia en el momento de iniciar el diseño definitivo.

También pueden realizar un análisis de los materiales utilizados en la estructura del invernadero que proponemos como recurso didáctico, sacar conclusiones acerca de las razones por las cuales fueron seleccionados y desarrollar propuestas para sustituirlos.

Otro aspecto importante a considerar es el relacionado con la accesibilidad. La disposición y la forma de los soportes y aberturas deben ser de fácil manejo, permitir el movimiento de las personas y brindar la posibilidad de realizar modificaciones internas, si éstas fueran necesarias.

Detengámonos, ahora, en la **estructura** del invernadero.

La estructura es el armazón del invernadero; en términos generales, se intenta que reúna las siguientes condiciones.

- ser ligera y resistente,
- estar conformada por material económico y de fácil conservación,
- ser susceptible a una ampliación -escalable-,
- ocupar poca superficie,
- adaptarse a los materiales de la cubierta.

Esta armazón estructural es la encargada de soportar y transmitir las cargas permanentes y accidentales: peso de la cubierta, el viento, la nieve, los tutores de plantas, los mecanismos y aparatos instalados en su interior —por ejemplo, los que posibilitan la apertura y el cierre de ventanas, techos o puertas, los ventiladores o extractores, los sistemas de riego y atomización del agua, la iluminación artificial, diferentes tipos de detectores y sensores, etc.—.

La estructura del invernadero es uno de los elementos constructivos que más detenidamente debemos estudiar, desde el punto de vista de su solidez y de su economía, a la hora de definirnos por un determinado tipo

de invernadero.

Los materiales más utilizados en la construcción de las estructuras de los invernaderos son madera, hierro, aluminio, alambre galvanizado y hormigón armado; es difícil encontrar un tipo de estructura que utilice solamente una clase de material, ya que lo común es emplear varias.

Para escoger la **cubierta** adecuada, es necesario tener en cuenta la situación geográfica, las temperaturas máximas y mínimas, la posibilidad de heladas, el régimen de vientos, la humedad relativa, el régimen de lluvias, la radiación solar y los requerimientos climáticos de la especie que vamos a sembrar.

El material de la cubierta constituye uno de los elementos que se deben tener en cuenta al momento de diseñar y calcular la estructura.

Para permitir una conjunción equilibrada entre cubierta y estructura, se prefieren los materiales plásticos a, por ejemplo, el vidrio.

Un material perfecto para la cubierta es aquél que reúne los requisitos de:

- buen efecto de abrigo,
- gran retención de calor,
- gran rendimiento térmico,
- gran transparencia a las radiaciones solares,
- gran opacidad a las radiaciones infrarrojas largas emitidas por suelo y plantas durante la noche.

Pero, los materiales que pueden cumplir todas estas exigencias son caros y exigen estructuras también costosas; se requiere de ellos que cuenten con el espesor y la flexibilidad de los plásticos, y con las propiedades ópticas del vidrio –muy permeable, durante el día, a las radiaciones de longitud de onda inferiores a 2.500 nanómetros o 3000 nm; y, por la noche, lo más opaco posible a las radiaciones de longitud de onda larga que son las que mantienen calientes a los invernaderos–.

Los materiales de cubierta pueden ser:

- Vidrio impreso o catedral.
- Plástico:
 - Plástico rígido: polimetacrilato de metilo (PMM), policarbonato (PC), poliéster con fibra de vidrio, policloruro de vinilo (PVC).
 - Plástico flexible: policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad (PE), etileno vinilo de acetato (EVA), policloruro de vinilo (PVC) y materiales coextruidos.

El **vidrio** es el primer material en utilizarse en la cubierta de invernaderos, hasta la aparición de los materiales plásticos. Se emplea, principalmente, en zonas de clima extremadamente frío o en cultivos especializados que requieren una temperatura estable y elevada.

El cristal que se utiliza como cubierta de invernadero es siempre el vidrio impreso –pulido por un lado y rugoso por el otro–.

En la colocación del cristal sobre la cubierta de la instalación, la cara rugosa queda hacia el interior y la cara lisa hacia el exterior. Así, recibe por la parte exterior casi todas las radiaciones luminosas que, al pasar a través suyo, se difunden en todas las direcciones al salir por la cara rugosa.

El vidrio es el material que presenta una transmisión óptica y térmica óptima; es no combustible, resistente a la radiación ultravioleta y a la polución, y mantiene sus propiedades iniciales a lo largo de su vida.

El principal problema del vidrio es su vulnerabilidad a los impactos; por esto, se desaconseja su uso en zonas con altas posibilidades de granizo. Otro inconveniente es su peso y que se comercializa en unidades pequeñas que requieren, por tanto, estructuras sólidas y estables que las soporten y que eviten la rotura del material por desplazamientos. Esto provoca, también, que los elementos estructurales produzcan importantes sombras dentro del invernadero y que se requiera un mantenimiento constante de limpieza y de sellado.

Si la opción para la cubierta del invernadero es el **plástico**, es muy importante hacer una buena selección, para lograr los resultados deseados y para reducir los riesgos de la inversión.

Los avances tecnológicos de los últimos años permiten disponer de una amplia gama de opciones de protección para los cultivos, consistente en diferentes tipos de películas plásticas.

Para seleccionar la cubierta plástica para un

invernadero, debemos tener en cuenta:

Luminosidad. La luz es la fuente de vida de las plantas y cumple un papel determinante en el crecimiento y en el desarrollo vegetativo; las plantas dependen de la energía solar para el funcionamiento de su complejo proceso fotosintético, por lo que los plásticos deben tener las propiedades de permitir que a ellas llegue la cantidad y la calidad de luz que las favorece. En consecuencia, los plásticos para invernaderos deben tener buena transmisión global de luz visible, poder de difusión de luz (eliminación o reducción de sombras) y antiadherencia al polvo.

Las **ondas luminosas** tienen asociada energía, la que se transmite en paquetes denominados fotones. La energía que posee la onda es proporcional a su frecuencia:

$$E = h\nu$$

Donde:

- E es la energía.
- h es la constante de Planck;
 $h = 6,624 \cdot 10^{-34}$ joule . s
- ν es la frecuencia.

La frecuencia de la onda que se propaga es proporcional a la distancia que recorre en un período, denominada longitud de onda λ .

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Donde:

- ν es la frecuencia de la onda que se propaga.
- λ = longitud de onda.
- c es la velocidad de la luz; $c = 3 \cdot 10^8$ m/s para el vacío.

Sanidad vegetal. La administración de la luz mediante la tecnología del plástico contribuye de manera muy positiva en la sanidad vegetal ya que, con la aplicación de filtros fotoselectivos, puede modificarse tanto la cantidad, como el rango de la luz solar, su calidad o su duración, provocando ambientes en los que se reduce de modo sustantivo la presencia de insectos y, por ende, la contaminación por virosis; la fotoselectividad es empleada, también, en el control de patógenos, bloqueando las radiaciones que favorecen la germinación de las esporas. Otro aspecto que involucra riesgos en la sanidad vegetal es la condensación de las gotas que se forman en el interior del invernadero, la cual puede causar serios problemas por germinación de patógenos; esto puede evitarse con la aplicación de aditivos que brindan propiedades antigoteo y que posibilitan que las gotas, en lugar de caer sobre los cultivos, se deslicen por la cubierta hacia los laterales y, luego, hacia el suelo del invernadero.

Temperatura. El factor más importante a controlar dentro de un invernadero es la temperatura; por lo tanto, el plástico debe tener propiedades IR (infrarrojo) –para brindar termicidad, cuando es necesario– y propiedades termorreguladoras –para limitar las oscilaciones térmicas–.

Radiación ultravioleta. Los plásticos para invernaderos tienen que tener estabilizantes, para impedir su degradación por el efecto de la luz ultravioleta (UV).

UV

- La luz ultravioleta es perjudicial para el desarrollo del cultivo en el espectro que va desde los 280 hasta los 315 nanómetros de longitud de onda, ya que produce quemazón y ennegrecimiento.
- Desde los 315 nm a los 400 nm, tenemos la posibilidad de formación de plagas o virus.
- En el rango comprendido entre los 400 y los 510, la radiación UV provoca efectos sobre el crecimiento de tallos y hojas.
- Desde los 510 a los 610, ocasiona poca respiración biológica.
- De los 610 a los 700, obtenemos la máxima actividad fotosintética y de síntesis de la clorofila.

La cubierta requiere, entonces, de un bloqueador de radiación UV de, por lo menos 315 nm. Si bien es conveniente que la protección o bloqueo de radiación UV sea superior a los 500 o 600 nm, el aumento del costo de un plástico con esta protección no siempre alcanza a justificarse.

Duración. La duración es uno de los aspectos que más interesa y preocupa a los usuarios. Está, en gran medida derivada de los estabilizantes, de la dispersión homogénea de los aditivos y depende, también, de la materia prima con la que se fabrique la cubierta y del sistema de extrusión empleado.

Los aspectos que se tienen en cuenta para evaluar la duración de un plástico para cubierta, están en función de las propiedades mecánicas del material:

- Resistencia al rasgado.
- Resistencia al envejecimiento.
- Flexibilidad.
- Resistencia a la acción de pesticidas e insecticidas.



La cubierta ideal debe, entonces, bloquear la radiación UV –pero, ser permeable a la radiación solar del resto de la banda hasta 3000 nm–, retener la energía calorífica generada por las radiaciones IR que emanan del suelo y de las plantas, eliminar los problemas que se derivan de la condensación; tener alta resistencia al rasgado y al envejecimiento; poseer propiedades coestabilizantes (resistencia a la acción de pesticidas e insecticidas), brindar buena transmisión global de luz visible, permitir buena difusión para homogeneizar la distribución de la luz y reducir las sombras, contar con propiedades fotoselectivas para bloquear la presencia de insectos, virus y hongos, disponer de una capa antiadherente al polvo, y garantizar larga duración.



El *policarbonato*, por ejemplo, es un polímero termoplástico con buena resistencia al impacto y más ligero que el polimetacrilato de metilo –PMM–. La presentación de este material es en planchas alveolares, que constan de 2 ó 3 paredes paralelas unidas transversalmente por paredes del mismo material. Las múltiples paredes de que consta la placa forman una cámara de aire dentro de los canales internos, la que hace aumentar el poder aislante en un porcentaje muy elevado, respecto al mismo material en placa sencilla. El grosor de las placas que se puede encontrar en el mercado es de 4 a 16 mm; éstas tienen una gran resistencia al impacto (grano, piedras, etc.) y, en su cara expuesta al exterior, están provistas de una película que protege de los rayos UV al resto del material, para evitar su degradación; su cara interior puede llevar un tratamiento anticondensación y antigoteo, que permite el deslizamiento de las gotas de agua para que no caigan sobre el cultivo. El policarbonato posibilita una buena difusión de la luz transmitida, reduciendo sombras y permitiendo que las plantas reciban la luz en toda su superficie y no solamente en la zona de incidencia. Es un material muy ligero, en función del grosor de la placa; a igualdad de espesor, su peso es de 10 a 12 veces menor que el del vidrio. Incluso en frío, sus placas pueden adaptarse a estructuras con perfiles curvos de radio suave. Su duración está garantizada en 10 años por los fabricantes.

Para completar la toma de decisiones respecto del diseño del invernadero –además de considerar los tipos, las dimensiones, la estructura y la cubierta– es necesario prever las **uniones**, fijaciones, encastres, etc.