

## Invernaderos en hidroponía, funcionalidad y diseño

Autores/as: Víctor Pizarro B., Constanza Jana A., Cornelio Contreras S.; Víctor Alfaro E., Gonzalo Ibacache A.  
INIA Intihuasi.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - INFORMATIVO INIA INTIHUASI N° 108 - AÑO 2022

Los sistemas hidropónicos persiguen producciones de alta calidad, alimentos inocuos y el uso eficiente del agua, mediante tecnologías que permiten modificar y controlar el ambiente, para satisfacer las necesidades de los cultivos.

La producción agrícola en invernaderos es el único método tecnológico que utiliza el control del ambiente, para alcanzar mayores rendimientos de los cultivos, donde es posible proteger y producir en lugares y momentos en los que las condiciones del clima y del suelo afectan negativamente el desarrollo de las plantas.

Un **invernadero** es una estructura de soporte, generalmente de madera o metálica, con una cubierta transparente o translúcida, que favorece la transmisión de la radiación solar, con el objetivo de modificar el ambiente interior para lograr un mejor rendimiento de los cultivos, con dimensiones que permitan a las personas trabajar en su interior.

La hidroponía en invernadero puede alcanzar una mayor densidad de planta y rentabilidad, pero requiere de manejos adecuados y especialización permanente de parte de los productores.



## Requerimientos para la ubicación del invernadero

**Suelo nivelado.** Idealmente en una zona topográfica plana sin pendiente, en caso que exista, debe ser menor a 5 % de manera de poder nivelar fácilmente.

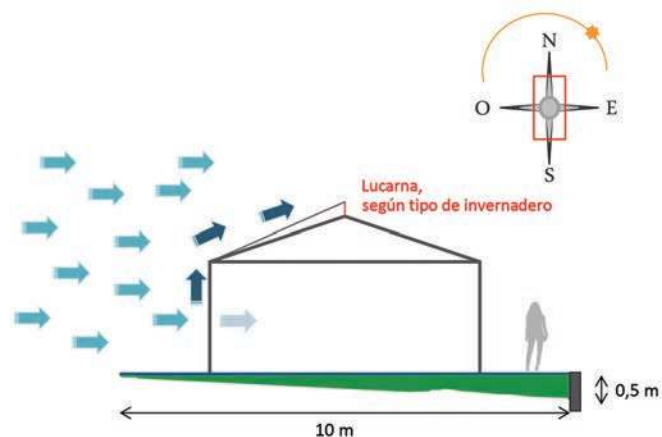
**Orientación.** Según dirección de vientos predominantes y luminosidad en relación al sol, como para aumentar la fotosíntesis de los cultivos y aumentar la temperatura interior. En el caso de la región de Coquimbo, donde los vientos generalmente son “*brisa fresca*” (<38 km h<sup>-1</sup>), predominan en sentido de los valles transversales, se recomienda orientación norte-sur para que los invernaderos reciban al menos seis horas diarias de luz solar.

**Localización.** La mejor ubicación para el invernadero es próximo a la vivienda del productor o productora, para que pueda realizar inspección constante de los cultivos; cercano a un empalme de energía eléctrica se recomienda que la instalación sea realizada por un instalador SEC certificado. Evitar zonas con quebradas y cauces, que en épocas de crecidas puedan damnificar la construcción; alejado de grandes árboles, donde la caída de ramas dañen la cubierta o estructura; alejado de plantas hospederas de plagas, las que aumentan la incidencia; evitar la cercanía a caminos polvorientos y zonas sombrías, que afecten la luminosidad al interior del invernadero.

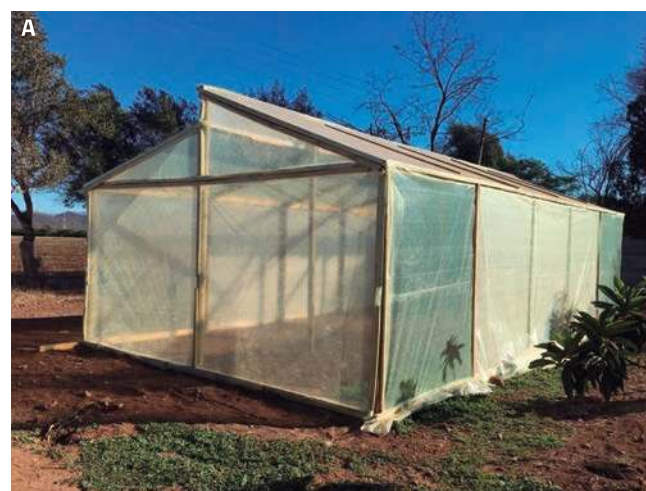
**Disponibilidad de agua y energía eléctrica.** Debe tener habilitada una fuente permanente de agua y electricidad, que permita operar los sistemas de recirculación y oxigenación del agua.

**Diseño invernadero.** Los más comunes corresponden a invernaderos “tipo túnel” y “tipo capilla a dos aguas”, este último con ventilación cenital o lucarna. Los invernaderos “tipo túnel” se caracterizan por recibir una radiación lumínica del 100 %, la que es captada en un 85 %, mientras que los invernaderos “a dos aguas” reciben una radiación lumínica de 80 %, captando alrededor de un 65 %. También, la relación largo-ancho influirá en gastos de material y la eficiencia energética, donde los invernaderos más largos, generalmente, son menos eficientes a la retención de calor, debido a la superficie expuesta con el exterior.

Seleccionado el terreno para ubicar el invernadero, se debe contar con un plano y medidas del diseño. Esta operación permitirá dar simetría, especialmente al momento de cuadrar y nivelar la superficie en que se construirá la estructura. Dentro del mismo diseño, considerar distribución interior del invernadero, donde se emplazará el sistema hidropónico, este puede alcanzar una densidad de plantas entre 24 y 28 por m<sup>2</sup>, con presencia de pasillos para un normal desplazamiento.



**Figura 1.** Esquema ubicación de invernadero, según nivelación 5 % y orientación, por vientos y luminosidad.



**Figura 2.** Diseños de uso común en la región de Coquimbo. **A.** Invernadero tipo capilla a dos aguas. Programa acuaponía INIA/UCN, 2021. **B.** Invernadero tipo túnel. Programa hidropónia zonas rezagadas Coquimbo, 2019.

## Parámetros y control del ambiente interno

**Cubiertas.** La transmisión de la radiación solar a través de la cubierta, influye tanto en el proceso térmico originado dentro de los invernaderos (balance energético), como en la actividad fotosintética de los cultivos. Los materiales de cobertura deben presentar características que favorezcan la entrada de la radiación en el día y durante la noche, reduzcan la pérdida del calor acumulado. Los materiales de cubierta deben conservar sus características durante su vida útil, por esto es que deben contener aditivos estabilizadores de luz ultravioleta (UV), los que también ayudan a proteger a las plantas de daños por radiación.

Los tipos de cubiertas plásticas para invernadero más comunes en la región son los del tipo polietileno (PE), tanto de baja (LDPE) o alta densidad (HDPE). Estos permiten que la transmisión de la luz solar se encuentre en rangos mayores a 85 %, son materiales ligeros, que se adaptan a diferentes ciclos térmicos (día/noche e invierno/verano), son fáciles de transportar y manipular, de menor costo en comparación a otros tipos de cubierta, los precios pueden variar entre los \$350 a \$1.400 por m<sup>2</sup>, dependiendo de la densidad, espesor (micras), durabilidad (1 a 4 temporadas) y resistencia. También se puede encontrar cubiertas de policarbonato (PC), las que presentan mayor durabilidad (6 a 8 temporadas), pero que tienen un costo mayor, alrededor de \$5.500 por m<sup>2</sup>.

En zonas interiores de los valles, con alta radiación y baja nubosidad, es recomendable el uso de plásticos opacos o difusores de luz, mientras que en zonas costeras, con climas húmedos y mayor presencia de nubosidad, se prefieren plásticos más claros.

Los **requerimientos térmicos** para producción de hortalizas de hojas en sistemas hidropónicos, alcanzan 20–25 °C durante el día y entre 10–15 °C durante la noche; si la temperatura ambiente está por encima o por debajo de los valores determinados como óptimos tendrá implicancias en la producción, pudiendo incluso producir muerte de las plantas.

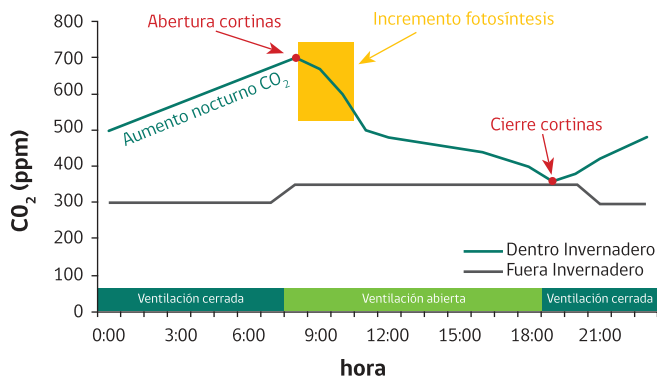
El dióxido de carbono (**CO<sub>2</sub>**) es esencial para que se produzca la fotosíntesis en las plantas, lo que se traduce en aumento de la precocidad, el rendimiento, la producción (del orden del 20 %) y la calidad de la cosecha. El aumento de CO<sub>2</sub> ocurre durante la noche, cuando las cortinas de ventilación permanecen cerradas. Las ventanas del invernadero al inicio del día deben abrirse, especialmente en verano y en climas cálidos, para alcanzar un balance entre el CO<sub>2</sub> acumulado y la radiación solar, lo que permitirá incrementar la actividad fotosintética. En el caso que la ventilación sea deficiente la actividad fotosintética descenderá.

En un sistema hidropónico, donde al agua dulce se le añaden sales minerales para obtener la solución nutritiva que las plantas asimilarán durante sus etapas de crecimiento y desarrollo, si la temperatura dentro del invernadero se eleva por sobre los 35 °C, se verá alterada la conductividad eléctrica, afectando la absorción de nutrientes y aumentando la proporción de sales en la masa de agua. Este efecto se entiende, porque al aumentar la temperatura, aumenta la tasa de evaporación.



**Figura 3. A.** Producción de lechugas con manejo de control de temperatura interior, mediante uso de malla sombra y ventilación, en verano. **B.** Crecimiento óptimo de berros, con temperaturas dentro de los rangos establecidos (13–26 °C).

La **humedad relativa**. Se relaciona con la transpiración de las plantas y es imprescindible para que el intercambio gaseoso y la fotosíntesis se puedan llevar a cabo. Los niveles de humedad más favorables para el desarrollo de los cultivos de hoja dentro de un invernadero se encuentran entre el 45 % y 60 %, humedades por sobre este rango, como suele ocurrir en sistemas hidropónicos debido a la condensación del agua en el interior, inciden en la transmisión de plagas y enfermedades, y las humedades bajas, podrían secar la planta. La transpiración de las hojas, también aumenta la humedad de un invernadero.



**Figura 4.** Esquema de la fluctuación diaria de CO<sub>2</sub> dentro de invernadero, con manejo de ventilación para el incremento de la actividad fotosintética de cultivos.

Es importante considerar que la **ventilación** es esencial para regular condiciones de temperatura, humedad relativa y balance del CO<sub>2</sub> al interior del invernadero. La ventilación natural es muy importante para el crecimiento óptimo de las plantas, especialmente en verano y en zonas cálidas. Durante la mayor parte del año, un buen sistema de ventilación natural permitirá mantener condiciones de microclima adecuado dentro del invernadero para los cultivos.

Los invernaderos deben considerar aberturas o ventanas de ventilación que representen al menos un 25 % respecto de la superficie del suelo. Es decir un invernadero de 50 m<sup>2</sup>, requerirá como mínimo aberturas de 12,5 m<sup>2</sup>, para una ventilación básica.

No obstante, para la producción de hortalizas hidropónicas en un ambiente controlado, donde se desea reducir la presencia de agentes externos que pudieran dañar los cultivos y afectar la calidad y su comercialización, se requiere de estrategias de exclusión del sistema productivo, donde las ventanas de ventilación se encuentren protegidas con mallas especiales, conocidas como mallas anti-insectos o antiáfidos.

El uso de **mallas anti-insectos**. Tiene efectos sobre el ingreso de insectos vectores de virus y la disminución del uso y dosis de productos fitosanitarios; también evita el ingreso



**Figura 5.** Efecto malla anti-insectos como barrera de ingreso a un invernadero.

de animales, pájaros y reducción de polvo en suspensión. Esta barrera también afecta la tasa de ventilación, reduciendo su eficiencia en un 60 % aproximadamente, por lo tanto, se debe considerar una mayor abertura de ventilación. Del ejemplo anterior, con un invernadero de 50 m<sup>2</sup>, el área de ventilación se incrementa a 85 % respecto del suelo, es decir, se requiere una abertura mínima de ventilación de 42,5 m<sup>2</sup>, por lo tanto **se recomienda que ambas caras laterales (largo) de los invernaderos estén diseñadas para la ventilación**. Mallas con una granulometría entre 40 a 55 mesh protegen de áfidos, minadores, moscas blancas, trips y ácaros, generalmente también tienen propiedades sobre el comportamiento al perturbar los vuelos por medio de la refracción de luz. Otorgan un porcentaje de sombra cercano al 25 %, son livianas y su costo promedio es de \$850 por m<sup>2</sup>, variando según los metros de ancho que van desde 1 a 5 metros.

La **altura del invernadero**. También es un factor a considerar, ya que regula de mejor forma la fluctuación de temperatura interior y reduce el porcentaje de sombra interior hacia los cultivos. Se recomienda que estos tengan al menos 4 m en la parte más alta y 2,5 m en los laterales.