

# INVERNADERO MODULAR PARA EL APRENDIZAJE DE CULTIVOS ORGÁNICOS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE DISEÑADORA INDUSTRIAL

ALUMNA **GERALDHINE LABBÉ WEBER**

PROFESOR **OSVALDO MUÑOZ**

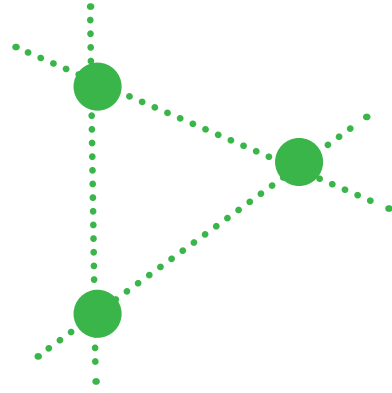


UNIVERSIDAD DE CHILE · FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA DE DISEÑO · CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
SANTIAGO · ENERO 2013









# INVERNADERO MODULAR PARA EL APRENDIZAJE DE CULTIVOS ORGÁNICOS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE DISEÑADORA INDUSTRIAL

ALUMNA **GERALDHINE LABBÉ WEBER**

PROFESOR **OSVALDO MUÑOZ**



UNIVERSIDAD DE CHILE · FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
ESCUELA DE DISEÑO · CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
SANTIAGO · ENERO 2013

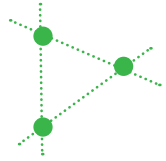
A mis padres, por la paciencia, la fuerza y todo el apoyo.

A mi hijo Manuel, por la comprensión y la ayuda.

A Cris, Felipe y también a Olivier, por toda la ayuda incondicional.

Al maestro Bob Marley por acompañarme en mis largas noches de trabajo.

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO</b>	<b>10</b>
2.1 Objetivos	11
2.2 Contexto del problema	12
2.3 Hipótesis	16
2.4 Problema de diseño	17
2.5 Propuesta de diseño	20
<b>3. FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	<b>22</b>
3.1 Movimientos en transición	23
3.2 Importancia de la educación ambiental dentro de los movimientos de transición	25
3.3 Agricultura orgánica: Definición y principios	27
3.4 Actividades implicadas en la agricultura orgánica	29
<b>4. ANTECEDENTES</b>	<b>34</b>
4.1 Funcionamiento de los invernaderos	35
4.2 Factores para el control climático	37
<b>5. REFERENTES Y EXPERIENCIAS</b>	<b>53</b>
5.1 Referentes	54
5.2 Actividades y pruebas relacionadas con el proyecto	60
5.3 Conclusiones	65
<b>6. PROYECTO</b>	<b>69</b>
6.1 Genesis formal	70
6.2 Propuesta formal	77
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>84</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>85</b>



# 1. INTRODUCCIÓN



Este proyecto forma parte de la iniciativa “Pucón en Transición”, que se desarrolla actualmente en la región de la Araucanía y que busca crear instancias para el aprendizaje de sistemas de vida sustentables, para la educación ambiental y para la producción local de alimentos y productos orgánicos.

Este proyecto se llama **“Invernadero modular para el aprendizaje de cultivos orgánicos”** y consiste en un **sistema modular de invernaderos**, que permite desarrollar el aprendizaje, la experimentación y el intercambio de conocimientos, entre niños y adultos, acerca de sistemas para desarrollar cultivos orgánicos. La repetición de este módulo en distintas posiciones genera diferentes formas y diferentes recorridos, su forma o configuración puede cambiar y adaptarse a los diferentes espacios en los que podría ser emplazado.

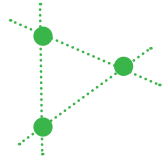
Una de las cualidades de los seres vivos es su capacidad de adaptarse a los cambios del medio ambiente (adaptación biológica). El invernadero debe funcionar como un contenedor de vida, por lo tanto debe albergar y proteger a las plantas de los cambios del medio ambiente, cambiando su forma para mantener el ambiente adecuado, para el óptimo crecimiento de las plantas.

Este proyecto se puede definir como un artefacto móvil, que permite cambios en su disposición y en su forma para poder adaptarse a los cambios del entorno. Al igual que los seres vivos, posee mecanismos para “respirar”, es decir, para la constante entrada y salida de aire, y para “hidratarse”, o tomar el agua del entorno y alimentar a los organismos vivos en su interior.

En la localidad de Pucón y sus alrededores, surge la necesidad de crear instancias para el aprendizaje de cultivos orgánicos a través de la práctica y la experimentación. Esta necesidad, a su vez, surge del problema de la baja calidad de la alimentación, la falta de conocimientos acerca del ciclo de vida de los productos y los alimentos.

Este proyecto responde a la necesidad de la comunidad por desarrollar estas instancias de aprendizaje, y el objetivo es crear un artefacto modular que pueda cambiar su configuración y adaptarse al medio o espacio en el que está inserto.

El invernadero se plantea como un “artefacto vivo”, en el sentido de que es adaptable y puede cambiar su forma o su patrón de orden. Para que estos cambios se produzcan es necesaria la acción de las personas. De este modo, mediante la experiencia y la observación, aprenden a producir las condiciones climáticas óptimas para el crecimiento de las plantas.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

## 2.1 OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

**Desarrollar un sistema de módulos para el aprendizaje de cultivos orgánicos, que albergue el acto de la experimentación y el intercambio de conocimientos.**

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollar un sistema de módulos de aprendizaje que permitan a las personas experimentar con los elementos que influyen en el desarrollo de los cultivos (agua, aire, sombra, humedad), para generar las condiciones óptimas para la obtención de alimentos y hierbas de diferentes especies.
- Crear un sistema modular de invernaderos, que permitan generar diferentes formas de agrupación y recorrido.
- Desarrollar módulos para que puedan ser utilizados por niños a partir de los 5 años y adultos.
- Generar una estructura desarmable, que se pueda transportar, por posibles cambios de ubicación de los invernaderos.
- Desarrollar un sistema de captación de agua lluvia para utilizarla en un sistema de riego por goteo, que permita entregar el agua necesaria a la tierra durante las épocas de lluvias.
- Desarrollar un sistema de riego por goteo que distribuya el agua a toda la superficie del invernadero.
- Desarrollar la forma del invernadero de manera que se pueda trabajar individual o grupalmente.

## 2.2 CONTEXTO DEL PROBLEMA

Este proyecto de diseño forma parte de la iniciativa llamada "Pucón en Transición: Herramientas para una cultura de sustentabilidad" donde actualmente trabajan cerca de 30 personas en conjunto con algunas instituciones y empresas como:

- I. Municipalidad de Pucón
- Consejo Ambiental de Pucón
- Junta de Vecinos Prudencio Mora
- Junta de Vecinos Villa Lafquén
- Unión de Juntas de Vecinos de Pucón
- Instituto Chileno de Permacultura
- Cámara De Turismo de Pucón
- Cámara de Comercio de Pucón
- Fundación Cóndor Blanco
- Camina Consultores
- Productora El Grillo Producciones
- Kod Kod Restaurant
- Centro Cultural Infantil Waldorf Pucón
- Asociación procertificación Forestal FSC Mawudakom
- Programa Ambiental Intermunicipal PAI
- Restaurant Trawen
- Vivero la Brujita
- Restaurant Comida Mapuche Anita Epulef
- Hotel Antumalal
- CONAF

Mapa ubicación del proyecto



● Pucón, IX Región de la Araucanía.

El problema que busca resolver la iniciativa “Pucón en Transición” corresponde a la **falta de conciencia y cuidado del medio ambiente que existe actualmente en la localidad:**

“La comuna de Pucón debe en gran parte su importancia como centro turístico a la belleza paisajística de sus alrededores y su aparente limpieza, pues son los factores naturales los que sostienen la oferta turística de la comuna. A pesar de la obvia importancia de mantener la calidad de este entorno, **Pucón carece de una convicción colectiva al respecto y de una cultura que pueda minimizar los actuales impactos negativos ambientales.** Los impactos críticos, vistos en deterioro de la calidad de agua del lago Villarrica, basura en lugares naturales, sobreuso y/o falta de manejo de energía (leña, electricidad), sobrecarga turística, pérdida de calidad de hábitat para la vida silvestre y los expectantes impactos del cambio climático, podrán ser mitigados si se logra una difusión y capacitación que apunte a modificar ciertas actitudes y conductas y a aumentar el compromiso local sobre los temas prioritarios.” <sup>1</sup>

En términos generales, la iniciativa de Pucón en transición busca: “mejorar la conciencia de los valores y conceptos en torno al Cambio Climático para motivar la Transición hacia una sociedad sustentable.”

En términos más específicos, uno de los objetivos de esta iniciativa, es generar instancias para desarrollar el conocimiento o la conciencia del ciclo de vida de los productos que consumimos para satisfacer nuestras necesidades y sus efectos en nuestro organismo y en el medio ambiente.

En resumen, “Pucón en Transición” busca generar **instancias de aprendizaje en conjunto con la comunidad, de sistemas de vida sostenibles** <sup>2</sup> y transmitir a los niños estos conocimientos, fomentando conductas como el respeto hacia el medio ambiente, hacia las personas, el cuidado de la naturaleza, y el fortalecimiento las redes dentro de la comunidad.

Este proyecto surge como la respuesta a la necesidad de la comunidad de generar instancias de **aprendizaje e intercambio** de conocimientos acerca de sistemas de cultivos orgánicos y de la necesidad de entender los ciclos de la naturaleza para el autoabastecimiento de alimentos, hierbas y productos derivados.

---

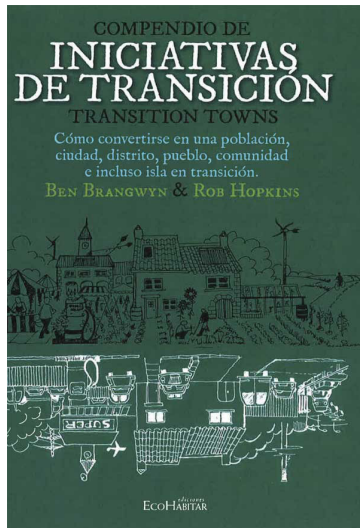
<sup>1</sup> Texto extraído del documento de postulación del proyecto “Pucón en Transición” al Fondo de Protección Ambiental (FPA) que fue otorgado el año 2011.

<sup>2</sup> El Desarrollo sostenible es aquel que logra satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de satisfacción de las futuras generaciones. Informe Brundtland. Informe socio-económico elaborado por distintas naciones en 1987 para la ONU.

Este proyecto nace de un encargo dado por la iniciativa “Pucón en transición” que busca generar conductas más sustentables para la localidad de Pucón y sus alrededores. Específicamente el encargo consiste en un invernadero que se pueda instalar en colegios o centros comunales o en cualquier instancia de reunión de personas de la comunidad, que sirva para la **experimentación y el aprendizaje** de cultivos orgánicos. El proyecto en su primera etapa será instalado en el Colegio Waldorf Pucón, en una segunda etapa será promocionado en diversos colegios de la zona.



Imágenes de actividades de siembra en huertas orgánicas. Colegio Waldorf, Pucón.



“Pucón en transición surge de la iniciativa “Transition Towns”, que nace en Inglaterra y que actualmente se ha desarrollado en varios países del mundo y en varias regiones de Chile.<sup>3</sup>

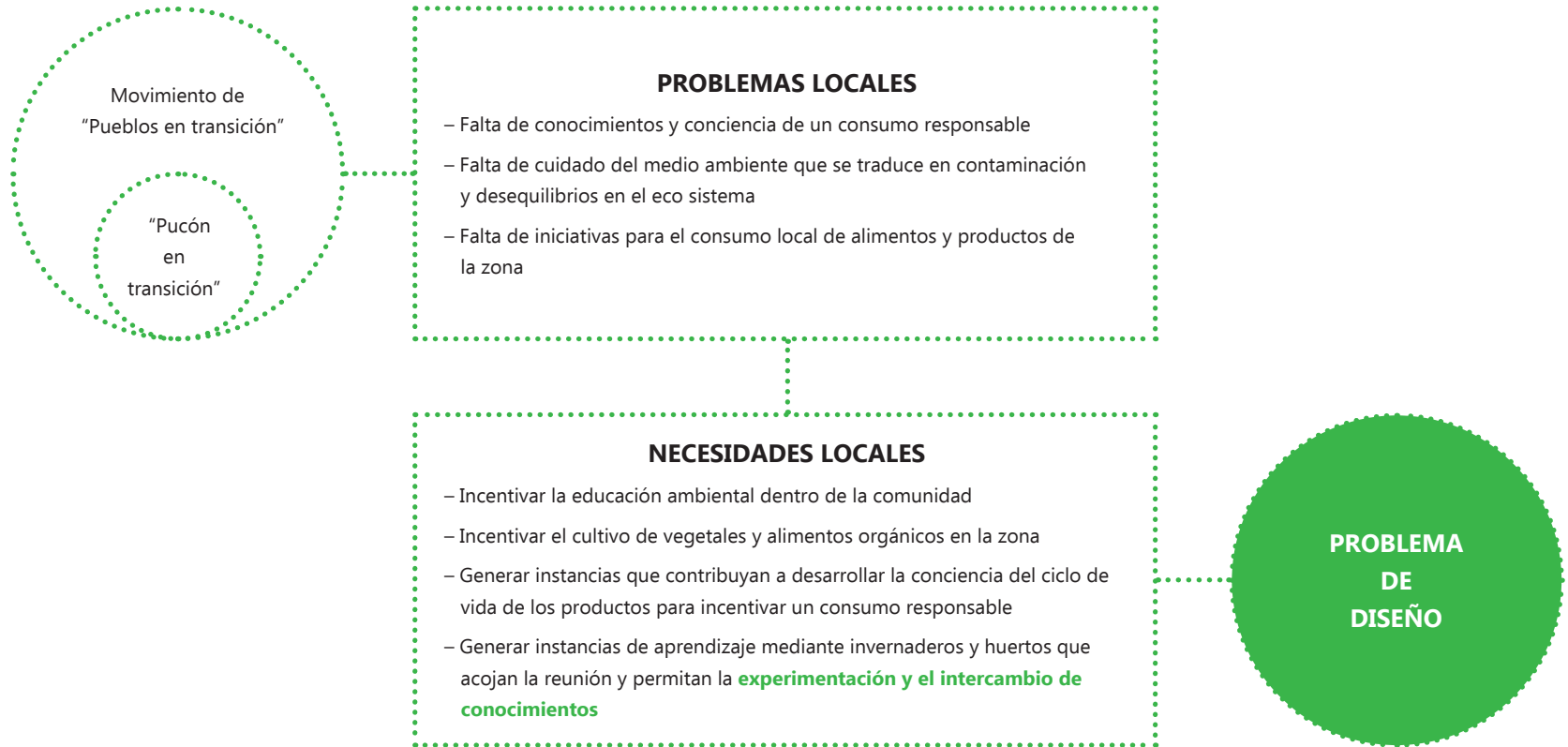
Una portada de los libros escritos por los creadores del movimiento de transición, Ben Brangwyn y Rob Hopkins.



Imágenes de instancias de aprendizaje de cultivos orgánicos en invernaderos. Colegio Ecológico Madrigal, Collipulli.

<sup>3</sup> Actualmente existe un creciente número de iniciativas de transición en Chile, alguna de ellas son: “Quillota en transición”, “Aconcagua en transición”, “Bío Bío en transición” e iniciativas de transición en Santiago.

## Esquema explicativo del contexto del proyecto



## 2.3 HIPÓTESIS

Al generar un sistema modular de invernaderos, como una instancia de **reunión, experimentación y aprendizaje** en colegios o centros donde se reúnan diferentes personas de la comunidad, se generará una instancia propicia para el trabajo y la adquisición de conocimientos de sistemas de cultivos orgánicos que fomentarán el consumo y la comercialización de alimentos y productos orgánicos locales.



## 2.4 PROBLEMA DE DISEÑO

El primer encargo de este proyecto es la construcción de un sistema modular de invernaderos para el colegio Waldorf Pucón, que se encuentra ubicado en el sector de los Riscos, entre Pucón y Villarica, en la novena región.

Los requisitos de este proyecto son:

- Que albergue la reunión de adultos y niños a partir de los 5 años, edad en que comienza el trabajo de la huerta orgánica, como una asignatura del colegio;
- Que sirva para la experimentación y el aprendizaje de los ciclos naturales y del desarrollo de los alimentos y hierbas cultivadas orgánicamente; y,
- Que los invernaderos puedan emplazarse en diversos sectores del lugar, en distintos espacios y recorridos.

El problema de diseño surge porque en las épocas de lluvia, los niños trabajan los cultivos en invernaderos, pero **las formas actuales de invernaderos no responden a la necesidad de ser una instancia para la reunión y el aprendizaje o una instancia para compartir y experimentar**, que es lo que busca generar la iniciativa de Pucón en transición. Y por otro lado, su forma y funcionamiento, **no responden a uno de los principios básicos de la agricultura orgánica que tiene que ver con aprovechar al máximo los recursos naturales del entorno**, como el agua lluvia.

Los invernaderos que actualmente se utilizan en la zona, son generalmente para dos fines:

- **Para aumentar la producción de especies de cultivos a gran escala.** Estos sistemas generalmente son grandes estructuras que requieren una gran inversión inicial porque funcionan con sistemas automatizados de control de humedad y temperatura.
- **Para el consumo personal o familiar, a una pequeña escala de producción.** Estas formas de cultivo son utilizadas por los pequeños agricultores, para comercialización o consumo personal.

Ambas formas responden a la necesidad de cultivar y producir vegetales y alimentos, pero ambas formas carecen de las propiedades para acoger el acto de la reunión para el aprendizaje.



Croquis que muestra el trabajo en invernaderos del colegio Ecológico Madrigal. Su forma lineal impide **el enfrentamiento y la visualización** entre las personas.

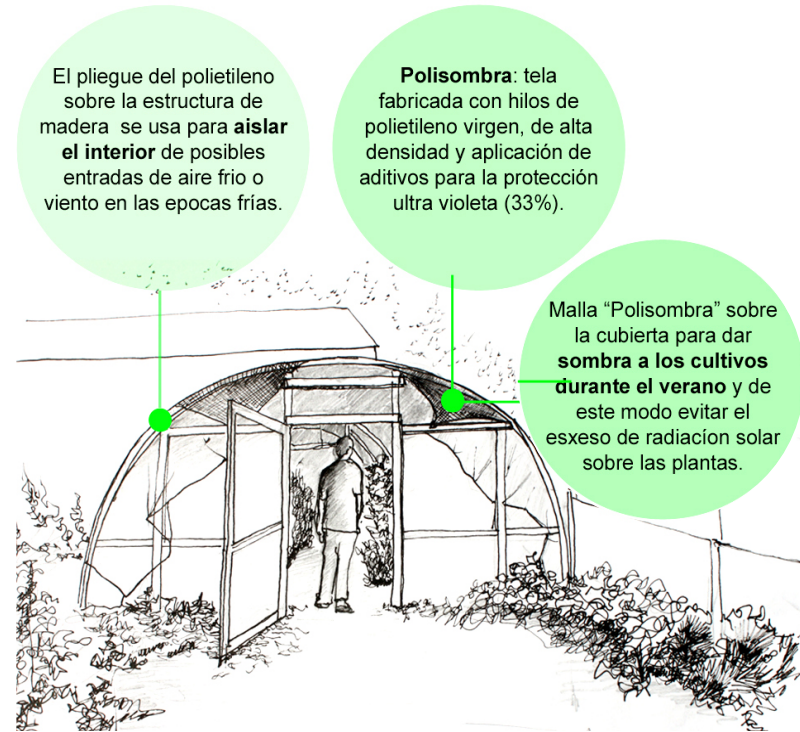
Los invernaderos de cultivos orgánicos son utilizados generalmente, para huertos familiares. Las formas más utilizadas son los invernaderos llamados **túnel** y **capilla**. La estructura de estos invernaderos resulta estática, dificultando la adaptación a los distintos fenómenos climáticos, su forma es rígida, con mecanismos de ventilación poco eficientes, carecen de sistemas de regadío o sistemas de captación de agua lluvia, lo que implica un un gasto innecesario para regadío en las épocas de lluvia.<sup>4</sup>



**Invernadero tipo túnel** utilizado para cultivos orgánicos a nivel familiar. Materialidad: madera, coligüe, polietileno.



**Invernadero tipo capilla**, con una de sus caras laterales de mayor longitud orientada acia el Norte, para mayor aprovechamiento del sol.



**Materiales :**

- Pino radiata (1" x 3") para la estructura paredes laterales
- Colihue para la estructura de la techumbre
- Polietileno para la cubierta

Las formas utilizadas en invernaderos, crean una membrana impermeable, que impide el paso de la lluvia como solvente para llevar los nutrientes de la tierra a las plantas, las personas deben invertir en sistemas de regadío que son conectados a la red de agua potable o mediante bombas eléctricas que transportan el agua desde un pozo. Esto implica un gasto innecesario de agua o electricidad durante las épocas de lluvias.

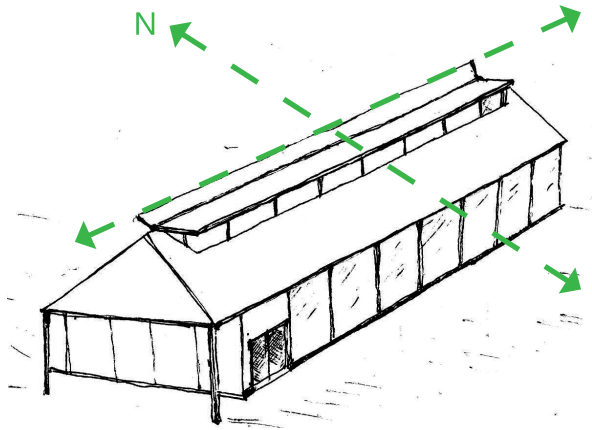
El problema surge porque el principio de la agricultura orgánica, que tiene que ver con **aprovechar los recursos del entorno**, no tiene relación con la forma existente de los invernaderos en la zona.

<sup>4</sup> Esta región presenta características de clima templado lluvioso, las precipitaciones varían entre 1.500 y 2.500 mm, con periodos secos de uno a dos meses. Por tanto, el recurso del agua lluvia es uno de los recursos más abundantes en la región.



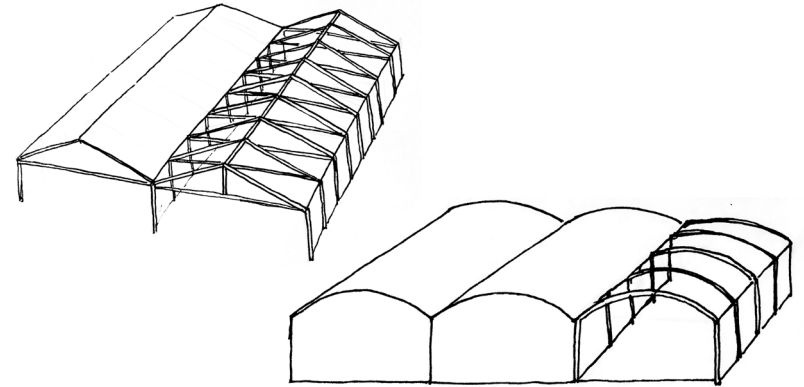
Otro ejemplo de un invernadero tipo **capilla** con estructura de madera, utilizado para cultivos orgánicos a nivel familiar. La imagen muestra diseño precario en los elementos de la estructura, los sistemas de ventilación y detalles constructivos.

Estas formas además carecen de sistemas de ventilación y generadores de sombra para las épocas más cálidas (primavera, verano) y carecen de sistemas que aprovechen el agua lluvia que cae en las épocas de lluvia.

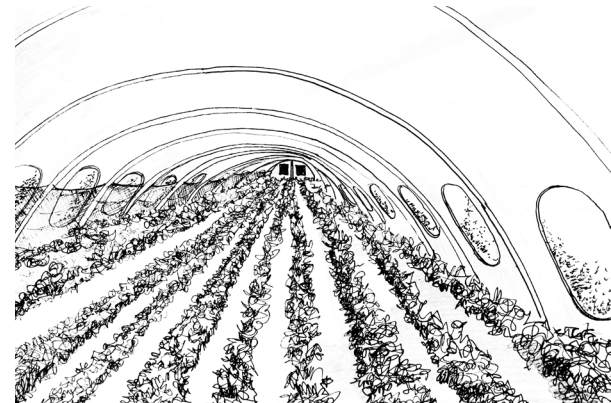


Estructuras de superficies rectangulares, con las caras de mayor longitud orientadas hacia Norte y hacia el sur. Estas formas alargadas, por su tamaño, generalmente impiden el acto de la reunión y del enfrentamiento de las personas (frente a frente) para compartir o intercambiar ideas o conocimientos.

Otro problema derivado de estas formas, es que generan una zona sombría dentro del invernadero, la cara orientada al sur, donde se genera las temperaturas más bajas. Esto produce problemas para el crecimiento de los cultivos en esta zona dentro de las épocas de otoño e invierno.



Las formas utilizadas para cultivos a una mayor escala generalmente son invernaderos tipo capilla o doble capilla y tipo túnel que funcionan con sistemas automáticos de ventilación y regadío que requieren una gran inversión.

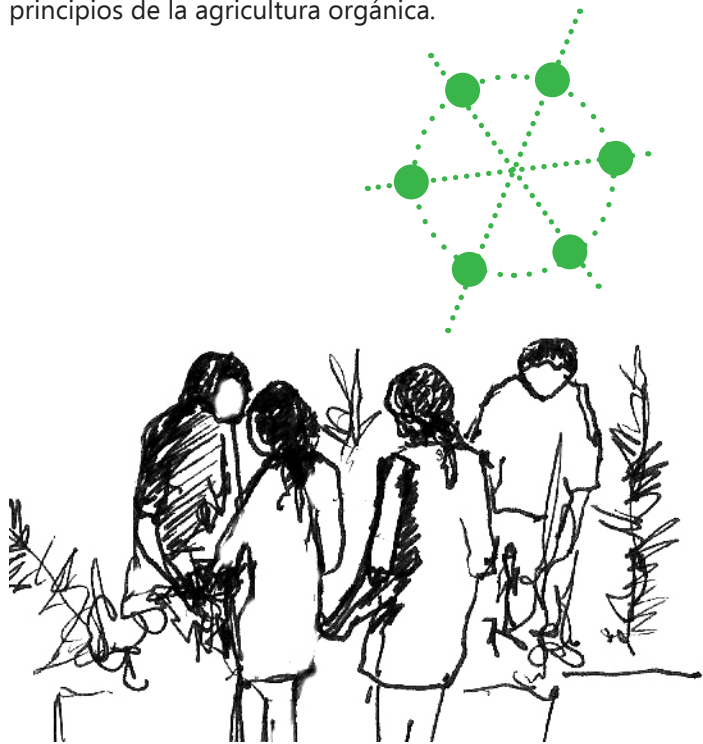


Croquis de un invernadero tipo túnel con sistema de ventilación lateral y mallas de sombreo en la cara de mayor asolamiento. Estos invernaderos son diseñados para una mayor escala de producción ocupando grandes superficies de terreno para su emplazamiento.

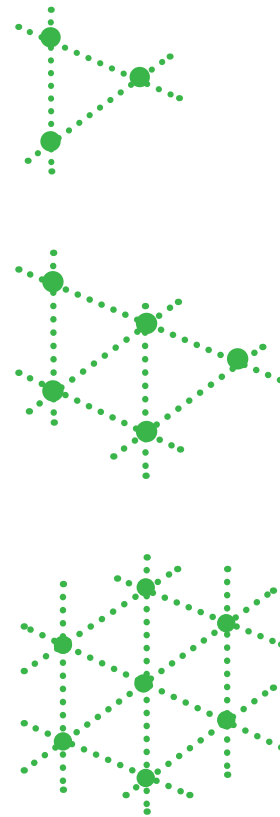
## 2.5 PROPUESTA DE DISEÑO

Frente a estos problemas de diseño, **se propone crear un invernadero, móvil, adaptable al espacio y al medio ambiente, que acoja la reunión y el intercambio entre las personas.**

Que su forma permita captar el agua lluvia del exterior y usarla para riego y, de este modo, dar respuesta a las necesidades de aprendizaje y alimentación de la comunidad, respetando los principios de la agricultura orgánica.



El sistema modular posee la flexibilidad para crear diferentes configuraciones. Esto permite que la forma pueda adaptarse a los distintos emplazamientos o espacios



Se propone un sistema de cultivo de cama alta, que permite una postura de trabajo confortable. Este sistema además permite proteger los cultivos de ciertos insectos y animales



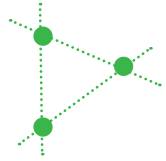
Croquis de un sistema de cultivos de cama alta. Permite al usuario trabajar con una postura erguida, levantando la cama de cultivo a una altura cercana a una mesa de trabajo, mejorando la postura con respecto a los cultivos realizados a nivel del suelo.

Con este sistema se pretende crear un cobijo al acto de la reunión y dar confortabilidad al tabajo en la huerta.

Debido a la variedad de edades de los posibles usuarios, se plantea un sistema modular que pueda variar la altura de las camas en al menos dos tamaños, para que los niños menores de 6 años tengan también la posibilidad de trabajar sin problemas de alcance dentro del invernadero.



Croquis que muestra la postura inadecuada que produce fatiga en los sistemas de cultivo a nivel de suelo.



# 3. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 3.1 MOVIMIENTOS EN TRANSICIÓN

Pucón en transición es un proyecto que comienza el 2010 y surge de la iniciativa de “Pueblos en Transición”. Esta iniciativa puede definirse como “la respuesta de las comunidades de personas al declive de la Era Industrial, marcada por el del Petróleo, desde un presente que depende de los combustibles fósiles, el consumo desaforado, la destrucción del Planeta y las desigualdades entre los pueblos, a otra realidad deseable basada en la localización de la producción, el uso de la energía y los bienes que se pueden obtener de manera sostenible de nuestro Planeta, la preeminencia de la colectividad, la recuperación de las habilidades para la vida y la armonía con el resto de la Naturaleza.”<sup>5</sup>



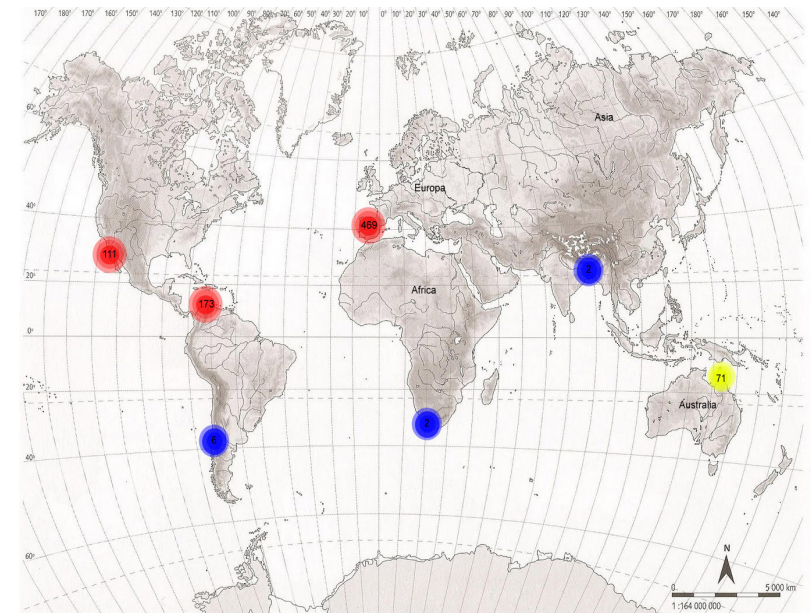
Logotipo del movimiento en transición en Londres, Inglaterra.

Imagen del logo del movimiento en transición en Japón.



El impulsor del “Movimiento de Transición” fue Rob Hopkins, quien puso en marcha el proyecto del primer “pueblo en transición” en Totnes, Inglaterra.

Mapa de iniciativas de transición en el mundo



Existen iniciativas de transición en Estados Unidos, Canadá, Francia, Reino Unido, Australia, Alemania, Portugal, España, Dinamarca, Holanda, Japon, Argentina y Chile.

<sup>5</sup> Definición extraída de la pagina web de Movimientos en transición / [www.movimientotransicionpbworks.com](http://www.movimientotransicionpbworks.com).

Las iniciativas de transición buscan generar instancias de reunión y aprendizaje dentro de las comunidades (comuna, pueblo, aldea, etc.), para fortalecer las redes y encontrar en conjunto, soluciones a problemas locales relacionados con la ecología, como la contaminación del aire, de la tierra y de las aguas, derivados de problemas que surgen de la falta de educación ambiental.

El sistema modular de invernaderos que se diseña para “Pucón en Transición”, está basado en las necesidades de esta iniciativa de crear **instancias para la reunión y el aprendizaje de sistemas de vida sustentables**, su forma responde a los requerimientos de mantener un microclima adecuado para cierta especie de vegetales, y también, responde a la necesidad de ser una instancia para la reunión y la generación de redes y conocimientos dentro de la comunidad.

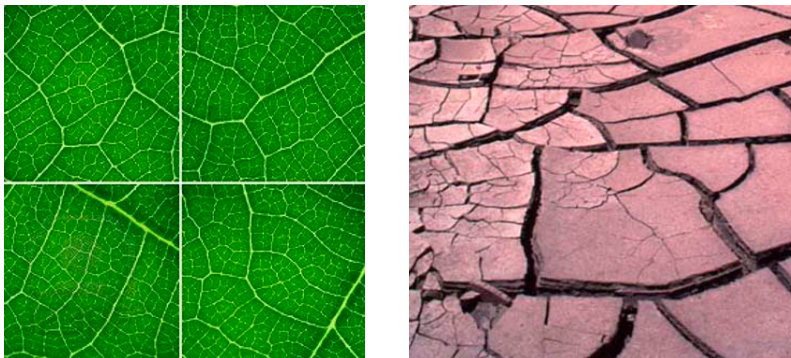




### 3.2 IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL DENTRO DE LOS MOVIMIENTOS DE TRANSICIÓN

Los movimientos de transición están preocupados por crear una conciencia ecológica dentro de las comunidades, buscando difundir el concepto de alfabetismo ecológico. Este concepto se puede entender como la **comprensión de los patrones o principios de organización de los ecosistemas**. El conocimiento de esos principios de organización, es lo que se denomina «alfabetismo ecológico».

“En las décadas venideras, la supervivencia de la humanidad dependerá de nuestra alfabetización ecológica, es decir, de nuestra habilidad para comprender los principios básicos de la ecología y para vivir conforme a ellos. Esto significa que la eco-alfabetización debe convertirse en una habilidad fundamental para políticos, negociantes, y profesionales en todos los campos, y ser la parte más importante de la educación en todos los niveles, desde primaria y secundaria, hasta universidades y capacitación continua de profesionales.”<sup>6</sup>



Imágenes de un tipo patrón de la naturaleza. A la izquierda, la estructura de una hoja de álamo. A la derecha, imagen del desierto de atacama.

Los movimientos de transición buscan generar una difusión del concepto de eco-alfabetización (o alfabetización ecológica), para contribuir a crear conciencia de sistemas de vida sostenibles dentro de las comunidades, a través de la creación de redes de acción y conocimientos.

“La naturaleza sostiene la vida creando y nutriendo comunidades, y ningún organismo independiente puede existir aislado. Los animales dependen de la fotosíntesis de las plantas para adquirir energía, las plantas dependen del dióxido de carbono producido por los animales, así como del nitrógeno fijado en sus raíces por las bacterias, y juntos, plantas, animales y microorganismos, regulan toda la biosfera y mantienen las condiciones necesarias para la vida.”<sup>7</sup>

Para crear sistemas de vida sostenibles es necesario crear una **red de relaciones**, y por tanto es necesario involucrar a toda la comunidad.

---

<sup>6</sup> Cita extraída del ensayo “Uniendo los puntos entre alimentación, salud y medio ambiente”, por Fritjof Capra, cofundador y miembro de la junta del Centro para la Ecoalfabetización. Veracruz, México.

<sup>7</sup> Cita extraída del ensayo “Uniendo los puntos entre alimentación, salud y medio ambiente”, por Fritjof Capra, cofundador y miembro de la junta del Centro para la Ecoalfabetización. Veracruz, México.

Las iniciativas en transición se basan en el principio de que para crear un sistema de vida sostenible es necesario fortalecer y nutrir las comunidades. “Una comunidad humana sostenible interactúa con otras comunidades (humanas y no humanas) en formas que les permiten vivir y desarrollarse de acuerdo a su naturaleza.”<sup>8</sup>

Este proyecto es una instancia de aprendizaje para la comunidad, acerca de los **patrones y ciclos de vida** de los vegetales, de la naturaleza y de la vida humana como parte de la naturaleza. También es una instancia de reunión y generación de redes de conocimiento dentro de la comunidad.

---

<sup>8</sup> Cita extraída del ensayo “Uniendo los puntos entre alimentación, salud y medio ambiente”, por Fritjof Capra, cofundador y miembro de la junta del Centro para la Ecoalfabetización. Veracruz, México.

### 3.3 AGRICULTURA ORGÁNICA: DEFINICIÓN Y PRINCIPIOS

El encargo de este proyecto es generar una **instancia de reunión y aprendizaje acerca de sistemas de cultivos orgánicos**.

Por esto debemos considerar los principios de la agricultura orgánica como principios ordenadores, al momento de proyectar la forma del invernadero.

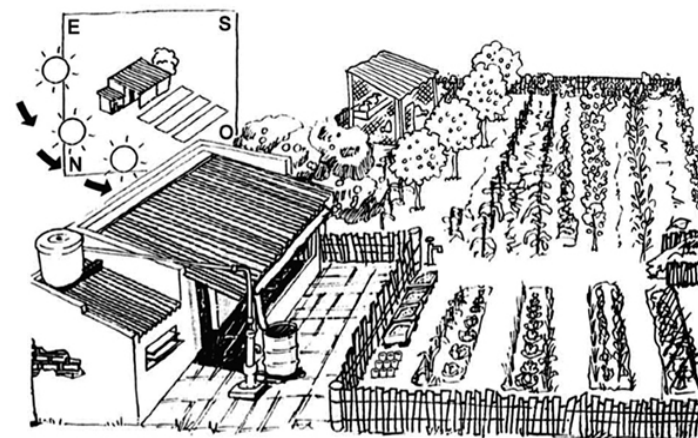
**La Agricultura Orgánica o Agricultura Ecológica**, es un sistema de producción en el cual se manejan los recursos naturales sin la utilización de productos químicos. Este requerimiento surge de una preocupación por la salud y una necesidad de protección del medio ambiente. Se considera que el uso de agroquímicos sintéticos puede ser nocivo para la salud y para el medio ambiente:

“En la actualidad existe una búsqueda de tecnologías limpias de producción, amigables con el medio ambiente, que permitan generar productos libres de contaminantes, para así lograr una agricultura más sustentable.”<sup>9</sup>

Según la definición propuesta por la comisión del Codex Alimentarius del programa conjunto FAO/OMS. La Agricultura Orgánica es **“un sistema global de gestión de la producción, que fomenta y realza la salud de los agroecosistemas, la diversidad biológica, los ciclos biológicos, la actividad biológica del suelo”**.

<sup>9</sup> Cita extraída del ensayo “Uniendo los puntos entre alimentación, salud y medio ambiente”, por Fritjof Capra, cofundador y miembro de la junta del Centro para la Ecoalfabetización. Veracruz, México.

Estos sistemas de cultivos orgánicos se enfocan en la fertilidad del suelo, como base para una buena producción, respetando las exigencias y capacidades naturales de las plantas, los animales y el paisaje.



Los principios fundamentales de la agricultura orgánica son:

- Utilizar al máximo los recursos del entorno
- Poner énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica
- Minimizar el uso de los recursos no renovables
- No utilizar fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana

La norma chilena de producción orgánica define los elementos en los cuales debe basarse la agricultura orgánica <sup>10</sup>:

- Realizar prácticas silvoagropecuarias que no deterioren los recursos productivos y que **restablezcan los equilibrios naturales**.
- **Favorecer la fertilidad del suelo**, desde un punto de vista químico, físico y biológico.
- **Conservar o aumentar la materia orgánica del suelo**, reciclando los restos de la cosecha, poda, estiércol y guano de animales, entre otras prácticas, a través de distintos sistemas de incorporación al suelo.
- **Potenciar la biodiversidad espacial y temporal de los predios** con prácticas tales como cultivos asociados, rotación de cultivos y sistemas silvopastorales.
- Eliminar el uso de productos de origen químico sintético que dañen el medio ambiente o afecten la salud humana.
- Propender a un balance armonioso entre la producción de cultivos y la producción animal.

Estos elementos y objetivos de la agricultura orgánica determinarán la forma y el funcionamiento del invernadero, puesto que debe responder a las necesidades de uso derivadas de estos principios.

---

<sup>10</sup> Texto extraído de "Agricultura orgánica: principios y prácticas de producción", Boletín N° 131, Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigación Agropecuaria, Centro Regional de investigación. Chillán, Chile (2005).

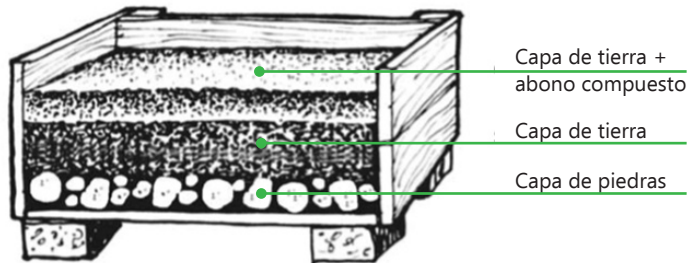
### 3.4 ACTIVIDADES IMPLICADAS EN LA AGRICULTURA ORGÁNICA

#### SIEMBRA

Existe un calendario de siembra que indica la temporada para sembrar de las distintas especies de hortalizas. Algunas se siembran en la época de otoño-invierno, otras en la época de primavera-verano y otras durante todo el año.

La siembra de las semillas puede hacerse de forma directa sobre la tierra donde va a crecer definitivamente la planta o por medio de almácigos.

#### Esquema de la composición de un cajón de almácigos

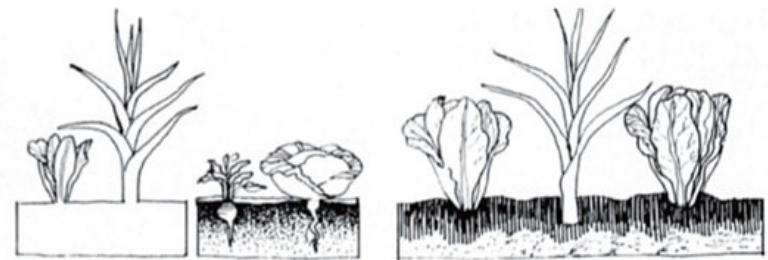


Algunas plantas de siembra directa son: zapallo, maíz, rabanito, espinaca, remolacha.

Algunas plantas de siembra en almácigos son: lechuga, tomate, berenjena, pimiento, cebollas, puerros.

#### ASOCIACIÓN DE CULTIVOS

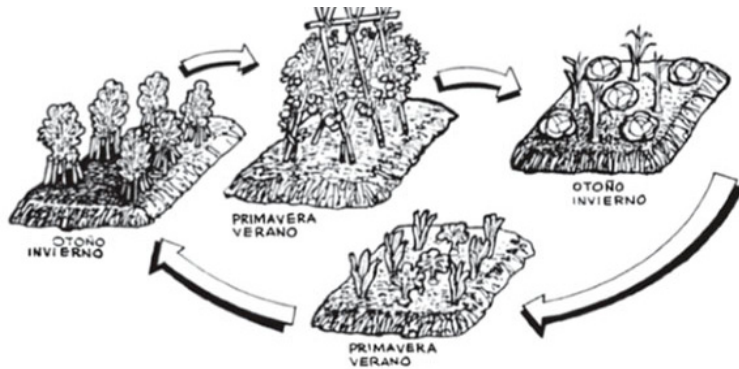
La asociación de diferentes especies de vegetales en los cultivos es una imitación de los procesos que se dan en la naturaleza. Se asocian plantas de crecimiento vertical (puerro, tomate) con otras de crecimiento horizontal, o se pueden asociar plantas de crecimiento rápido con otras de crecimiento lento.



## ROTACIÓN DE CULTIVOS

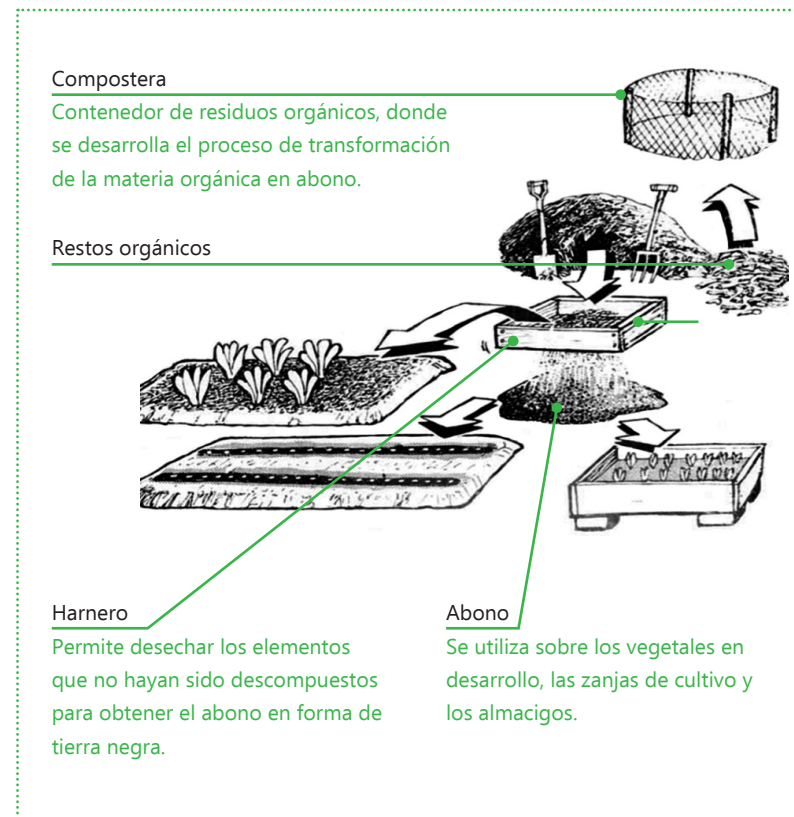
Las rotaciones de cultivos se realizan para obtener un suelo más fértil. Por ejemplo, las hortalizas extraen determinados tipos de nutrientes a diferentes profundidades del suelo. Las leguminosas incorporan mayor cantidad de nitrógeno al suelo, dándole mayor nutrientes al resto de los vegetales.

Esta rotación se realiza en cada temporada de siembra de los vegetales, rotando los cultivos entre las épocas de primavera-verano y otoño-invierno.

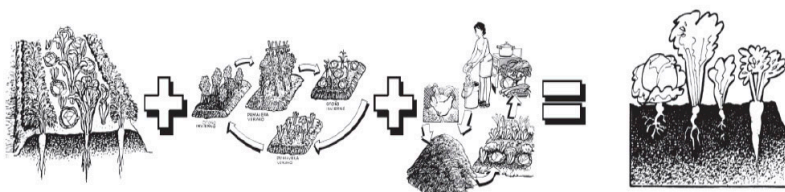


## UTILIZACIÓN DE ABONO COMPUESTO

Transformación que realizan los microorganismos de los restos orgánicos, en tierra negra y que sirve como alimento a plantas.



La agricultura orgánica tiene como objetivo producir y mantener un suelo fértil para los cultivos. Debemos considerar las actividades necesarias para este objetivo como fundamentales para el desarrollo de la forma.



## CUIDADO Y MANTENCIÓN DE LOS CULTIVOS

Existen actividades de mantención y cuidado que deben considerarse al momento de definir la forma de los módulos de invernaderos orgánicos. Estas actividades sirven para mantener el equilibrio y la productividad de la huerta.

- Incorporación de abono
- Riego
- Creación de sombras en épocas cálidas
- Protección contra el frío
- Control de plagas
- Tutorado <sup>11</sup>

Estas actividades determinarán la forma y disposición de los elementos de la propuesta, y se considera fundamental dar cabida a estas actividades, para que el proyecto pueda dar respuesta a la necesidad de ser una instancia de aprendizaje de las formas y sistemas de cultivos orgánicos.

---

<sup>11</sup> Sistema de guía o tutor, que se utiliza para ciertos tipos de plantas que requieren enramarse o para sostener el peso de sus frutos, como el tomate, las habas, arvejas, porotos, etc.

El calendario de siembra y cosecha definirá los ciclos y la duración de las actividades dentro de la huerta.

El tamaño de cada planta definirá la superficie de cultivo mínima para cierta cantidad de vegetales.

En las siguientes tablas se muestra los vegetales ordenados según su época de siembra, los períodos de cosecha y la superficie aproximada que ocupa cada unidad.

Calendario de Siembra Especies de todo el año				
Especie	Forma de siembra	Variedades	Distancia cm.	Días a cosecha
Acelga	Almácigo y trasplante o siembra directa	De verano-otoño: Anual Verde INTA De todo el año: Anepan INTA-Bressane	15x70	130 (3a 5 cortes)
Apio	Alm: set/nov Tran.: Dic/mar Alm: marzo Tran.: mayo	De primavera: Platense-Golden Boy De otoño: Verde de cortar-de verdeo	20x70	Prim.: 90-100 Otoño 70-80
Lechuga	Almácigo y Transplante	De primavera: Grand Rapids-Crimor De primavera-verano: Criolla De otoño: Gallega De todo el año: Maravilla 4 estaciones	20x20 (Criolla) 25x25 (Mantecosas)	50 85 50-80
Perejil	Directa al voleo (Septiembre)	De primavera: Común-Liso De otoño: gigante	1x7	1º corte 75 2º corte 100
Rabanito	Directa a chorrillo	De primavera: redondo punta blanca De otoño: redondo escarlata	10x20 (Ralear)	25-30
Remolacha	Directa en línea o trasplante	De todo el año: Detroit	15x35	130
Zanahoria	Directa a chorrillo	Todo el año: Chantennay-Nantesa	5x40	150



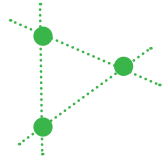
Especie de primavera verano			
Especie	Forma de siembra	Distancia (cm)	Días a cosecha
Albahaca	Almácigo (set.) - Transplante (oct-nov)	20x40	90-100
Batata	Almácigo (ago) - Transplante (oct)	40x40	210-270
Berenjena	Almácigo (set-ago) -Transplante (oct-nov)	40x50 (HD)	90-120
Calabaza	Directa a golpes (oct-nov)	140x250	120-150
Maíz dulce	Directa a golpes (oct-dic)	30x70	100-130
Melón	Directa a golpes (oct)	90x120	100
Pepino	Directa a golpes (oct)	70x120	50-70
Pimiento	Almácigo (jul-ago) -Transplante (oct)	40x50	80-100
Poroto Chaucha	Directa a golpes (oct-ene)	30x60	70
Tomate	Almácigo (set-oct) -Transplante (oct-nov)	40x60	80-100
Zapallo	Directa a golpes (oct-nov)	100x250/300	120-150
Zapallito	Directa a golpes (oct-ene)	60x70	70-80

A partir de estas tablas se puede obtener un valor en metros cuadrados de la superficie de cultivo necesaria para la cantidad de personas que consumirán dichos vegetales. Para este proyecto se considerará al momento de proyectar, que la función que debe cumplir el invernadero es de aprendizaje y experimentación, por lo tanto, el volumen de alimentos que se necesita producir no es para fines alimenticios, si no para fines educativos. No se considerará al momento de proyectar, el requisito de satisfacer la

Especie de otoño invierno			
Especie	Forma de siembra	Distancia (cm)	Días a cosecha
Ajo	Directa (mar-abr)	15x40	150-180
Arveja	Directa a golpes (may)	50x40	120-150
Brócoli	Almácigo (abr-jul) -Transplante (jun-ago)	50x50	80-100
Cebolla	Bulbo: almácigo (mar-abr) directa (abr) Verdeo: almácigo (feb-jun) directa (mar-may)	7x40 5x40	270 150
Coliflor	Almácigo (feb-mar) Transplante (mar-abr)	50x70	60-150
Escarola	Almácigo (feb-mar)	20x40	60-80
Espinaca	Almácigo (feb-mar-jun)	10x40	45-60
Haba	Directa a golpes (abr-jun)	30x70	150-180
Puerro	Almácigo (feb-abr) Transplante (may-jul)	10x40	120-150
Radicheta	Directa a chorrillo (feb-may)	1x10	90
Repollo	Almácigo (feb-mar) Transplante (mar-abr)	35x70	90-130

necesidad alimenticia diaria de los niños del colegio. La superficie de cultivo debe albergar la posibilidad de experimentar acerca de los procesos que influyen en la variabilidad de los resultados de la cantidad y la calidad de la producción.

El satisfacer la necesidad de consumir vegetales que tienen niños y adultos del colegio diariamente, más que un requerimiento del proyecto, se considera como una posibilidad.



# 4 . ANTECEDENTES

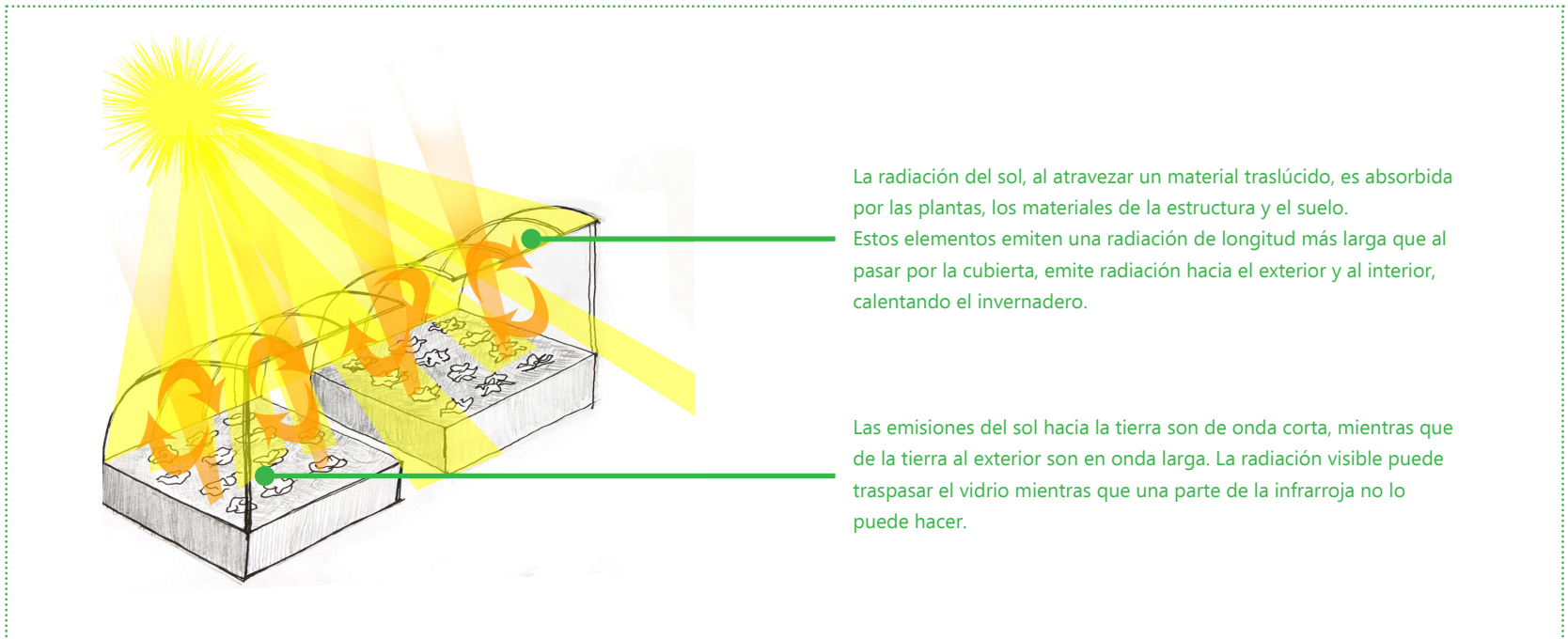
## 4.1 FUNCIONAMIENTO DE LOS INVERNADEROS

Los invernaderos son estructuras que permiten crear las condiciones de temperatura y humedad ideales para cultivar plantas durante el invierno, o desarrollar cultivos en sectores donde las condiciones climáticas son muy adversas.

Los invernaderos funcionan como un sistema de captación y acumulación de calor proveniente de la energía solar, debido a que poseen una cubierta exterior translúcida de vidrio o plástico, que permite el control de la temperatura y la humedad para favorecer o

incentivar el desarrollo de las plantas. Un invernadero solar funciona dejando pasar la radiación solar y atrapando la energía de esa radiación para aumentar y mantener la temperatura interna.

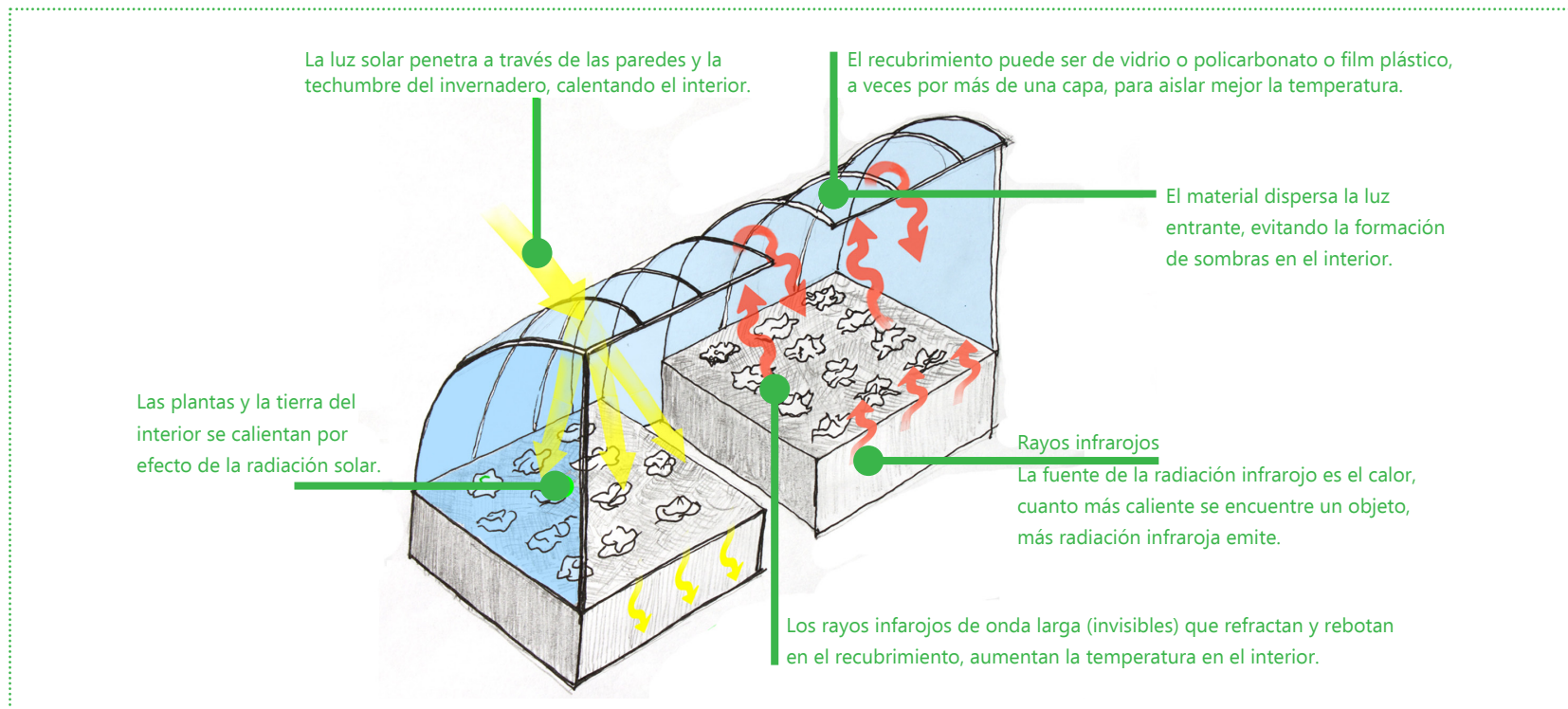
El invernadero es un artefacto de transferencia de calor que permite el manejo de la temperatura para generar el entorno adecuado para el crecimiento y desarrollo de distintas especies. El calor se transmite en el interior del invernadero por irradiación, conducción, infiltración y por convección, tanto calentando como enfriando.



El invernadero tiene como función crear las condiciones climáticas óptimas para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La planta como cualquier ser vivo depende de las condiciones climáticas para su óptimo desarrollo. A mejores condiciones, mejor y mayor producción.

El desarrollo y la salud de la planta dependen de factores fisiológicos (transpiración y fotosíntesis) y de factores físicos (luz, temperatura, humedad, CO<sup>2</sup>).

Al colocar un cristal o material traslúcido entre la tierra y el sol ocurre que, como el cristal es transparente a la radiación solar pero es opaco a la radiación infrarroja, no deja pasar la radiación de mayor longitud de onda que emite la tierra al calentarse. De esta forma se produce una "trampa energética de radiaciones" que impide que la energía radiante que ha atravesado el vidrio vuelva a salir. Esta trampa constituye el denominado efecto invernadero. El vidrio también evita el contacto directo de la tierra con el aire ambiente con lo que, además, se evitarán las pérdidas de calor por convección.



## 4.2 FACTORES PARA EL CONTROL CLIMÁTICO

El desarrollo de los cultivos, en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado principalmente por cuatro factores ambientales o climáticos:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Luz
- CO<sup>2</sup>

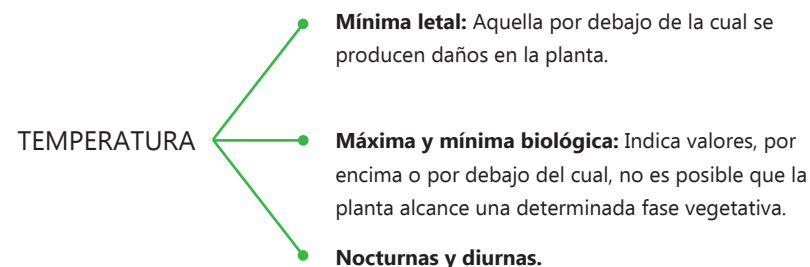
Para que las plantas puedan realizar sus funciones es necesario tener el control de estos factores dentro de los límites máximos y mínimos, fuera de los cuales las plantas cesan su metabolismo.

### TEMPERATURA

Es necesario controlar la temperatura dentro del invernadero, ya que influye directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 y 20°C.

Para poder mantener una temperatura adecuada es preciso conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada y conocer los límites de temperatura en los que puede desarrollarse.

Dentro del invernadero es importante tener el manejo de tres tipos de temperatura que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas.



En la siguiente tabla se describe las temperaturas máxima, mínima y óptima de diferentes especies de vegetales, que será necesario considerar al momento de definir sistemas de ventilación y cerramiento del invernadero.

Tabla de exigencias de la temperatura para distintas especies

	TOMATE	PIMIENTO	BERENJENA	PEPINO	MELÓN	SANDÍA
T° MÍNIMA LETAL	0-2	(-1)	0	(-1)	0-1	0
T° MÍNIMA BIOLÓGICA	10-12	10-12	10-12	10-12	13-15	11-13
T° ÓPTIMA	13-16	16-18	17-22	18-20	18-21	17-20
T° MÁXIMA BIOLÓGICA	21-27	23-27	22-27	20-25	35-30	23-28
T° MÁXIMA LETAL	33-38	33-35	43-53	31-35	33-37	33-37

## HUMEDAD RELATIVA

La humedad es la masa de agua en unidad de volumen, o en unidad de masa de aire. La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura.

Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad, a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la humedad relativa. Con temperaturas bajas, el contenido en humedad relativa (HR) aumenta.

Cada especie de vegetal tiene una humedad ambiental idónea para desarrollarse en buenas condiciones.

Tabla de HR necesario para crecimiento óptimo de distintas especies

	TOMATE	PIMIENTO	BERENJENA	PEPINO	MELÓN	SANDÍA
HR necesario	50-60%	50-60%	50-60%	65-80%	60-70%	70-90%

La Humedad Relativa (HR) del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la HR es excesiva, las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos florales<sup>12</sup>. Cuando la HR es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse.

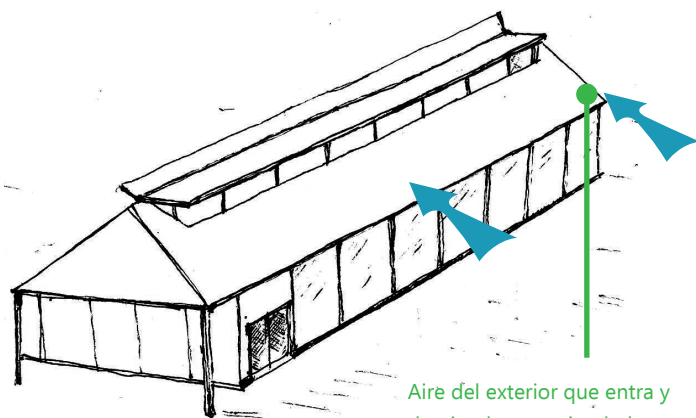
Como la temperatura y la humedad están directamente relacionadas, cuando sale el sol, el aire del interior del invernadero se calienta rápidamente y el rocío se adhiere al fruto y a la planta, provocando enfermedades. Una manera de sacar este vapor de agua sobrante es renovando el aire del invernadero. Para ello es importante tener un buen sistema de ventilación que permita una adecuada renovación del aire.

<sup>12</sup> El aborto de las plantas (Abscisión) es la caída de flores o frutos. Esto puede presentarse en cualquier tipo de cultivos, por falta o exceso de humedad, de nutrientes, luminosidad o por cambios bruscos de temperatura. Cualquiera de estas causas o su combinación, hacen que la planta produzca ácido abscisínico o ABA, que es una hormona vegetal. Un aumento en la concentración de esta hormona en la hoja como respuesta a un estrés hídrico causa el cierre de estomas, disminuye la transpiración, inhibe el crecimiento de la planta y el desarrollo de las semillas y los frutos, provocando su caída.

El exceso de HR puede reducirse mediante la ventilación, el aumento de la temperatura y evitando el exceso de humedad en el suelo. La falta puede corregirse con riegos, llenando canaletas o bassetas de agua, pulverizando agua en el ambiente, ventilando y sombreado.

La ventilación cenital en invernaderos permite un buen control de la temperatura y de la humedad relativa porque permite mayor movimiento de las partículas en el aire del interior del invernadero.

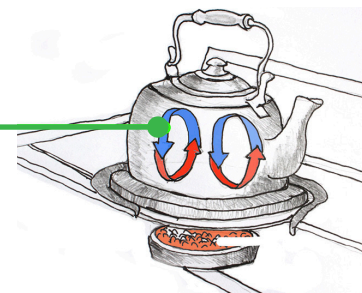
El calor se transmite a través del aire por convección. Este fenómeno se produce por intermedio de un fluido (líquido o gas) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas y sólo puede producirse en fluidos en los que por movimiento natural (diferencia de densidades) o circulación forzada (con la ayuda de ventiladores, bombas, etc.) puedan las partículas desplazarse transportando el calor.



Aire del exterior que entra y desciende removiendo las partículas de aire de todo el interior.

La ventilación cenital en invernaderos mueve las partículas de aire con mayor eficacia, por un fenómeno de diferencia de densidades: el aire fresco que entra desde exterior baja hacia la superficie del invernadero, mientras que el aire caliente sube, es el mismo fenómeno que ocurre al calentar agua en una olla. El agua que está más cercana a la fuente de calor que viene de abajo se desplaza hacia arriba, mientras que el agua que está en la superficie, desciende, ocupando el lugar que dejó la caliente.

El agua que se calienta en el fondo sube y el agua mas fría que está en la superficie baja.



La ventilación del aire es indispensable para bajar la temperatura, sacar la humedad y repartir CO<sup>2</sup>.

Imagen de un **invernadero con ventilación lateral.**

El aire que está en el exterior posee una menor temperatura y entra al invernadero por sus caras laterales. El aire que entra provocará mayor movimiento de partículas si las entradas de aire están orientadas hacia la dirección de los vientos.

Imagen gentileza de la empresa "Invernadero Gabriela" ubicada en la comuna La Florida, Santiago. [www.invernaderogabriela.cl](http://www.invernaderogabriela.cl)



## VENTILACIÓN

La ventilación consiste en la renovación del aire dentro del recinto del invernadero. Al renovar el aire podemos influir sobre la temperatura, la humedad, el contenido de CO<sup>2</sup> y el oxígeno que hay en el interior. La ventilación puede hacerse de forma natural o forzada.

### Ventilación natural o pasiva

Se basa en la disposición, en las paredes y en el techo del invernadero, de un sistema de ventanas que generan corrientes de aire que contribuyen a disminuir las temperaturas elevadas y a reducir la humedad.

Ventilación cenital o aérea

Ventilación lateral



Imagen de un invernadero en forma de domo geodésico construido por TermoDomo, empresa orientada a la investigación y desarrollo de avanzadas tecnologías aplicadas a la construcción de edificaciones autosustentables, con alto nivel de eficiencia térmica y energética. [www.termodomo.com](http://www.termodomo.com)

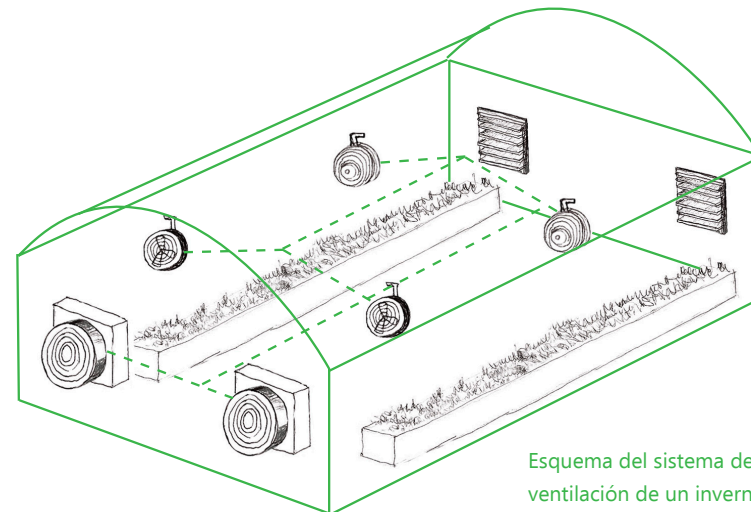
Las ventanas pueden ser cenitales si se disponen en la techumbre o laterales si están colocadas sobre las paredes laterales del invernadero.

Una ventana cenital de una determinada superficie resulta más efectiva que otra situada lateralmente de igual superficie. Normalmente las ventanas deben ocupar entre un 18 y 22% de la superficie de los invernaderos.

La apertura y cierre de las ventanas puede hacerse mecánicamente a través de un sistema de cremalleras, accionado eléctricamente por un termostato, o puede hacerse manualmente.

### Ventilación mecánica o forzada

Son sistemas que producen corriente de aire mediante ventiladores extractores. Se extrae aire caliente del invernadero y el volumen extraído es ocupado inmediatamente por aire de la atmósfera exterior. Con este sistema solamente se puede conseguir una temperatura idéntica a la del exterior.



Esquema del sistema de ventilación de un invernadero



## ILUMINACIÓN

En el interior de un invernadero ocurre que, a mayor luminosidad, se debe aumentar la temperatura, la humedad y el CO<sup>2</sup>, para que la fotosíntesis sea máxima; por el contrario, si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores.

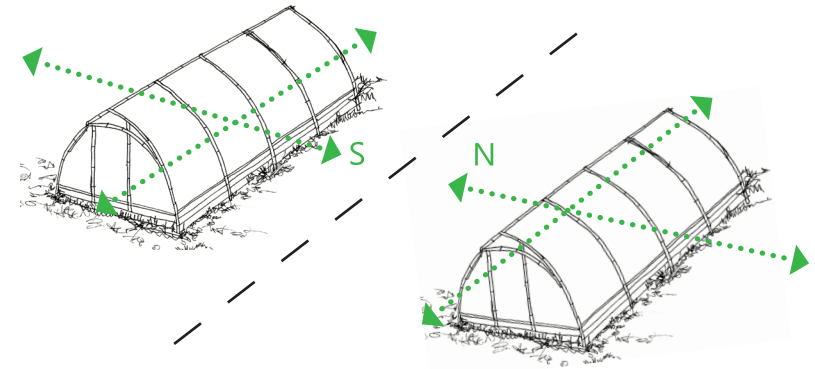
Para mejorar la luminosidad natural dentro de los invernaderos generalmente se utilizan los siguientes medios:

- **Materiales de cubierta transparente**



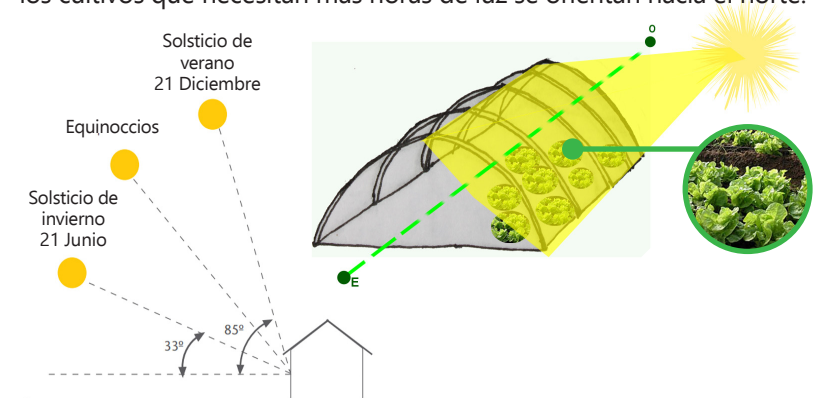
Los materiales más usados para cubiertas de invernaderos se dividen en tres grupos: <sup>13</sup>

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



- **Orientación adecuada del invernadero**

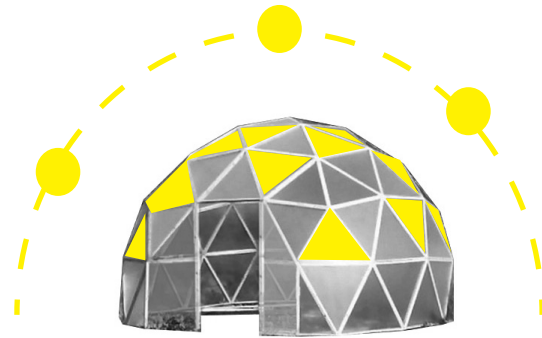
En las zonas del hemisferio norte, los cultivos que necesitan más luz para su desarrollo se orientan hacia el sur, por el ángulo de inclinación que tiene el recorrido del sol en invierno, para aprovechar más la luz emitida por el sol. Por el contrario, en el hemisferio norte, los cultivos que necesitan más horas de luz se orientan hacia el norte.



El ángulo del recorrido del sol genera que la cara del invernadero orientada hacia el norte sea la cara de mayor asoleamiento. Existen plantas que necesitan más luz y más altas temperaturas para su óptimo crecimiento. Los cultivos se disponen orientados hacia el norte o hacia el sur, dependiendo su necesidad de calor y radiación del sol.

<sup>13</sup> Ver anexo 1: Los plásticos en la agricultura: materiales de cubierta para invernaderos.

- **Aumento del ángulo de incidencia de las radiaciones sobre las cubiertas**



Los invernaderos en forma de domo geodésico poseen una distribución de la luz más pareja. A diferencia de un invernadero tipo túnel o capilla, la cúpula geodésica tiene muchas superficies orientadas en ángulos diferentes. Eso quiere decir que, a medida que la Tierra gira, el Sol está al menos irradiando constante y directamente unas o más superficies de la semiesfera.

- **Acolchados del suelo con filmes de polietileno**

Esta técnica se utiliza generalmente en cultivos al aire libre. También se utiliza para proteger a la planta de la humedad y de las heladas.



El acolchamiento de suelos consiste en colocar materiales como paja, aserrín, hojas secas, sobre el suelo, para proteger al cultivo de los agentes atmosféricos. Con el uso de acolchado se logrará intensificar la producción y aumentar la eficiencia de uso de los recursos.



Imágenes de acolchados plásticos blanco y negro para proteger la planta de tomate en distintas etapas de crecimiento.

En la agricultura orgánica el uso del “mulch” o capa de acolchado es de materia orgánica, una cubierta protectora del suelo que puede estar compuesta por compost parcialmente descompuesto, restos de cortezas, virutas de madera, paja, conchas, hojas, cascarilla de arroz, etc. Su función es la de cubrir el suelo desnudo, para impedir que el agua escurra por la superficie, regular la temperatura del suelo, conservar la humedad y evitar el crecimiento de malas hierbas por falta de luz. Un buen mulch suministra nutrientes lentamente al suelo a medida que se descompone.

Para reducir la luminosidad y la temperatura en los invernaderos en la época de verano se utiliza:

• **Blanqueo de cubiertas**

Es la aplicación de cal sobre las cubiertas de los invernaderos. Esto permite a la planta continuar su crecimiento vegetativo sin exponerla a altas temperaturas ni a excesos de luminosidad. Con esta técnica se pueden producir abortos de flores en determinadas especies sensibles a la luz (especialmente tomate, pimiento y berenjena), por lo que el manejo del riego y de nutrientes debe acompañar el proceso del blanqueo.

Los plásticos sucios o envejecidos provocan el mismo efecto que el blanqueo.



La técnica del blanqueo se utiliza generalmente en grandes extensiones con grandes niveles de producciones para la comercialización de cultivos que por lo general, no corresponden a sistemas de cultivos orgánicos. Imagen obtenida en [www.rotorsun.com/blanqueo-invernaderos.html](http://www.rotorsun.com/blanqueo-invernaderos.html).

• **Mallas de sombreo**

Empleadas para el control climático y de luminosidad. Estas mallas de sombreo permiten reducir la irradiación que penetra en el invernadero a la cantidad óptima para los cultivos en función del tipo de malla elegida. También actúan sobre la temperatura en el interior.



Tipos de mallas de sombreo con distintas especificaciones e instrucciones de uso en invernaderos. Imágenes obtenidas de Nutriflor servicios agrícolas. [www.nutriflor.com](http://www.nutriflor.com)

TIPOS DE MALLAS DE SOMBREO		
REFERENCIA	COLOR	PORCENTAJE DE SOMBRA
SL2	Blanco	32%
SM2	Verde	45%
ST	Negro	68%
STR	Naranja	70%
ST2	Marrón	75%
ST2-bicolor	Blanco+Verde	75%
ST2-tricolor	Blanco + Amarillo + Azul	75%

## ANHÍDRIDO CARBÓNICO (CO<sup>2</sup>)

El anhídrido carbónico de la atmósfera es una de las materias primas que permite la función clorofílica de las plantas <sup>14</sup>.

La concentración normal de CO<sup>2</sup> en la atmósfera es del 0,03%. Este índice debe aumentarse a límites de 0,1–0,2%, para aprovechar al máximo la actividad fotosintética de las plantas. Las concentraciones de CO<sup>2</sup> superiores al 0,3% resultan tóxicas para los cultivos. El CO<sup>2</sup> alcanza la máxima concentración al final de la noche y la mínimo al mediodía, que es la hora de máxima luz.

En un invernadero cerrado por la noche, antes de que se inicie la ventilación por la mañana, la concentración de CO<sup>2</sup> puede llegar a límites de 0,005–0,01%, y los vegetales no pueden absorberlo por lo que no producen fotosíntesis. Cuando el invernadero está cerrado durante todo el día, en épocas demasiado frías, esa concentración mínima sigue disminuyendo y los vegetales pueden llegar a una situación extrema de necesidad en CO<sup>2</sup> para poder realizar la fotosíntesis.

La tasa de absorción de CO<sup>2</sup> es proporcional a la cantidad de luz recibida. El periodo más importante para el enriquecimiento carbónico es el mediodía, ya que es la parte del día en que se dan las máximas condiciones de luminosidad.

<sup>14</sup> La función clorofílica se llama así porque los seres vivos que la presentan necesitan tener clorofila para captar la luz del sol. La función clorofílica recibe el nombre de fotosíntesis, ya que el vegetal fabrica su propio alimento (síntesis) al captar la energía del sol.

## SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

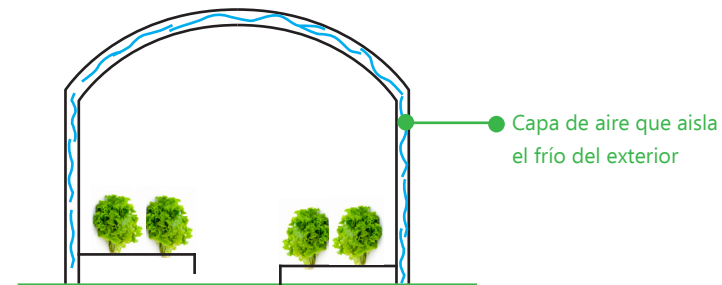
El calor que aporta la calefacción al invernadero puede ser por convección o por conducción. Por convección al calentar el aire del invernadero y por conducción, generando calor al nivel de la tierra. La calefacción pueden ser forzada o activa, mediante elementos que generan aire caliente o mediante elementos que ayudan a incorporar calor al invernadero.

### Calefacción pasiva

Existen distintos sistemas que ayudan calentar y mantener la temperatura en el interior de un invernadero. Estos pueden ser:

#### – Materiales y cerramiento de la cubierta

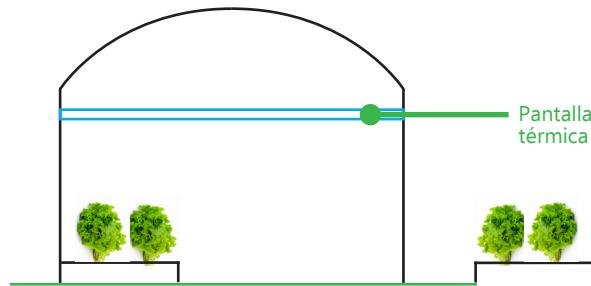
Es importante mantener el hermetismo del invernadero para evitar las pérdidas de calor. Por lo general se utiliza vidrio o materiales plásticos que permiten el traspaso de la radiación solar, es decir materiales con una buena transmitancia.



Sistema de acumulación de calor mediante una doble capa de la cubierta con aire entre ambas capas que ayuda a aislar el frío del exterior.

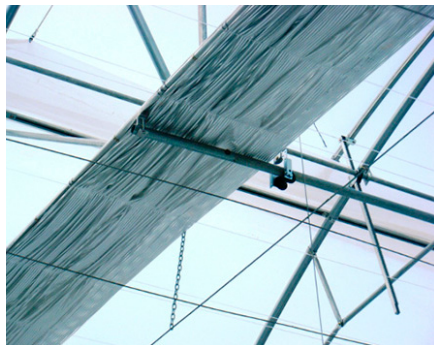
## – Pantallas

En climas fríos es necesario que el invernadero cuente con una doble cubierta de polietileno, con las láminas separadas entre sí por 7 a 10 centímetros. El aire atrapado entre estas capas actúa como aislante térmico.



La utilización de pantallas térmicas sobre los cultivos permite captar el calor recogido durante el día y esparcirlo y mantenerlo durante la noche, periodo en el que las temperaturas bajan dentro del invernadero. Las pantallas también son útiles como doble cubierta que impide el goteo directo de la condensación de agua sobre las plantas en épocas de excesiva humedad. Permiten mantener entre 2 y 4° C más en el interior del invernadero, se usan habitualmente cuando se utilizan sistemas de calefacción.

Sistema de pantalla térmica que permite abrir o cerrar la pantalla, según la necesidad.



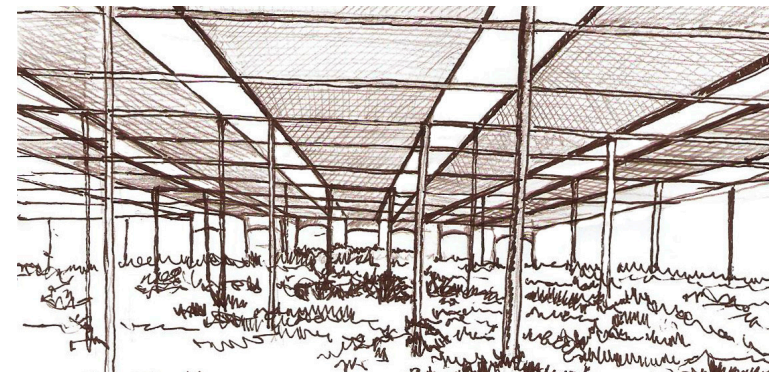
Tipos de pantallas más utilizadas:

### – Pantalla termo reflectora

Durante el día la radiación solar penetra a través de la cubierta del invernadero y calienta las plantas y el resto de los elementos. Éstos, a su vez, calientan el aire dentro del invernadero. La pantalla termo reflectora se instala en el techo del invernadero, entre los rayos solares y las plantas. La radiación se refleja hacia arriba, y de esa manera se reduce. También sirve para regular la humedad relativa del aire dentro del invernadero.

### – Pantalla térmica

La pantalla térmica contiene elementos reflectantes y actúa como una barrera contra la radiación infrarroja. Al mismo tiempo, dirige el calor de los rayos infrarrojos tanto hacia las plantas como hacia otros elementos dentro del invernadero. Las pantallas térmicas permiten reducir los gastos de energía requeridos para la calefacción.



Croquis de la disposición de las mallas térmicas en los invernaderos.

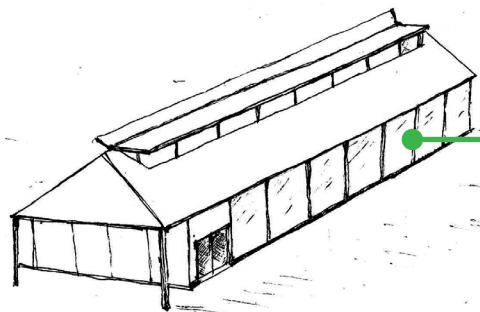
Los **sistemas de calefacción** más utilizados se pueden clasificar en:

– **Tuberías aéreas de agua caliente**

Este sistema de calefacción se basa en la circulación de agua caliente o vapor procedente de un foco calorífico (caldera, bomba de calor, etc.) por una red de tuberías. En la caldera el agua se calienta a 80–90° C y las tuberías se encuentran a unos 10 cm del suelo y pueden ser fijas o móviles.



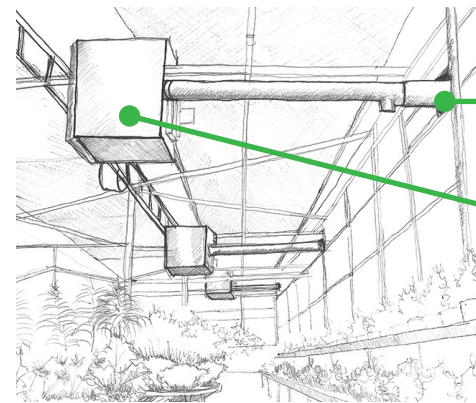
Tuberías que transportan el agua sobre los cultivos para elevar la temperatura del interior del invernadero. Imagen obtenida de la empresa Megatecnicos, especializados en la industria alimentaria y la utilización de sistemas de mantenimiento y montaje. [www.megatecnicos.com](http://www.megatecnicos.com)



Croquis que muestra la disposición de las tuberías de agua caliente por sobre los cultivos a lo largo del invernadero.

– **Generadores de aire caliente**

Los generadores de aire caliente extraen el aire del exterior, lo calientan y lo distribuyen hacia el interior del invernadero. Es un sistema que hace pasar aire a través de focos caloríficos y luego lo impulsa dentro de la atmósfera del invernadero.



Ducto por donde ingresa el aire desde el exterior

Cámara donde se calienta el aire y se distribuye hacia el interior del invernadero, mediante un ventilador.

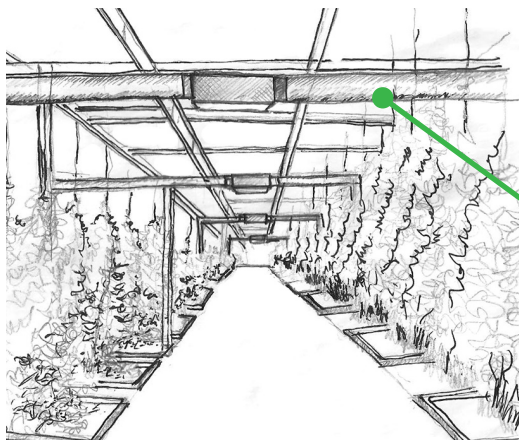


Equipos de uso industrial Marca: bm2 -oklima. Generan de 8.000 a 90.000 kcal. Funcionan a gas o diesel. Imagen obtenida del catálogo de productos de la empresa AHN Ltda. (Pje. Bombero Edmundo Aguilo 01844, Pte. Alto, Santiago).

Los generadores de aire caliente pueden instalarse dentro o fuera del invernadero. Si están fuera el aire caliente se lleva hasta intercambiadores que están establecidos dentro del invernadero.

Cuando los generadores están dentro del invernadero, los ventiladores aspiran el aire donde se calienta y sale directamente hacia la atmósfera del invernadero. También puede distribuirse por medio de tubos de plástico perforado, que recorren en todas las direcciones.

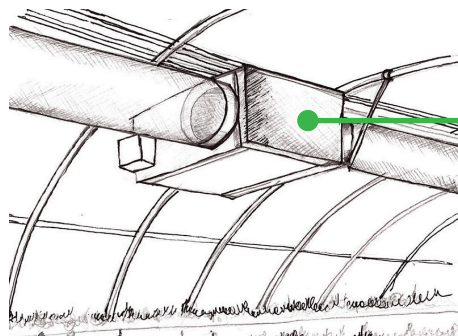
– **Generadores y distribución del aire en mangas de polietileno**



Croquis de la disposición de las cámaras generadoras de aire caliente dentro del invernadero.

Mangas de polietileno perforado que distribuyen el aire caliente en el interior del invernadero.

Normalmente el combustible que se ocupa en estos sistemas es gasoil o propano y generalmente tienen un sistema eléctrico de encendido con accionamiento a través de un termostato.

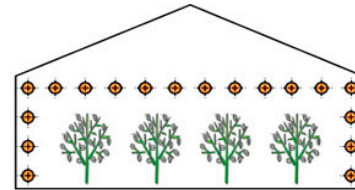


Dibujo de la cámara generadora de aire caliente y su posición en altura dentro del invernadero.

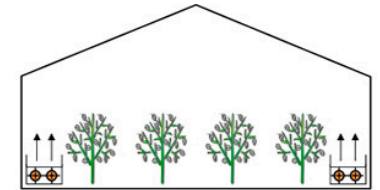
**SISTEMAS DE CALEFACCIÓN EN INVERNADEROS**

Calefacción con movimiento natural de aire

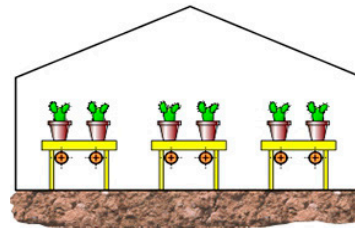
Calefacción con movimiento de aire forzado (convección forzada)



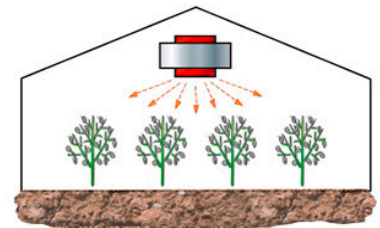
Ducto de calefacción aéreo



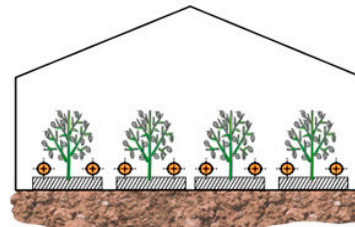
Posición lateral



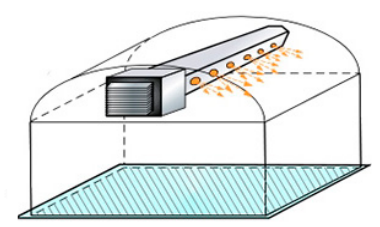
Calefacción de bancos



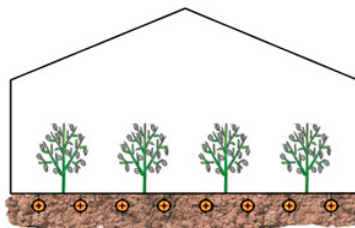
Ventilador aéreo



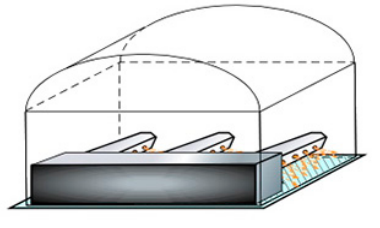
Ductos de calefacción bajos para calefacción de aire



Ductos altos



Calefacción de suelo



Ductos bajos

En estos sistemas el calor puede transferirse al invernadero de dos maneras:

- Generadores de combustión directa  
Funcionan mediante un ventilador que lanza una corriente de aire al interior de la cámara de combustión del generador. La salida de aire caliente arrastra consigo gases de la combustión, que pueden crear problemas a las plantas.
- Generadores con intercambiador de calor  
La corriente de aire se calienta atravesando una cámara de intercambio. La cámara de combustión elimina los gases que se producen en ella a través de una chimenea.

Los sistemas de climatización forzada o inducida en invernaderos, generalmente implican un gasto en energía o combustible para su funcionamiento

En este proyecto se dará prioridad a los sistemas de climatización pasiva, puesto que permiten una mayor comprensión de los procesos de climatización para los efectos de aprendizaje, dejando la posibilidad para incrementar sistemas de calefacción forzada en caso que sea necesario, ya que en la región de la Araucanía se presentan bajas temperaturas durante gran parte del año.

## SISTEMAS DE RIEGO

Las plantas extraen el agua que necesitan del suelo para disolver los minerales y la materia orgánica que necesitan, devolviendo a la atmósfera, por medio de la transpiración, el agua que no necesitan.

Estos sistemas tienen la función de suministrar el agua necesaria para el óptimo desarrollo de los cultivos. Existen diversos sistemas que se pueden clasificar en sistemas de funcionamiento **por gravedad** o sistemas de funcionamiento **por aspersión**.

### Sistemas de riego por gravedad o inundación

Consiste en conducir una corriente de agua desde una fuente de abastecimiento hacia una zona de cultivo, aplicada directamente a la superficie del suelo por gravedad. Se utiliza generalmente en terrenos con una pendiente suave donde no es necesario realizar una nivelación del suelo.

Es uno de los sistemas de riego de más bajo costo en instalación y en mantenimiento. Se utiliza generalmente en parcelas agrícolas que poseen un caudal de abastecimiento de agua disponible de al menos 10 Lt/seg. Estos sistemas pueden ser de diferentes tipos y pueden variar según la forma en que transportan y depositan el agua sobre la superficie cultivada.

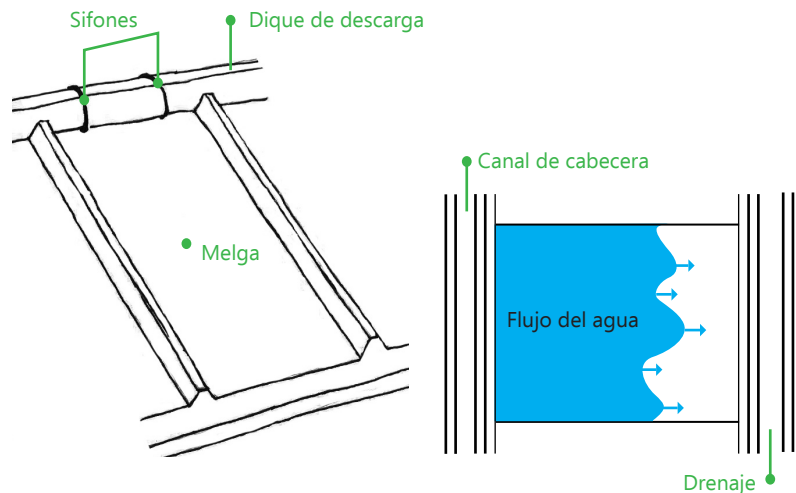




## Sistema de Melgas

Sistema que consiste en la construcción de diques paralelos que guían el agua a medida que desciende por la pendiente.

Imagen de un sistema de cultivo de melgas, en las cercanías de Cauquenes, VII región.



El ancho de las melgas depende de la topografía y el caudal disponible. Si el caudal es escaso, hay que reducir el ancho de la melga.

## Sistema de Surcos

Sistema en que el agua fluye por pequeños canales que la transportan y guían su recorrido a medida que desciende por el terreno. Utilizado generalmente en parcelas agrícolas de cultivos en hilera como la papa, maíz algodón, avena, etc.

El agua no moja la totalidad de la superficie disminuyendo la evaporación directa del suelo.

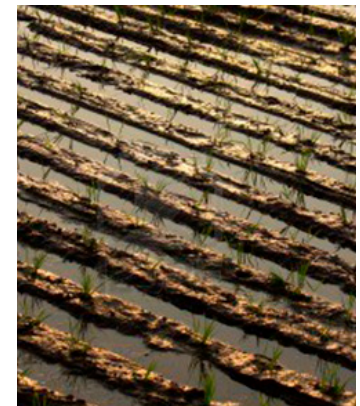
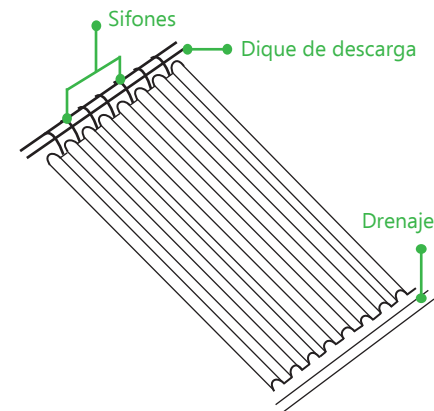


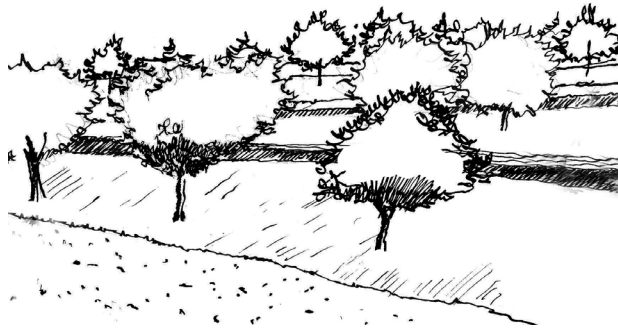
Imagen de un sistema de cultivo en surcos obtenida.

Imagen de cultivo de arroz en surcos.

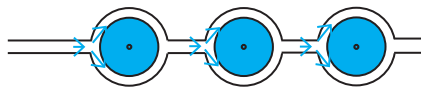
La distancia entre el eje de los surcos depende de la densidad de la plantación del cultivo, del tipo de suelo y de la maquinaria que se utilice para su instalación.

## Riego por compartimiento (Bacanales o Eras)

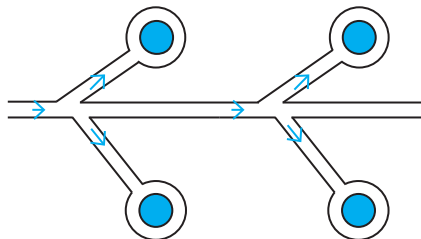
En estos sistemas el terreno se divide para que cada superficie quede casi plana y alrededor de construyen lomos o diques. Se emplea generalmente en parcelas de cultivo de pastos, cereales, frutas y arroz.



La sección por donde fluye el agua puede darse en grandes extensiones (como en los cultivos de arroz) o en secciones pequeñas o tazas. Las secciones están limitadas por bordes más pequeños y es un sistema que generalmente se utiliza en frutales, haciendo una taza para cada árbol.



Sistema lineal de recorrido del agua



Sistema en ramificación del recorrido del agua

## Sistemas de Riego Presurizado

El agua es conducida mediante presión por tuberías, hasta un elemento emisor o punto de aplicación. Los más usados son tres tipos:

- Sistema de riego por aspersión  
El agua se aplica al suelo en forma de lluvia, mediante dispositivos de emisión de agua llamados aspersores.



El agua sale por los aspersores por presión. La longitud y complejidad del sistema de tuberías depende de la superficie a regar. Para dar presión al agua se utiliza un sistema de bombeo. <sup>15</sup>

<sup>15</sup> El bombeo es la adición de energía al agua para que pueda moverse por las tuberías desde la fuente. Para riego localizado, generalmente se utilizan bombas de tipo centrífugo.

### TIPOS DE SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN

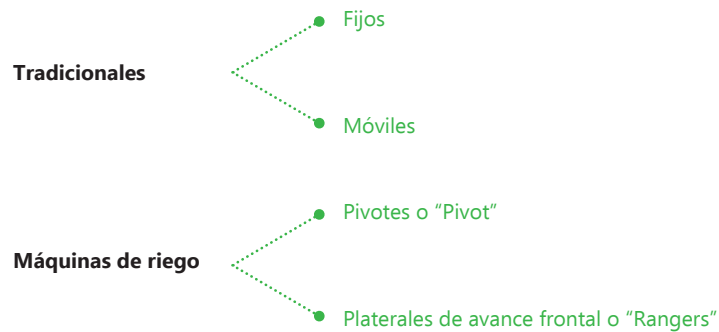
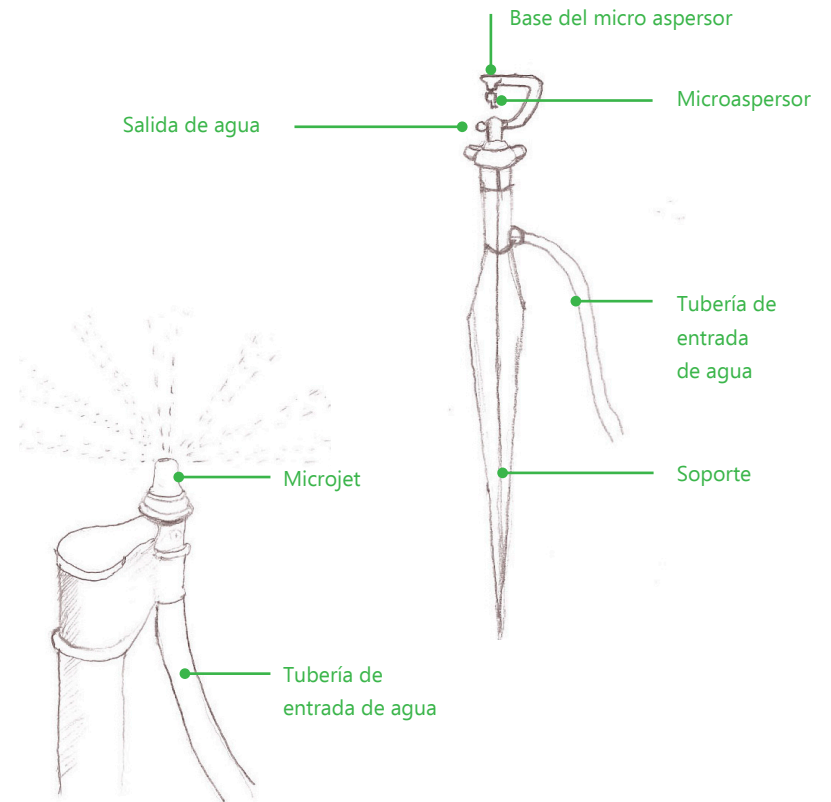


Imagen de un sistema "Pivot".



Estos sistemas de aspersión generalmente se ocupan en grandes superficies de cultivo, ya que tienen un gran alcance y es necesario utilizar un sistema de bombas para generar la presión necesaria para su funcionamiento.

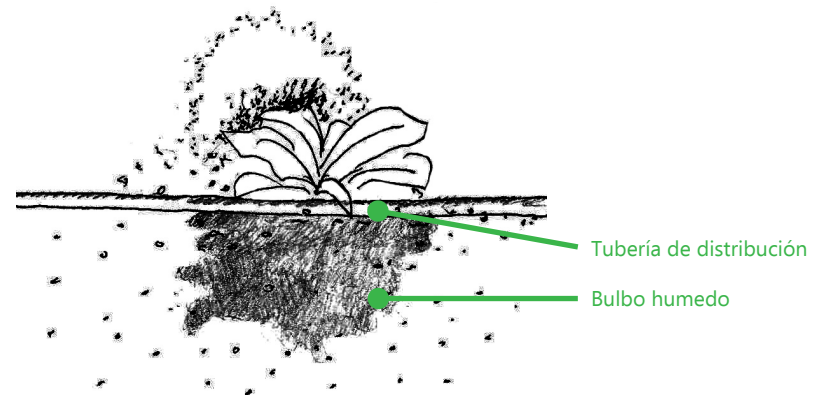
- Sistema de riego por micro aspersión  
Funciona como el sistema de aspersión pero evita mojar las plantas, evitando de este modo la creación de plagas. Funciona con menor presión y tiene un menor alcance que los sistemas de aspersión.  
En horas de mayor radiación solar se produce evaporación del agua, por lo que es necesario aumentar el flujo en un 20-30%.



– Sistema de riego por goteo

Es un sistema de riego localizado utilizado generalmente en cultivos en línea. El agua circula por presión por un sistema de tuberías que se distribuye a lo largo de la superficie del suelo hasta los emisores de riego donde sale hacia la tierra por pequeños orificios.

Estos sistemas requieren de filtros para evitar la obstrucción de la red de tuberías.



Las tuberías de distribución del agua recorren la superficie de los cultivos en todas las direcciones desde una tubería principal que se ramifica en tuberías más pequeñas.

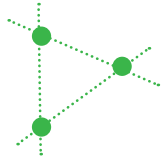


Ventajas:

- Permite controlar el agua aplicada reduciendo la evaporación directa.
- Como solo moja una parte del suelo, permite un mayor control de las malas hierbas.

Desventajas:

- Necesita un sistema de bombeo para evitar la obstrucción de los emisores y de la red.
- Es necesario crear un sistema de red con diseños de tipo agronómico e hidráulico, donde se calcula el diámetro de agua que arroja cada goteo, el consumo diario, la temperatura del lugar, etc.
- Complejidad de las instalaciones.



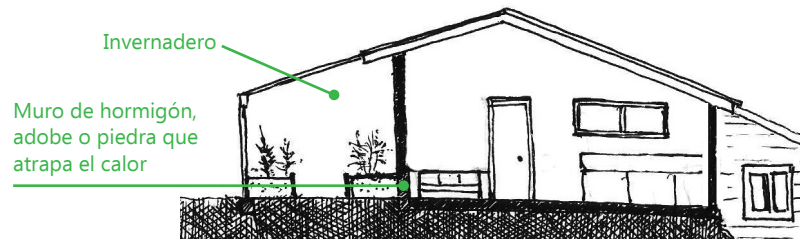
# 5. REFERENTES Y EXPERIENCIAS

## 5.1 REFERENTES

### Invernaderos calefactores de edificaciones



Los invernaderos se utilizan para crear una masa térmica en el muro de las edificaciones, como mecanismo de calefacción, el muro que forma una de las caras laterales del invernadero atrapa el calor durante el día, liberándolo durante la noche, calefaccionando la casa o edificación.



Este sistema favorece también a los cultivos en zonas donde se presentan muy bajas temperaturas durante la noche o la mañana. El calor que emite el muro durante la noche aumenta la temperatura al interior del invernadero, guardando el calor para las horas de más baja temperatura ambiente.



### Invernaderos como domos geodésicas

Esta forma de invernadero es considerada un referente para este proyecto porque su forma esférica tiene relación con el concepto de agrupación, reunión, o punto de encuentro, como envolvente de la actividad que en su interior ocurre.



<http://geodesicdomegreenhouse.wordpress.com/>



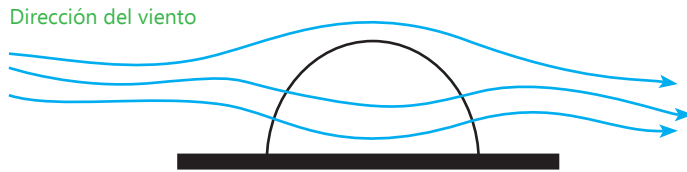
<http://astriddegroot.wordpress.com/2011/01/16/dome-greenhouse>

La forma de esfera se asemeja a la forma de la tierra y a la de la luna, que por sus ciclos, son factores que influyen en los cultivos.

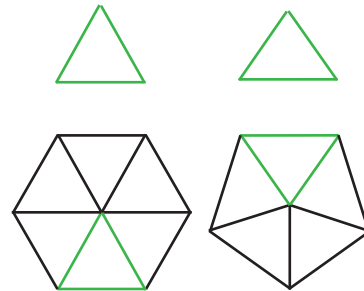
Su forma cercana a la esfera permite la orientación de mayor cantidad de sus caras orientadas hacia el sol, lo que implica una distribución más pareja de la luz.



Los invernaderos con forma de domo geodésico son resistentes a los vientos y acumulación de nieve.

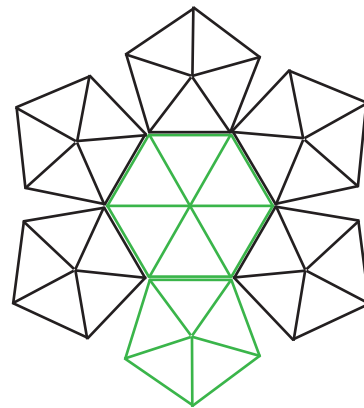


Su forma se obtiene de la repetición de un módulo o de dos, de distinta medida. Esto depende de la frecuencia del domo. Dos módulos triangulares conforman un hexágono y un pentágono que al unirlos en determinada manera forman la cúpula.



La forma de esfera se asemeja a la forma de la tierra, de la luna, que por sus ciclos, son factores que influyen en los cultivos.

Su forma cercana a la esfera permite la orientación de mayor cantidad de sus caras orientadas hacia el sol, lo que implica una distribución mas pareja de la luz.



Construcción del módulo triangular con el material plástico de la cubierta.



Montaje: existen diversos modos de montar un domo. Puede ser desde la base hacia arriba o en el sentido contrario desde la parte más alta hasta la base.



Imagen de la construcción de los módulos triangulares.





Es necesario construir un radier o cimiento para sostener la estructura en su base.

### Sistemas de unión



La geometría de los domos geodésicos es compleja, pero surge a partir de una forma geométrica simple: el triángulo.

La compleja malla que conforma la cúpula de los domos puede resultar demasiado compleja para niños que están aprendiendo las formas geométricas básicas.



## Eden project

Este proyecto está emplazado cerca de St. Austell en Cornualles, Inglaterra. Posee 50 hectáreas de extensión y fue diseñado por el arquitecto Nicholas Grimshaw. En un pabellón se agrupan los climas tropicales húmedos y en el otro, los climas tipo mediterráneo.

El creador del Eden project, Tim Smit, tenía como objetivo "animar a los visitantes a aprender a encontrar un equilibrio con la naturaleza." <sup>16</sup> Encargó a Nicholas Grimshaw una estructura que fuese lo suficientemente alta para albergar los árboles de bosques tropicales y lo suficientemente amplia para los paisajes mediterráneos.

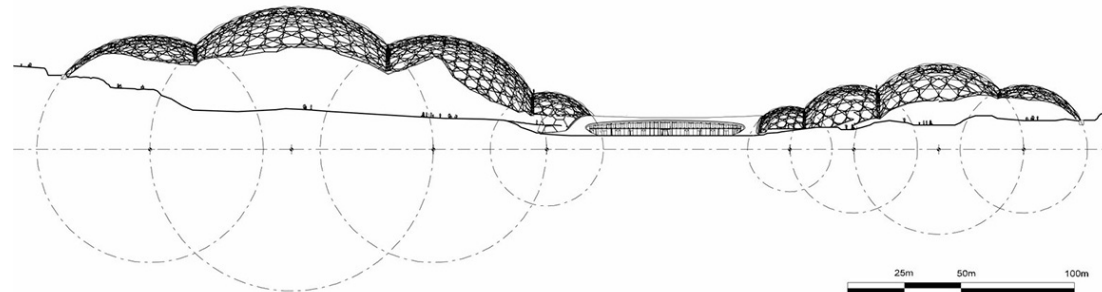
Debido a la inestabilidad del terreno y a su fuerte pendiente, se propuso que la estructura de los invernaderos se apoyase ligeramente sobre la superficie. Como burbujas de jabón, cada una de ellas, con un clima específico.



Secuencia de ocho biósferas dispuestas en dos cadenas, cada una con cuatro bóvedas insertadas las unas en las otras.



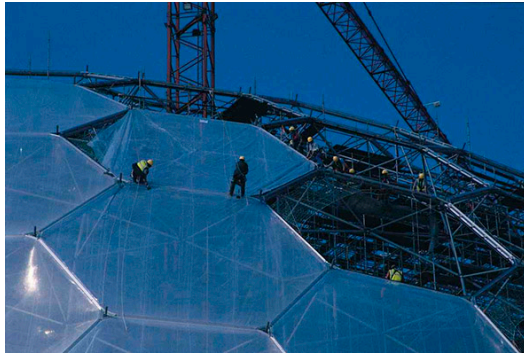
Imágenes del libro "Gardening at Eden...and how to do it at home. Matthew Biggs, Eden Books, Transworld (2006).



.....  
<sup>16</sup> <http://nuberosasenarquitectura.blogspot.com/2008/10/el-edn-en-cornualles-de-nicholas.html>

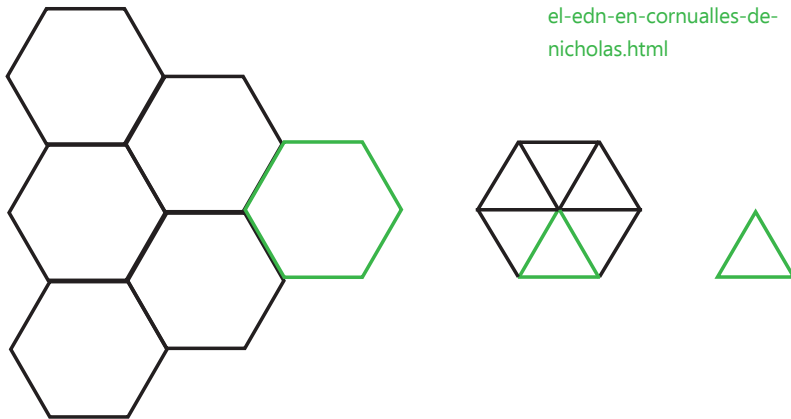
Cada "burbuja" o semiesfera está pensado como un hábitat diferente, agrupando en un mismo lugar hábitats diferentes en cada una de las cúpulas.

<http://nuberosasenarquitectura.blogspot.com/2008/10/el-edn-en-cornualles-de-nicholas.html>



Los hexágonos de esta estructura poseen vanos de 11 metros. La cubierta es una lámina de etil-tetra-fluoroetileno (ETFE) que se caracteriza por ser un material ligero y a la vez resistente, transparente a la luz ultravioleta, no se degrada por la luz solar y presenta gran capacidad de aislamiento térmico con respecto al vidrio.

<http://nuberosasenarquitectura.blogspot.com/2008/10/el-edn-en-cornualles-de-nicholas.html>



El módulo base que forma la cúpula es un hexágono, que surge de la repetición de un módulo triangular. El principio de los domos geodésicos consiste en unir superficies planas para formar una forma curva, permitiendo cubrir más espacio sin soportes internos.

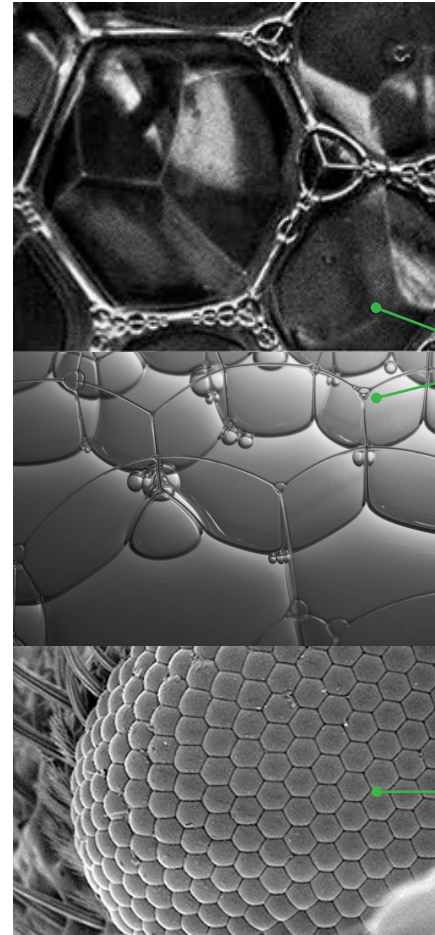


Imagen de los hexágonos que conforman las burbujas al unirse entre sí.

Imagen de los hexágonos que forman el ojo de un insecto.

El hexágono es una figura geométrica que podemos encontrar en la naturaleza, así como la esfera. La semejanza entre la forma de los invernaderos y las formas y patrones que encontramos en la naturaleza, hace que las construcciones se vean orgánicas, como parte del entorno y en armonía con la naturaleza.

## 5.2 ACTIVIDADES Y PRUEBAS RELACIONADAS CON EL PROYECTO

Participación personal en el desarrollo y construcción de cuatro proyectos: (a) Construcción de una cisterna de ferrocemento, (b) Instalación de un techo verde, ambos en la Ecoescuela “El Manzano”, Cabrero, VIII región; (c) Invernadero de coligüe para cultivo familiar, Pucón, IX región; y (d) Diseño de invernadero en forma de domo geodésico doble, Bioconstructora Los Juncos, Litueche, VI región.

### a. Cisterna de ferrocemento: Captación, Almacenamiento y drenaje del agua

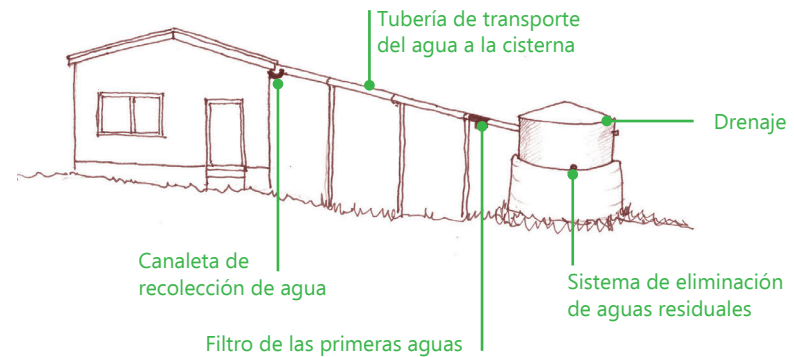
La cisterna de ferrocemento esta construida en base a una malla de fierro cubierta por una fina capa de cemento y arena, es un depósito impermeable para almacenar agua, construido con una membrana de concreto reforzada con una malla de acero. Se ubica cerca de una casa o techumbre desde donde se puede captar el agua lluvia.



Imágenes de la construcción de una sistema de ferrocemento para almacenar el agua lluvia captada dese el techo de una casa, en la Ecoescuela “El Manzano”, Cabrero, XIII región.



Detalle del sistema de drenaje.



## b. Mecanismos de drenaje y cultivos en techos verdes

Techo cubierto por capas de materiales impermeables, arcilla, arena y tierra, para la inserción de vegetación. Este tipo de techos verdes está pensado para que no sea necesario necesitar sistemas de riego, puesto que son de vegetación baja propia de la zona, que sobrevive con irrigación del agua lluvia. Posee un sistema de drenaje del agua que las plantas no utilizan y que tiene como función eliminar el agua sobrante de los cultivos fuera de la superficie del techo.



Capa de arena para que la tierra no acumule demasiada agua.

Capa de arcilla para que el agua escurra con mayor facilidad.

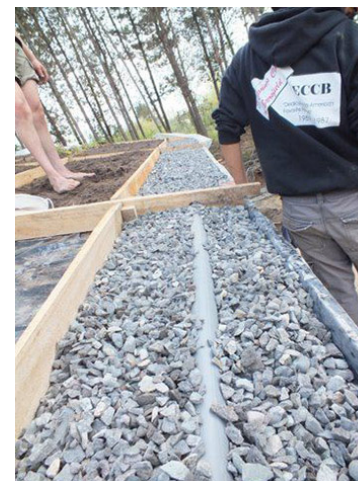


Capa de polietileno como barrera antiraíz.

Tubería de PVC de drenaje para el agua hacia fuera de la superficie del techo.



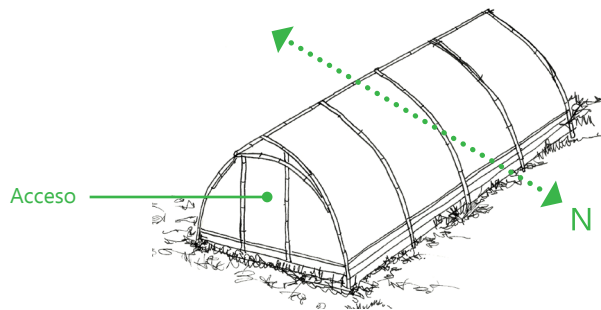
Gravilla que sostiene la tubería y deja drenar el agua.



Imágenes de la tubería y la estructura que la sostiene. Esta tubería recibe toda el agua que las plantas no utilizan.

**c. Invernadero de coligüe para cultivo familiar:  
Experimentación con los materiales de la zona**

Este invernadero se realizó con la finalidad de experimentar la construcción de un invernadero basado en las formas tradicionales, pero con algún material propio de la zona, implementándose también el sistema de cultivo en cama alta.



El invernadero tiene una de sus caras laterales expuesta al norte, lo que implica una mayor exposición de los cultivos a la radiación solar de este lado (Norte).



La cara lateral expuesta hacia el sur es la cara con menor exposición a la radiación solar, por lo que es la cara del invernadero con más baja temperatura.

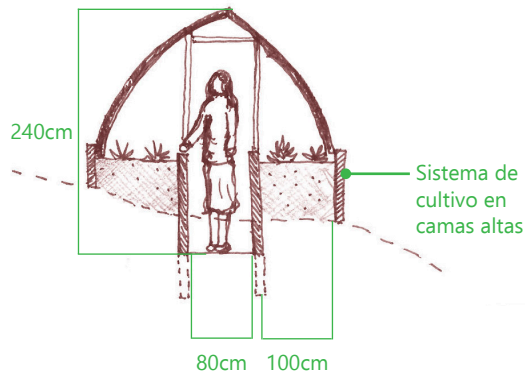


- MATERIALIDAD:**
- Estructura de pino radiata con coligüe
  - Cubierta de polietileno



- Camas altas de cultivo
- Espacio entre las camas para el tránsito de las personas

Al generar dos caras laterales de cultivos, una orientada hacia el sur y la otra hacia el norte, es necesario cultivar las especies que requieran mayor o menor cantidad de horas expuestas al sol en una de estas caras.



#### Observaciones:

- El sistema de cultivo en cama alta mejora la postura de los usuarios al trabajar y protege los cultivos de algunos insectos y animales.
- La escasa ventilación produce exceso de humedad y altas temperaturas, esto afecta el rendimiento de los cultivos y atrae plagas de caracoles y babosas. Es necesario constar de ventilación cenital y lateral en épocas de primavera y verano cuando la temperatura puede variar entre 25 y 30 °C.
- El coligüe pierde humedad y afecta su resistencia al estar expuesto a la radiación solar y a las altas temperaturas, llegando a romperse en algunos puntos después de un año.
- La tierra con la humedad y las raíces se expande, aumentando su volumen. Esto con el tiempo afecta y deforma la madera de las camas, siendo necesario reforzar la estructura para que no colapse o se rompa la madera.
- Se hace necesario la utilización de mallas de sombreado en las épocas de verano para que los cultivos como la lechuga, acelga, zapallos, puedan crecer en óptimas condiciones.

**d. Diseño de Invernadero en forma de domo geodésico doble frecuencia 2**

El objetivo de este diseño fue experimentar con la forma de domo geodésico como invernadero, ya que la cúpula geodésica permite abarcar grandes distancias sin elementos estructurales como pilares en su interior, facilitando el aprovechamiento del espacio, tanto como para el crecimiento de las plantas, como para el flujo de las personas.



Dimensiones de la superficie: 8s x 3 m



Proceso de construcción

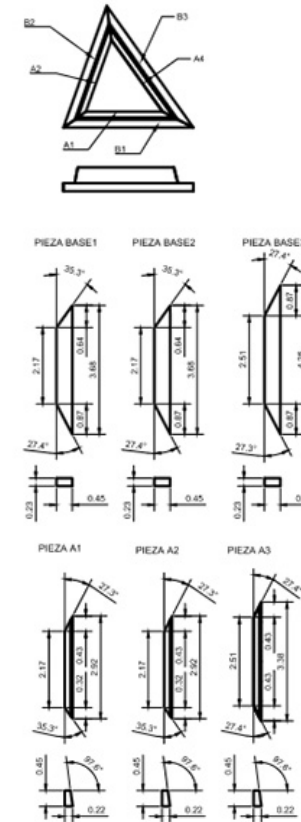


Detalle de las uniones



Materialidad: Estructura de pino radiata, cubierta de polietileno.

Planos de las piezas que conforman el módulo base.



Esquema de la pieza triangular que conforma el módulo base de la cúpula geodésica.





### 5.3 CONCLUSIONES

La forma auto soportante de los domos geodésicos permite crear un interior libre de elementos estructurales como pilares, lo que permite crear una zona despejada para el trabajo y el tránsito de las personas en el interior del invernadero. Sin embargo, las múltiples y complejas uniones y quiebres de la forma dificultan la creación de sistemas que permitan aprovechar el agua lluvia. La complejidad de forma y de la construcción hace necesaria la especialización de las personas que trabajan en la instalación del invernadero. Las uniones de la estructura son de 5 ó 6 piezas, lo que dificulta los procesos productivos y la instalación.

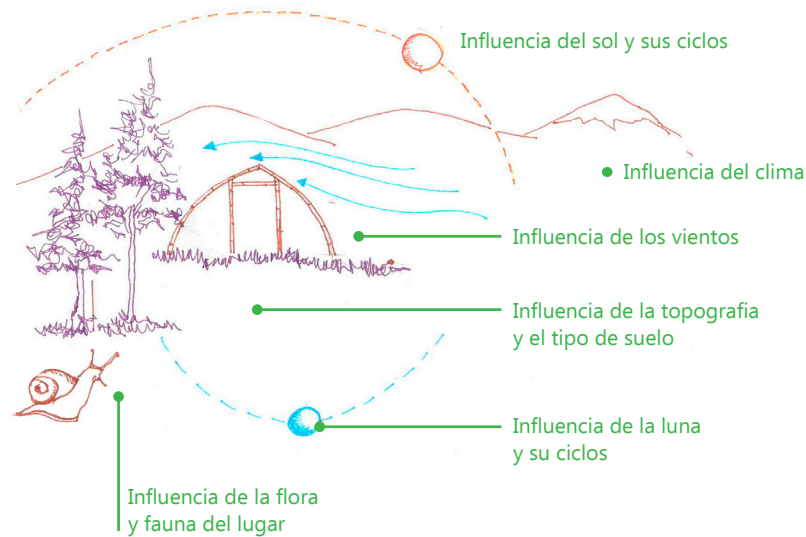
Las formas alargadas de invernaderos dificultan el acto de reunión de un grupo. Las formas de reunión de más de tres personas tienden al círculo. Para este proyecto de invernaderos educativos, se tomará en cuenta la posibilidad de crear formas que tiendan a crear círculos entre las personas para facilitar el intercambio y la reunión.

La forma auto soportante de los domos geodésicos permite crear un interior libre de elementos estructurales verticales (pilares), lo que permite crear una zona despejada para el trabajo y el tránsito de las personas en el interior. Sin embargo, las múltiples y complejas uniones y quiebres de la forma dificultan la creación de sistemas para aprovechar el agua lluvia.



De los diferentes experimentos y aprendizajes se concluye que:

La agricultura orgánica es un sistema de cultivo que toma en cuenta todos los factores ambientales del entorno (el hábitat), como factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos: el recorrido del sol, la topografía del terreno, los vientos, la temperatura, el clima, los animales e insectos del lugar, etc. La mejor forma de aprender a cultivar es aprender haciendo, es decir, experimentando y observando.

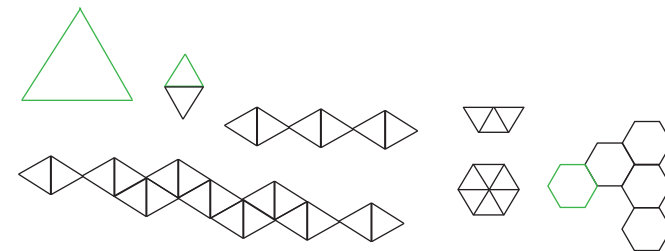


Consideración del hábitat y los ciclos de la naturaleza como influencias en los cultivos.

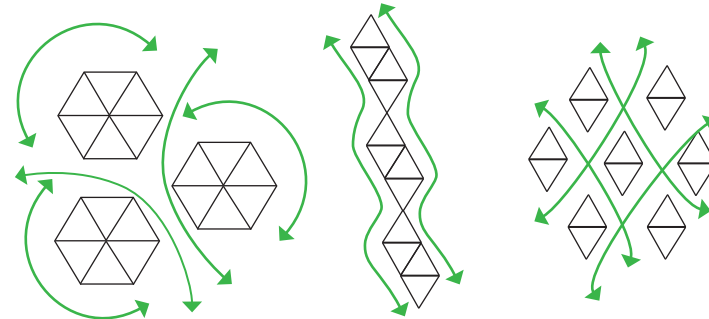
Necesidad de constante cuidado y observación.

Existe un gran número de variables que influye en los resultados de los cultivos. La forma en que debemos cultivar depende de la zona geográfica, el clima, la altitud, etc. La forma de un invernadero de aprendizaje de cultivos orgánicos requiere de la posibilidad de crear cambios en los factores que influyen en la vegetación, para poder experimentar, observar, concluir y de este modo aprender.

Las formas modulares permiten crear diferentes patrones de orden o configuraciones y distintos tamaños o medidas.



Las estructuras modulares habitables permiten generar diversos flujos en el recorrido de los espacios o lugares.



Posibles formas o patrones que generan distintos posibles flujos o recorridos.

Las formas o patrones más comunes de reunión para el intercambio de ideas o para la conversación entre las personas son:

- De dos personas:



Continuas: una al lado de la otra en actitud de contemplación. La cercanía de las personas permite la comunicación fluida.

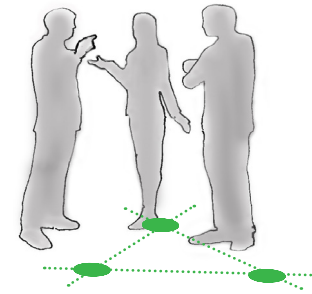


Posición en fila en actitud de contemplación la comunicación se da fácilmente entre dos.



Enfrentamiento: comunicación visual.

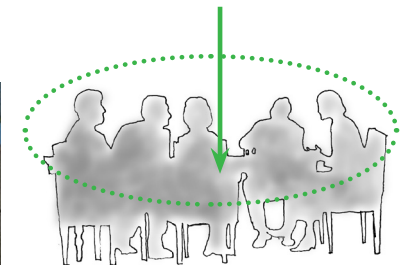
- De tres personas:



Las tres personas buscan el enfrentamiento conformando un triángulo como patrón de orden.



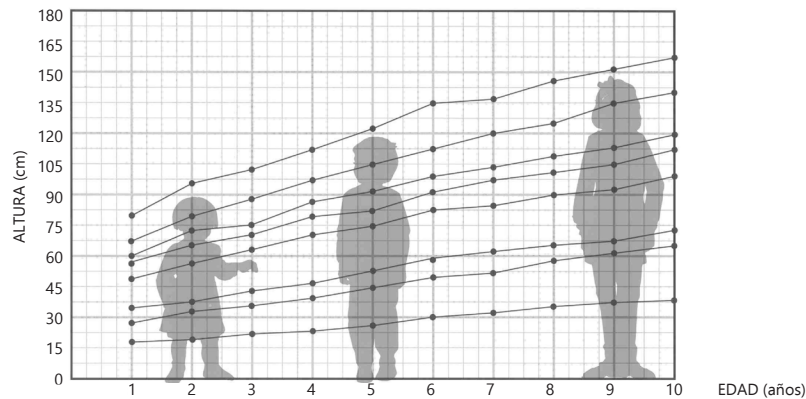
- De cuatro o más:



El patrón de orden de cuatro o más personas que se reúnen a conversar o a compartir tiende al círculo.

Las formas de base rectangular en invernaderos dificultan la reunión. Las formas de reunión de más de tres personas tienden al círculo. Para este proyecto de invernaderos educativos, se tomará en cuenta la posibilidad de crear formas que tiendan a crear círculos entre las personas para facilitar el intercambio y la reunión.

Para proyectar un invernadero para el uso de niños es necesario considerar las diferencias entre los niños entre 4 y 6 años (etapa pre escolar) y los de 6 en adelante, puesto que las medidas de sus alcances son muy diferentes. Se plantea la posibilidad de crear un sistema que pueda variar los tamaños para una mejor usabilidad de la forma.



Todo sistema de cultivo necesita agua, en diferentes cantidades, se hace necesario incorporar un sistema que considere:

- Fuente de alimentación del agua: en este caso se implementará un sistema que permita alimentarse del agua lluvia, debido a que es un recurso abundante en la zona.
- Sistema de riego: se implementará un sistema de riego manual con mediciones para observar la cantidad de agua utilizada y para incentivar la conducta del cuidado de los seres vivos y las plantas, que no es propio de los sistemas automatizados

Es necesario crear un sistema de ventilación con la posibilidad de abrirse en distintos grados, para tener un mejor control del aire que entra al interior y de los vientos.

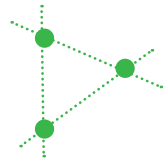
Importancia de las camas altas: Las camas altas mejoran la postura al trabajar generando posiciones más confortables. Además protegen a los cultivos de algunos insectos y animales.



En espacios abiertos o grandes extensiones de terreno se hace necesario focalizar la actividad, es decir crear un foco o centro para evitar la disgregación, es necesario crear formas que tiendan a unir y cobijar o resguardar la actividad.



El sistema de cultivo en camas altas resuelve el problema actual de postura en las actividades de la huerta.



6.

PROYECTO

## 6.1 GÉNESIS FORMAL

La génesis de la forma surge de la respuesta al problema de diseño de las actuales formas de invernaderos, que no permiten la generación de adecuadas instancias de reunión.



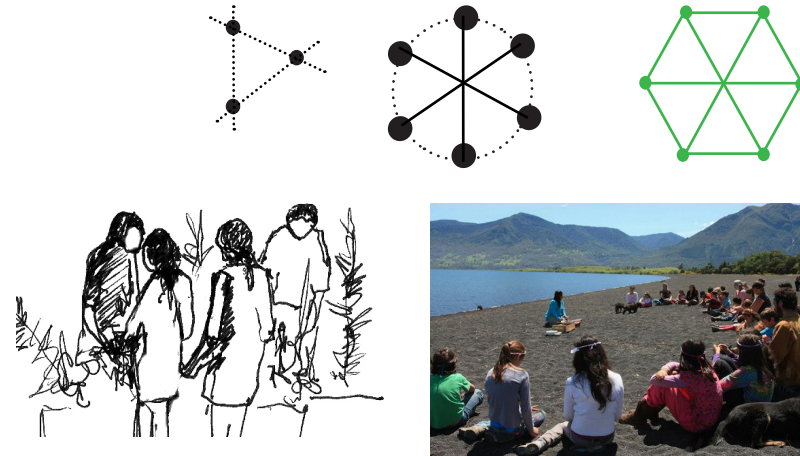
Imágenes de las instancias educacionales de huertos orgánicos en la región de la Araucanía.



Ejemplo de las instancias de reunión de los niños de kinder en el colegio Waldorf, Pucón.

## CONCEPTOS ASOCIADOS A LA FORMA

### Punto de encuentro



Una las instancias de reunión de niños y adultos en el colegio Waldorf, Pucón.

### Reunión e intercambio



Necesidad de contacto visual

Imagen de las actividades de siembra de papas en el colegio Waldorf, Pucón.

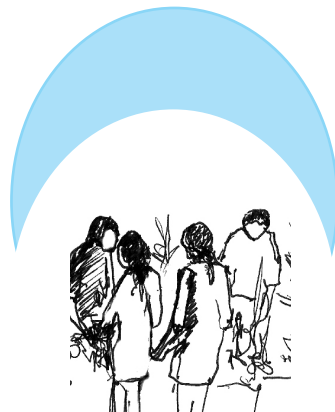
## CONCEPTO DE COBIJO Y RESGUARDO



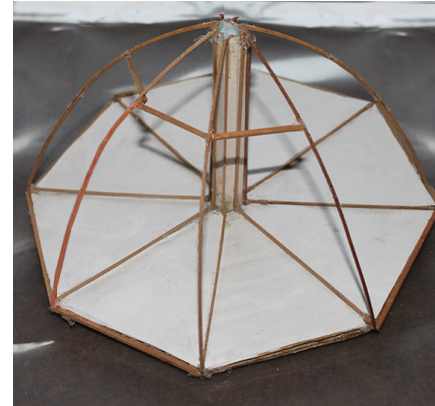
En espacios abiertos surge la necesidad de cobijar el acto de aprendizaje, sobre todo en los niños más pequeños, para tener control sobre la actividad y además para proteger a las personas de los efectos climáticos como la lluvia.



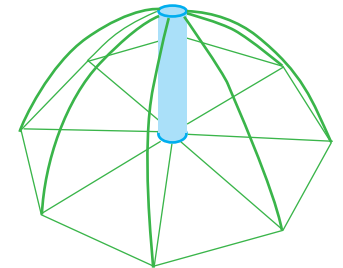
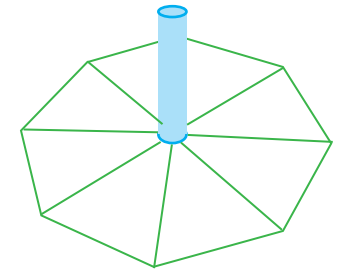
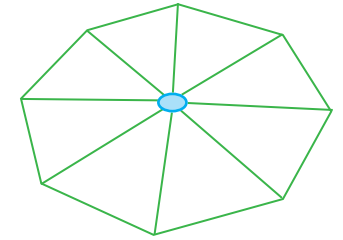
Crear un cobijo que resguarde a los cultivos y a las personas.



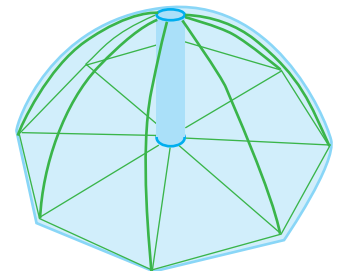
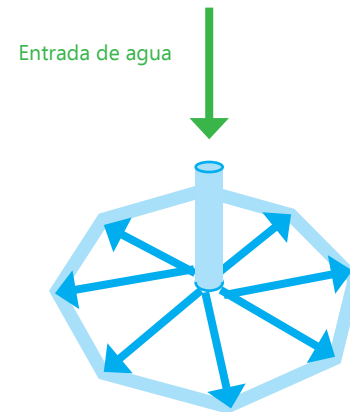
## Estudio de la forma



Maqueta de estudio escala 1:10

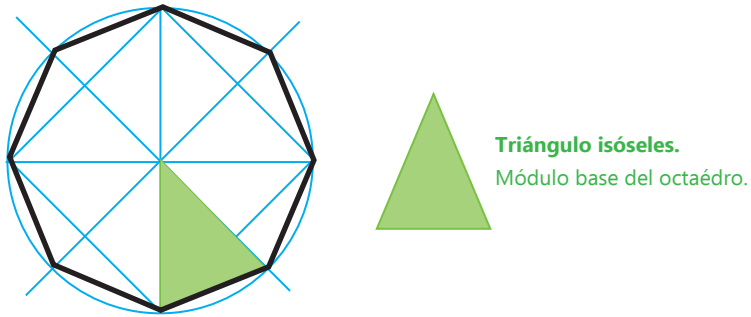


Posibles mecanismos y flujos de agua para la irrigación

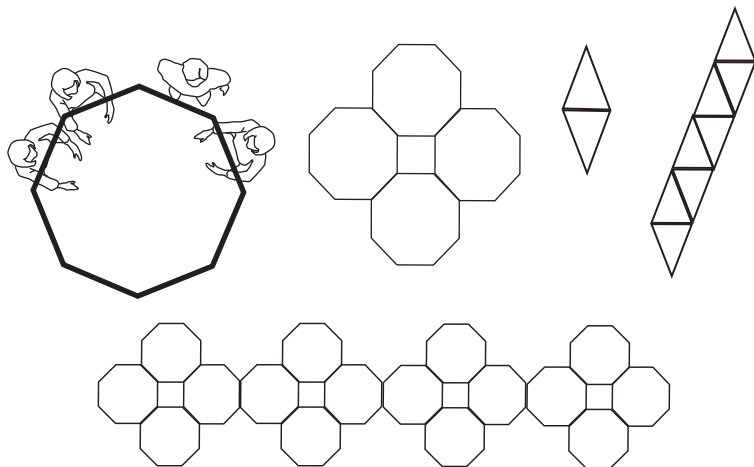


La creación de estructuras o espacios habitables modulares permite generar diversas configuraciones que pueden adecuarse al número de personas y al espacio. A continuación se presenta el estudio de las posibilidades de modulación de algunas formas geométricas que tienden al círculo.

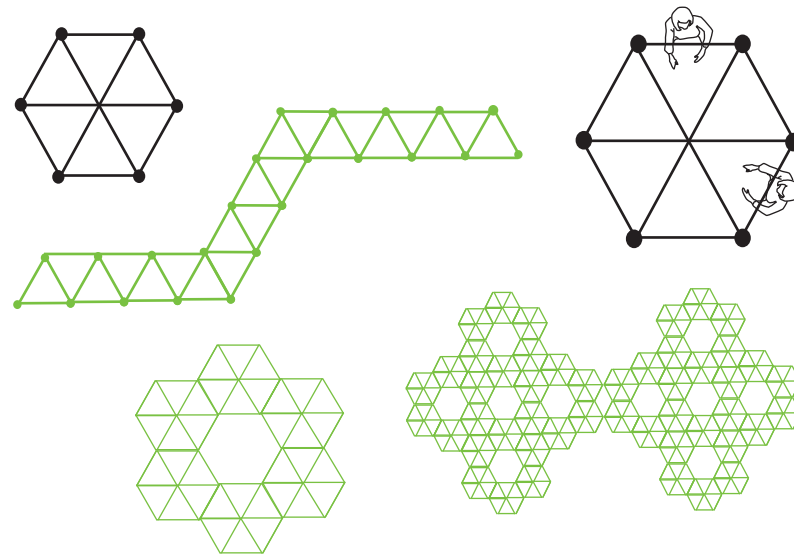
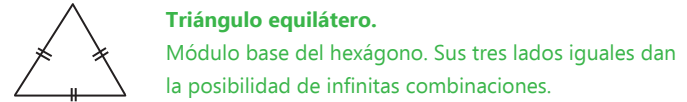
### Octágono



Posibilidades de combinación y patrones de orden del octaedro:

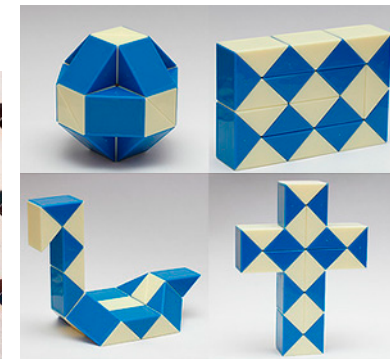


### Hexágono



"Serpiente Rubik"

Imagen de algunos de los mosaicos en muros de La Alhambra, Granada, España.





### Referentes de formas hexagonales modulares en la naturaleza

El hexágono es una forma geométrica, que puede decirse es orgánica, porque es posible encontrarla en varios ejemplos en la naturaleza, como parte de la conformación o patrón de orden de ciertos organismos



Imagen de la trama de hexágonos que conforman el panal, donde las abejas guardan y protegen a sus larvas.



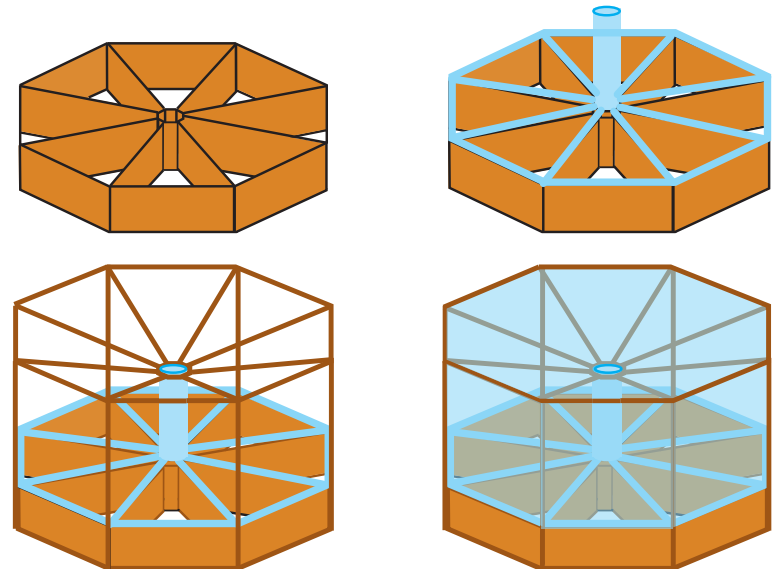
Trama de hexágonos en la caparazón de un tipo de tortuga.

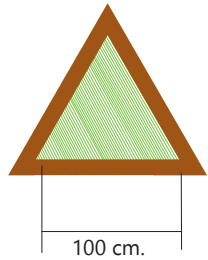
### Definición del módulo triangular como volumen

Imagen de la maqueta de estudio.  
Escala: 1:100



### Estudio de las posibilidades de forma del hexágono como volumen





Se determinó una superficie triangular de 100 cm de lado para la superficie de cultivo. Esta medida se considera adecuada, en relación a las medidas de los alcances de los niños y adultos. Después de la construcción y del análisis de la maqueta de estudio 1:1, se concluye que:

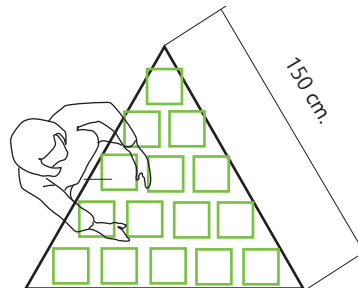
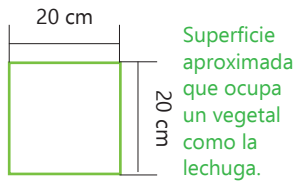
La medida de la cama de cultivo debe tener 140 cm como mínimo, para obtener un número de hortalizas o alimentos que tenga relación con la cantidad de personas que participen de la actividad.

Imágenes de la maqueta de estudio escala 1:1 para el estudio de la forma y construcción de un módulo para cultivos de base triangular.



**Cálculo de la superficie de cultivo óptima en relación a la cantidad de personas que participarán de los cultivos:**

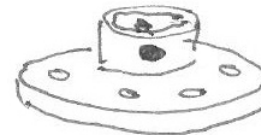
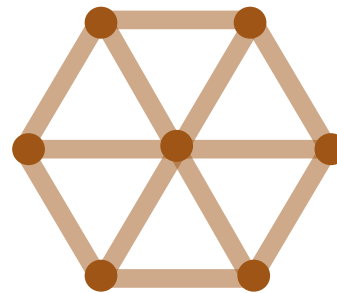
- Cantidad de posibles usuarios por módulo : 1-3
  - Cantidad aproximada de lechugas por módulo : 15
  - Lechugas por persona : 5-15
- Valores aproximados que se determinan con una cantidad de usuarios por módulo entre 1 y 3, siendo 1 el mínimo y 3 el máximo.



**MODULO HEXÁGONAL**

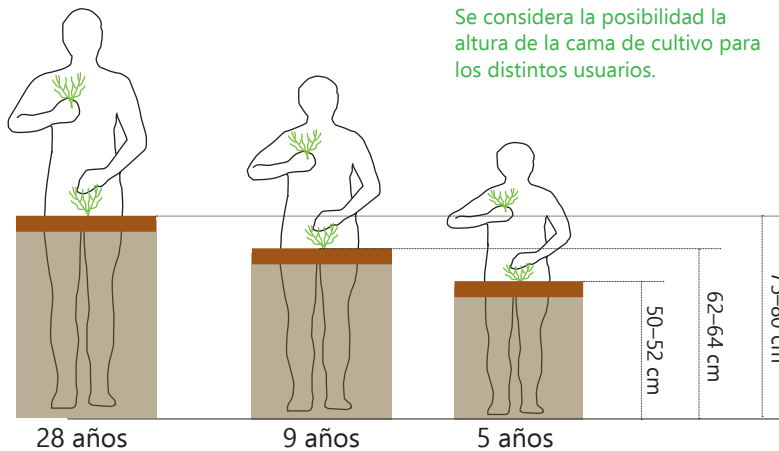
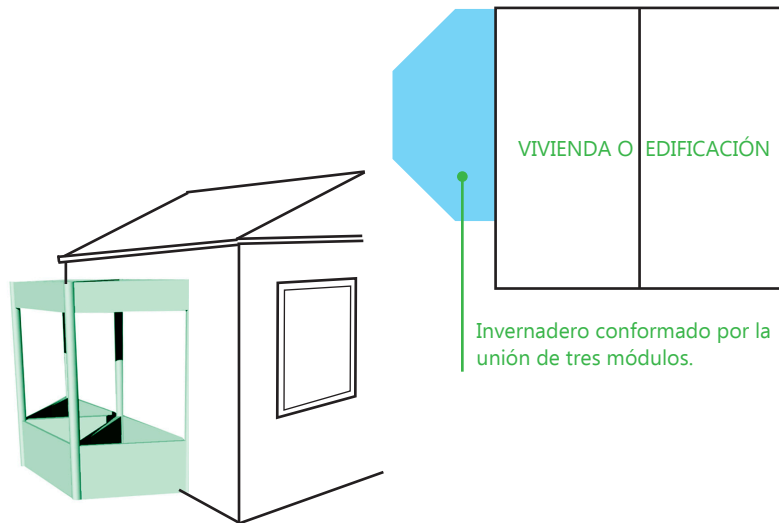
- Cantidad de posibles usuarios por módulo :  $1 \times 6 = 6$
- Cantidad aproximada de lechugas por módulo :  $15 \times 6 = 90$
- Lechugas por persona :  $90 : 6 = 15$

**Detalle constructivo de la pieza de unión de los módulos**



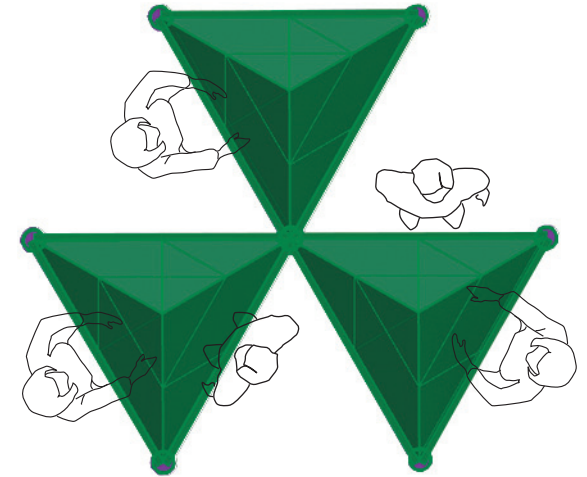
La unión de los módulos triangulares de los extremos exteriores deberá sostener el ensamble de 3 piezas, y la unión del centro deberá sostener el ensamble 6 piezas.

La unión de tres módulos en triángulo que conforma la mitad del volumen con base en forma de hexaédro podría utilizarse como sistema de calefacción pasiva.

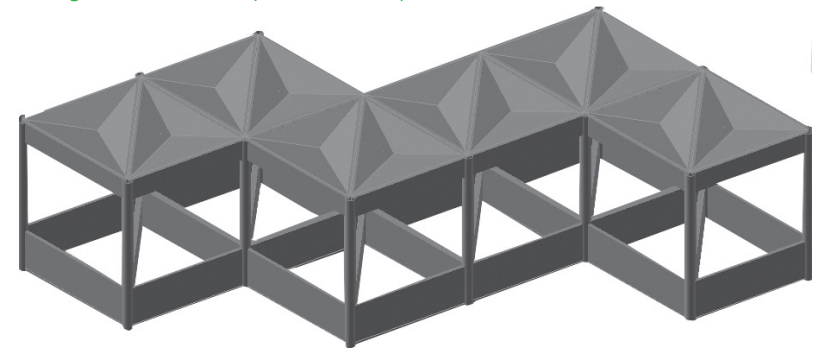


### Posibilidades de uso del sistema modular de triángulos equiláteros

Configuración radial en torno a un centro

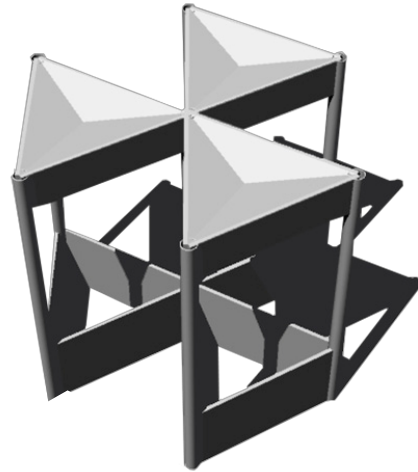


Configuración lineal con posibilidad de quiebres

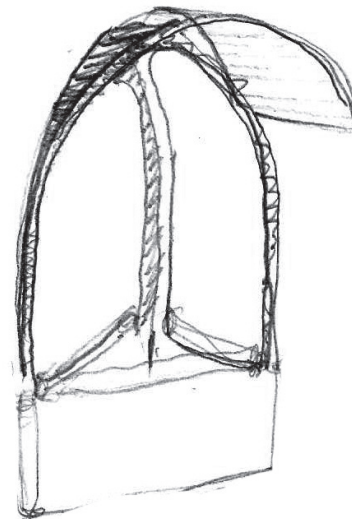
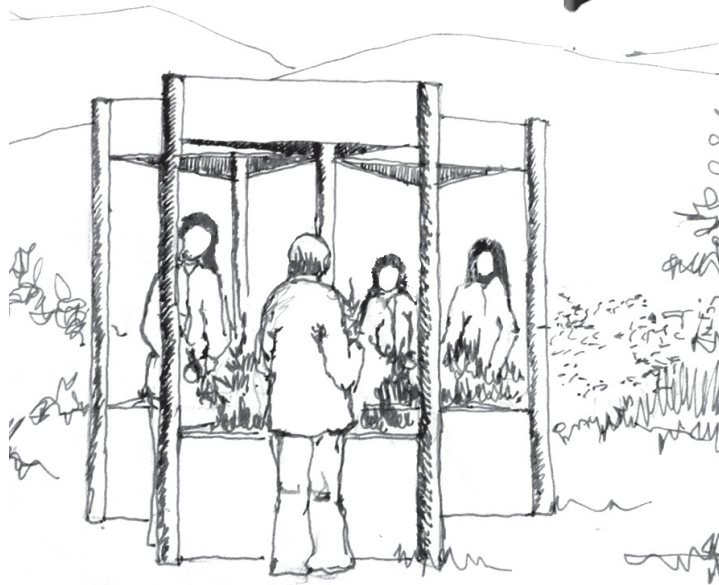
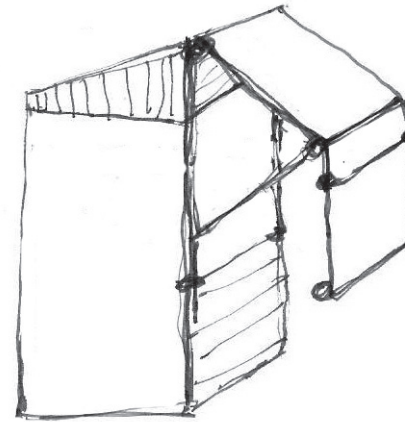


Las distintas configuraciones que permite el módulo de base triangular generan la posibilidad de que la disposición de los invernaderos sea adaptable a los distintos espacios donde pueda ser emplazado.

Posibilidades de combinación o configuración del módulo de base triangular



Necesidad de cobijo para focalizar y contener el acto, y para proteger a los cultivos y a las personas de la lluvia.



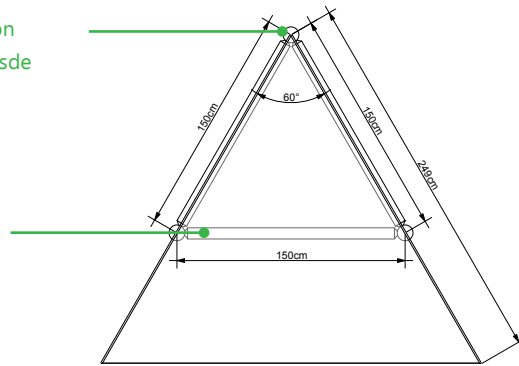
Croquis de los posibles usos de una configuración radial de tres módulos triangulares

## 6.2 PROPUESTA FORMAL

Vista en planta del módulo básico triangular que conforma el hexágono:

Tubería para la distribución de agua lluvia captada desde la techumbre

Sistema de apertura para la ventilación cenital



Sistema de captación y recolección de agua lluvia

Vista lateral del módulo básico triangular que conforma el hexágono:

Tubería de introducción del agua lluvia captada en la techumbre, al interior del invernadero.

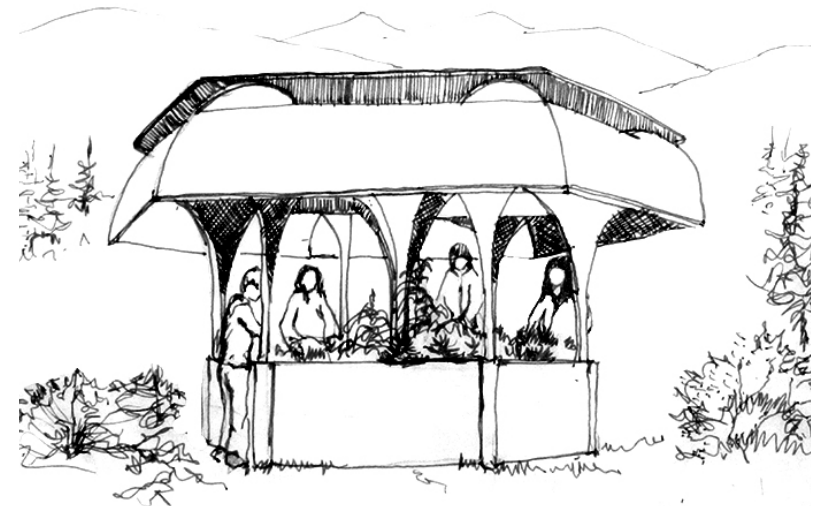
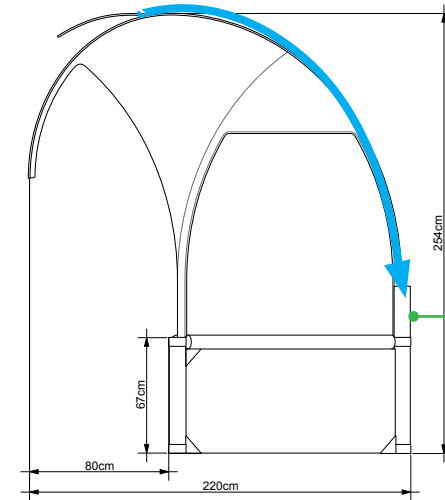




Imagen del módulo de base triangular que conforma el hexágono.

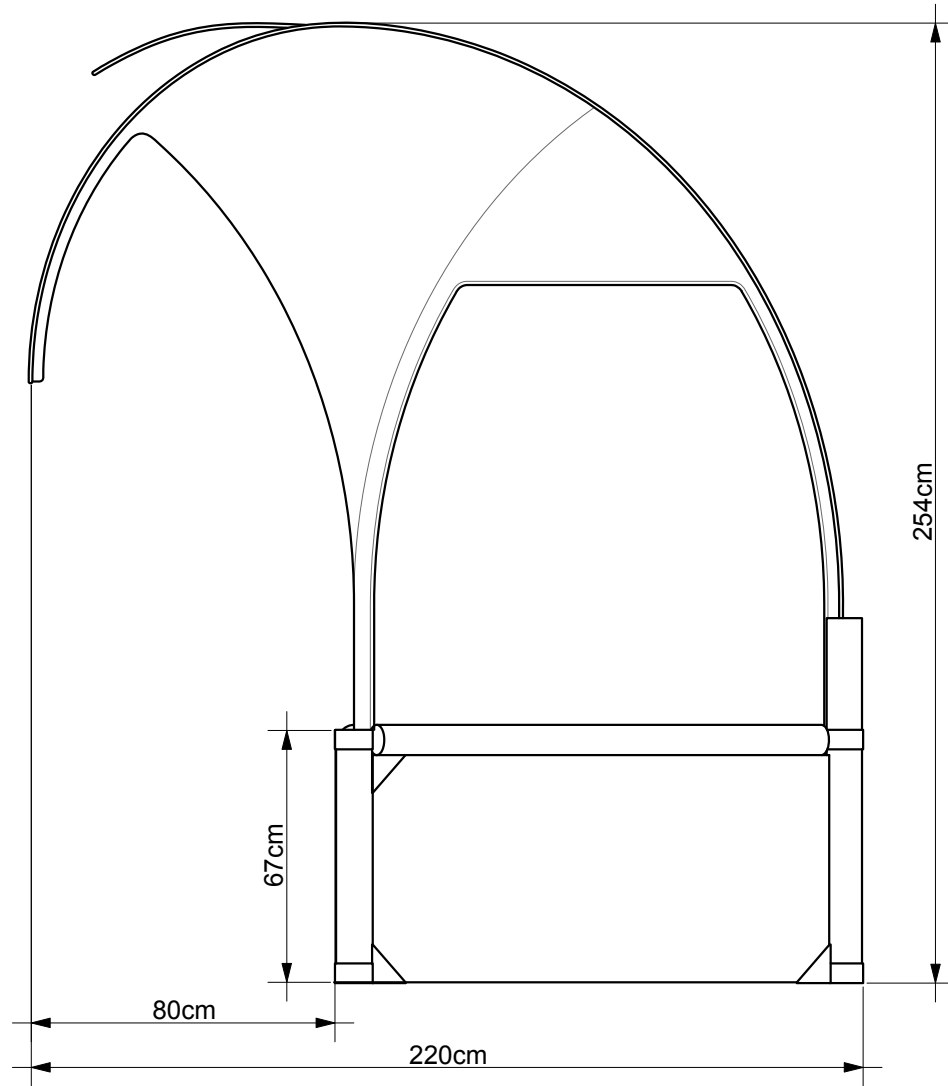
El usuario tiene la posibilidad de distribuir distintos módulos con distintos patrones de orden en distintos espacios.

La propuesta consta de un sistema de ventilación cenital y lateral con un sistema de recolección de agua lluvia desde la techumbre.



Imagen del submódulo de base hexagonal que permite ocupar el invernadero de manera radial en torno a un centro: el cultivo.

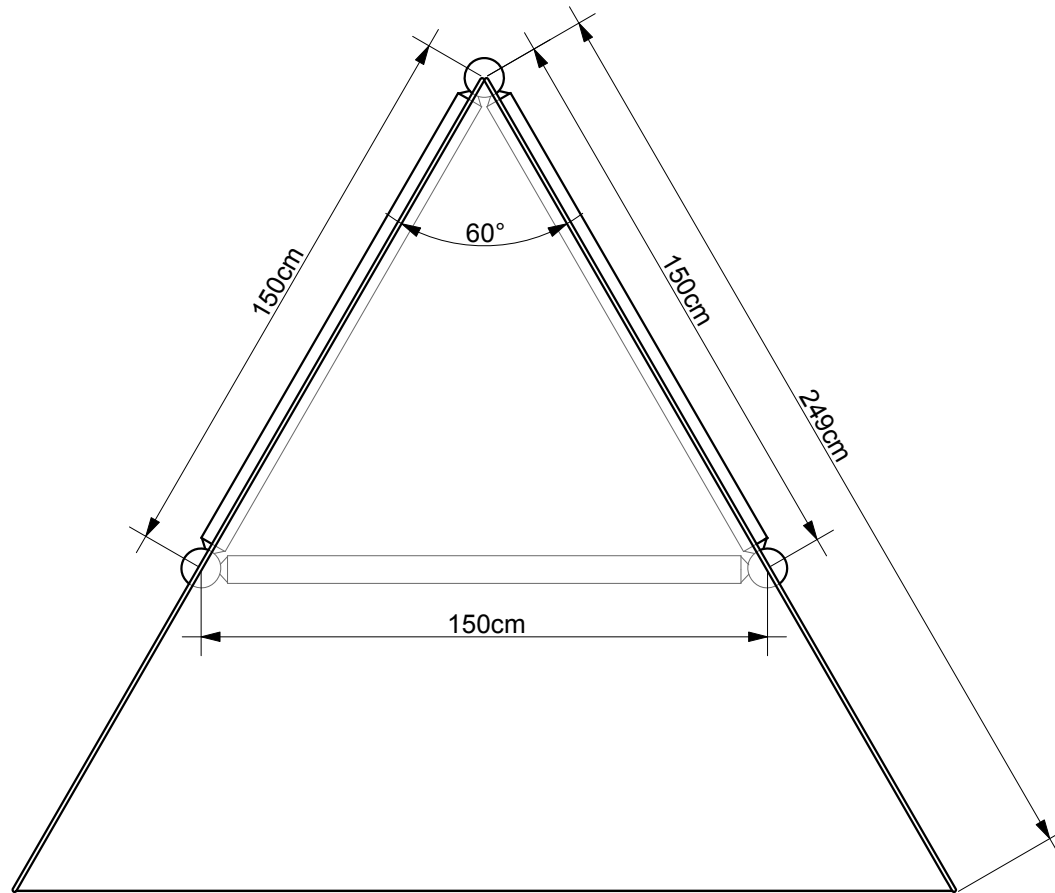
Los módulos dan la posibilidad de agregar mallas de sombreado y pantallas térmicas, como mecanismo de acondicionamiento y calefacción en periodos muy calurosos o en periodos muy fríos.



Planos generales  
VISTA LATERAL

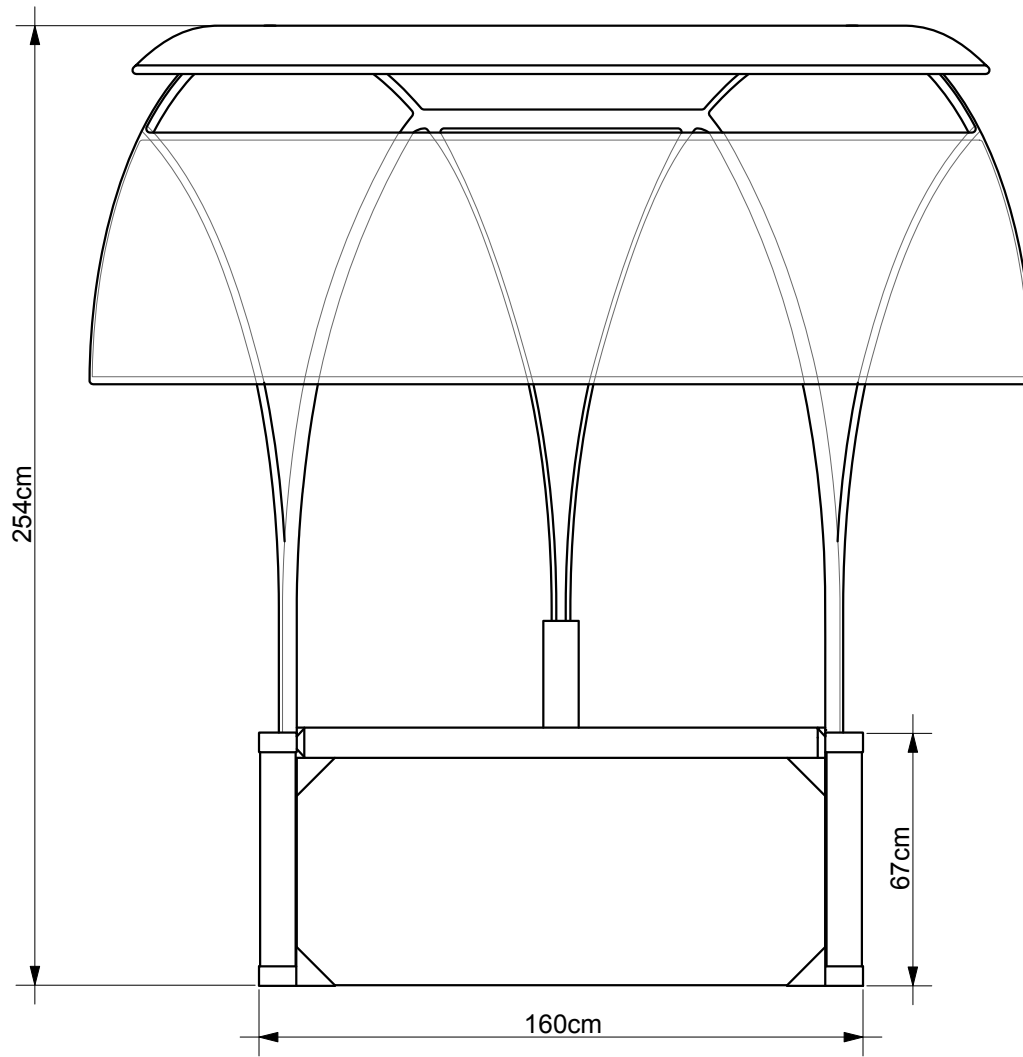
PROYECTO: Invernadero modular para aprendizaje de cultivo orgánico			COMPONENTE:		
DISEÑO: Geraldine Labbé		REVISADO POR:	FECHA: Enero 2013	ESCALA: 1:20	CANT.:
INSTITUCIÓN: Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo Escuela de Diseño		MATERIALIDAD:		OBSERVACIONES:	
		PROCESOS:			

Planos generales  
VISTA SUPERIOR



PROYECTO: Invernadero modular para aprendizaje de cultivo orgánico		COMPONENTE:		
DISEÑO: Geraldine Labbé	REVISADO POR:	FECHA: Enero 2013	ESCALA: 1:20	CANT.:
INSTITUCIÓN: Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo Escuela de Diseño	MATERIALIDAD:	OBSERVACIONES:		
PROCESOS:				





Planos generales  
VISTA FRONTAL

PROYECTO: Invernadero modular para aprendizaje de cultivo orgánico		COMPONENTE:		
DISEÑO: Geraldine Labbé	REVISADO POR:	FECHA: Enero 2013	ESCALA: 1:20	CANT.:
INSTITUCIÓN: Universidad de Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo Escuela de Diseño	MATERIALIDAD:	OBSERVACIONES:		
	PROCESOS:			

Render  
MÓDULO ABIERTO

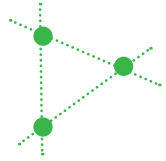


Render  
MÓDULO CERRADO



Render  
SUBMÓDULO HEXAGONAL





# 7. BIBLIOGRAFÍA

BRANGWYN, B.; HOPKINS, R. **Iniciativas de transición.** EcoHabitar Ediciones, Teruel. Bogotá, 2010.

CALCAGNI, R.; STRAPPA, B. **Plano Regulador Intercomunal RBA. Una estrategia para la sustentabilidad de los Andes de La Araucanía.** Parques Para Chile - Consejo De Gestión Rba / Unidad De Desarrollo Sustentable En Rb, Ima Ufro. Temuco, 2011.

DUBOIS, P. **Los plásticos en la agricultura.** Mundi-Prensa. Madrid, 1980.

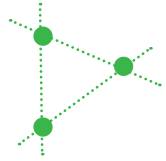
ERRANO, Z. **Invernaderos. Instalación y manejo.** Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 1983. 427 pp.

MAROTO, J.V. **Elementos de Horticultura General.** Mundi-Prensa. Madrid, 2000. 424 pp.

MATALLANA, A; MONTERO, J.I.. **Invernaderos. Diseño, construcción y ambientación.** Mundi-Prensa. Madrid, 1995. 207 pp.

MONTERO, J.I.; ANTÓN, M.A. **Tecnología del invernadero.** Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, 1993. 128 pp.

ROSAS ROA, Antonio. **Agricultura orgánica práctica. Tecnologías sostenibles y regeneradoras del medio ambiente.** Produmedios, Grupo Agrovereda. España, 2007.



# 8.

## ANEXOS

ANEXO N°1

## LOS PLÁSTICOS EN LA AGRICULTURA. MATERIALES DE CUBIERTA PARA INVERNADEROS. (1RA. PARTE)

MONTERO, Antón.

1993

### 1. APLICACIONES DE LOS PLÁSTICOS EN AGRICULTURA

Los plásticos han permitido convertir tierras aparentemente improductivas en modernísimas explotaciones agrícolas. Ejemplo de ello es la provincia de Almería, que de una agricultura de subsistencia ha pasado a contar con una gran concentración de invernaderos que la hacen modelo del desarrollo agrícola en muchas partes del mundo.

En Almería se encuentra la mayor concentración de invernaderos del mundo, unas 30.000 ha cubiertas por plástico y que han permitido la producción de hortalizas en territorios prácticamente desérticos; así el valor de la producción hortofrutícola en Almería ha pasado de 9.500 millones de pesetas en 1975 a los casi 189.000 millones de pesetas en 1997 (más de 1,2 billones americanos de dólares) (Fuente: CEPLA, 2000).

El plástico en agricultura se utiliza en invernaderos, macrotúneles, microtúneles, acolchados, mallas, en el control de plagas (plásticos fotoselectivos), en el control de enfermedades (solarización), en el riego, etc.

### 2. PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS UTILIZADOS COMO CUBIERTA DE INVERNADEROS

#### 2.1. Propiedades físicas

La elección de un determinado material de cubierta influirá en el tipo de estructura del invernadero, es decir, determinará el peso que debe soportar la estructura por tanto el espacio que debe haber entre pilares, barras de soporte, correas, distancia entre canal y cumbrera y forma del techo.

- Peso. Los filmes de plástico tienen poco peso lo que reduce su exigencia en estructuras y por tanto aumenta la uniformidad de la luz en el interior al reducir el sombreo. Los materiales rígidos además de un peso mayor acostumbran a tener un tamaño más reducido con lo cual requieren un mayor número de soportes, y influirá también en una menor estanqueidad.

- Densidad. Informa sobre la cristalinidad de los polímeros. Ésta modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas del polímero. Una densidad baja facilita la manipulación y el transporte unido o un menor precio.

- Espesor. Las unidades de medida serán milímetros generalmente utilizados para vidrio y plásticos rígidos y micras o galgas para los filmes, 100 m equivalen a 400 galgas. (1 mm = 1000 m). En filmes el espesor recomendado para proteger el cultivo en las bajas temperaturas es de 200 - 800 galgas.

- Resistencia a la rotura (especialmente en zonas de granizo, nieve o viento), resistencia a la deformación por altas temperaturas, resistencia a la rotura por bajas temperaturas.

- Envejecimiento. El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero viene determinado por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas.

a) Envejecimiento Físico. El seguimiento de la degradación física de los materiales se puede realizar regularmente por una simple observación que revele la aparición de desgarraduras en láminas plásticas y mallas de sombreado, desprendimiento de la capa de aluminio en pantallas térmicas, fractura de la muestra en materiales rígidos, etc.

b) El Envejecimiento Radiométrico Un procedimiento sencillo para determinar los cambios en la transmisión de luz de un material, debidos a la acción de los rayos solares, es medir periódicamente la radiación fotosintética activa (PAR) comprendida entre 400 y 700 nm, que es primordial para las plantas, ya que condiciona su rendimiento. Esta medida hecha tanto al aire libre como bajo el material de cubierta, nos informa de las variaciones en la capacidad de éste para transmitir el máximo de luz.

Tipo de plástico	Espesor	Duración (en Almería)	Radiación solar recibida
Poliétileno "normal" (sin aditivos)	150 micras (600 galgas)	6-8 meses	< 148 kcal/cm <sup>2</sup>
Poliétileno "larga duración"	180 micras (720 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>
Poliétileno "Térmico larga duración"	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>
Copolímero EVA (12 % AV)	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>
Copolímero EVA (6 % AV)	100 micras (400 galgas)	1 año	148 kcal/cm <sup>2</sup>

## 2.2. Propiedades ópticas

Transmisión de la radiación solar

- Transmitancia. Es la propiedad de los materiales de dejar pasar la radiación solar,

se expresaría como la relación entre la radiación en el interior del invernadero y la medida simultáneamente en el exterior. La transmisión depende del ángulo de incidencia de la cubierta.

## 2.3. Propiedades térmicas y comportamiento térmico.

La capacidad de protección contra el frío de un material depende por un lado de su transmitancia para la radiación IR larga, y por otro de las pérdidas por conducción y convección a su través. En condiciones estables en laboratorio se mide un coeficiente K global de pérdidas caloríficas, que expresa el conjunto de pérdidas radiantes, convectivas y conductivas, y que permite comparar unos materiales con otros.

Características comparadas de los principales materiales plásticos utilizados en cubierta de invernadero (Fuente: SERRANO, 1994)

	FLEXIBLES		RÍGIDOS			
	Poliétileno	PVC	PVC ondulado	Polimetacrilato de metilo	Poliéster estratificado	Cristal
Características	(0,08 mm)	(0,1 mm)	(1-2 mm)	(4 mm)	(1-2 mm)	(2,7 mm)
Densidad	0,92	1,3	1,4	1,18	1,5	2,40
Índice de refracción	1,512	1,538	-	1,489	1,549	1,516
% de dilatación antes de que se rompa	400-500	200-250	50-100	escasa	escasa	nula
Resistencia al frío y calor	-40+50° C	-10+50° C	-20+70° C	-70+80° C	-70+100° C	muy elev.
Duración	2 años	2-3 años	elevada	elevada	elevada	elevada
Transparencia % (0,38-0,76 micrones)	70-75	80-87	77	85-93	70-80	87-90
Transmisión % (-0,24-2,1 micrones)	80	82	82	73	60-70	85
Transmisión % (7-35 micrones)	80	30	0	0	0	0

## 3. TIPOS DE MATERIALES DE CUBIERTA PARA INVERNADEROS

La importancia del material de cobertura en un cultivo bajo invernadero estriba en que constituye el agente modificador del clima natural de la zona en donde se vaya a construir el invernadero. La elección del material de cobertura dependerá de una serie de criterios o indicadores, que interaccionados entre sí, ayudarán al agricultor en la elección del material apropiado. Estos indicadores se pueden resumir en:

- Respuesta agronómica debida al material empleado (precocidad, producción y calidad).
- Propiedades ópticas, térmicas y mecánicas del material de cubierta.
- Estructura del invernadero, anclaje o sujeción del plástico

(Fuente: MATAALLANA; MONTERO, 1995).



El material ideal sería el que cumpliera los requisitos siguientes: 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 planta durante la noche.

Los materiales que pueden cumplir todas estas exigencias son caros y exigen estructuras costosas. El material ideal sería el que tuviese el espesor y flexibilidad de los plásticos y las propiedades ópticas del vidrio. Es decir, el que sea muy permeable, durante el día, a las radiaciones de longitud de onda inferiores a 2.500 nm y por la noche fuera lo más opaco posible a las radiaciones de longitud de onda larga, emitida por suelo y plantas, que son las que mantienen calientes a los invernaderos.

Los materiales de cubierta se dividen en tres grupos:

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

(Fuente: MATAALLANA; MONTERO, 1995):

### 3.1. Vidrio

Este material fue el primero en utilizarse 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. El vidrio impreso, está pulido por una parte y por la otra está rugoso. En la colocación del cristal sobre la cubierta de la instalación, la cara rugosa quedará hacia el interior y la cara lisa hacia el exterior. Así recibirá por la parte exterior casi todas las radiaciones luminosas que al pasar a su través se difundirán en todas las direcciones al salir por la cara rugosa.

El vidrio es el que presenta una transmisión óptica y térmica más óptima. Es un material no combustible, resistente a la radiación UV y a la polución manteniendo sus propiedades iniciales a lo largo de su vida.

El principal problema del vidrio es su vulnerabilidad a los impactos, especialmente zonas con altas posibilidades de granizo desaconsejan su uso. Otro inconveniente es su peso y que se trata de unidades pequeñas necesitando por tanto estructuras sólidas y estables que soporten su peso y eviten la rotura del material por desplazamientos de la misma. Esto provoca que los elementos estructurales produzcan importantes sombras dentro del invernadero. Requiere un mantenimiento regular de limpieza y sellado.

El cristal tiene la propiedad de ser casi totalmente opaco a las radiaciones de longitud de onda larga, es decir, a las que emiten las plantas y el suelo por la noche; esta cualidad del vidrio es muy interesante, ya que las pérdidas de calor durante la noche son mucho menores que las que ocurren con los demás materiales plásticos utilizados como cubierta.

El utilizado para invernadero tiene un espesor de 2 a 4 mm con una densidad de 2.400 Kg/m<sup>3</sup>.

### 3.2. Plásticos rígidos

#### 3.2.1. Polimetacrilato de metilo (PMM)

Es un material acrílico, que procede del acetileno mediante formación de acrilato de metilo y polimerización de éste último. Se conoce comercialmente como vidrio acrílico o plexiglass. Es un material ligero con una densidad de 1.180 kg/m<sup>3</sup>. presenta buena resistencia mecánica y estabilidad.

Existen dos tipos de polimetacrilato de metilo: incoloro y blanco translúcido; al mismo tiempo se fabrica en forma de placa celular.

La transparencia de este plástico está comprendida entre el 85 y el 92%, por lo que deja pasar casi todos los rayos UV y su poder de difusión es casi nulo. Tiene una gran opacidad a las radiaciones nocturnas del suelo.

La resistencia a la rotura es siete veces superior a la del cristal a igualdad de espesores, por lo que resulta más resistente a los golpes. En horticultura esto significa reducción de gastos por rotura y menores costes de mantenimiento del invernadero.

A pesar de su ligereza el vidrio acrílico puede soportar una sobrecarga de 70 kg por metro cuadrado, lo cuál es importante para aquellas zonas con riesgo de nevadas;

el coeficiente de conductividad térmica de polimetacrilato de metilo es de 0,16 kilocalorías/metro-hora °C a 0,64 del vidrio lo que impide el enfriamiento nocturno del invernadero.

Entre las ventajas que ofrece el vidrio acrílico están:

- resistencia a los agentes atmosféricos
- deja pasar los rayos UV
- gran resistencia al impacto, por lo que a penas existen roturas
- facilita el deslizamiento de la nieve
- gran transparencia a las radiaciones solares
- uso de estructuras más ligeras que las que precisa el vidrio.

En cuánto a sus inconvenientes el principal de ellos es su elevado coste, que junto al tipo de estructura requerida hacen que los invernaderos construidos con este material sean de costes elevados. El metacrilato es fácil de rallar con cualquier instrumento, con lo que habrá que considerar este aspecto como factor negativo.

Su duración es mayor que la del poliéster.

Se fabrican en placas de hasta 2 metros de ancho y más de 3 metros de largo. Las placas extrusionadas tienen 4 mm de espesor y la longitud que se precise.

### 3.2.2. Policarbonato (PC)

El policarbonato es un polímero termoplástico con buena resistencia al impacto y más ligero que el PMM.

La presentación de este material es en planchas alveolares, que consta de 2 ó 3 paredes paralelas unidades transversalmente por paredes del mismo material. El grosor de las placas, que se puede encontrar en el mercado es de 4 a 16 mm.

Esta placa está protegida, por la parte que se expone al exterior, por una película que protege de los rayos UV al resto del material para evitar su degradación. También se fabrica sin esta protección a las radiaciones UV, pero no es conveniente utilizarla en la cubierta de invernadero.

La transformación a la luz de la gama de radiaciones visibles e infrarrojos cortos es del 76-83%, según el grosor de la placa y paredes (2 ó 3), en las placas que no llevan protector a las radiaciones UV.

En los productos que lleven la protección en la parte exterior, para no dejar pasar a las radiaciones UV, éstas no pasan al exterior; esta propiedad, que presenta una ventaja para los cultivos que se hacen en invernaderos, resulta inconveniente cuando el invernadero está dedicado a producción de plantas hortícolas, que luego van a plantarse al aire libre, por efecto de choque que se produce, al recibir la luz directa del sol con todas las radiaciones UV.

El policarbonato celular tiene una opacidad total a las radiaciones de longitud de onda larga.

Las múltiples paredes de que consta la placa, forman una cámara de aire dentro de los canales internos que hacen aumentar el poder aislante en un porcentaje muy elevado, respecto al mismo material en placa sencilla.

Es un material muy ligero, comparado con el grosor de la placa; aproximadamente es 10 a 12 veces menos que el vidrio, a igualdad de espesor.

El policarbonato tiene una gran resistencia al impacto (granizo, piedras, etc...). Estas placas pueden adaptarse en frío a estructuras con perfiles curvos de radio suave.

En los fabricados actuales en la pared, que queda en el interior, puede llevar un tratamiento anticondensación y antigoteo, que permiten el deslizamiento de las gotas de agua, sin que llueva sobre el cultivo.

La duración de las placas de policarbonato celular está garantizada por los fabricantes en 10 años. Se ralla con los objetos punzantes.

### 3.2.3. Poliester con fibra de vidrio

Está fabricado con poliésteres insaturados y reforzados con fibras minerales u orgánicas. Éstas proporcionan resistencia mecánica y mejoran la difusión de la luz. Este plástico se presenta en forma de placa. Este poliéster se fabrica con una mezcla de un 65% de resinas termoendurecibles de poliésteres no saturados y con un 35% de fibra de vidrio o de nylon, aproximadamente; esta fibra sirve para reforzar la placa.

Este material está formado por poliésteres y una manta de fibra de vidrio; además, para evitar los efectos de alteración por los agentes atmosféricos de la fibra de vidrio, en el proceso de fabricación, se forman en la placa una capa superficial de

resinas, poliéster o se incorpora una lámina de polifluoruro de vinilo o politerftalato de etilo por una de las caras de la placa.

La propiedad principal del poliéster es la de tener un gran poder de difusión de la luz, creando en el interior del invernadero una iluminación uniforme. Con toda materia orgánica las placas de poliéster se ven afectadas por la radiación UV que produce en ellas cambios de color. El amarillo primitivo adquiere tonos más fuertes según va pasando el tiempo, que se transforman en tonos tostados, para terminar adquiriendo tonalidad marrón. El viento, arena, lluvia, nieve y granizo, e incluso el polvo, trabajando en conjunto y con la ayuda de la radiación UV y la oxidación se combinan para desgastar la superficie de las placas y erosionarlas, dando lugar al florecimiento de las fibras y a su oscurecimiento. Ello da lugar a una pérdida de transparencia y a una reducción del poder de difusión de la luz.

La erosión producida por los agentes atmosféricos puede ser corregida mediante la aplicación de una capa de gel o resina endurecida sobre la superficie de la placa. Las láminas de poliéster reforzado tiene una transparencia a las radiaciones solares comprendidas entre el 80-90%. El poder de reflexión está entre 5 y 8%; su poder absorbente es del 15-20%.

El poliéster reforzado con fibra de vidrio tiene un gran poder absorbente para las radiaciones UV de la luz; la lámina de polifluoruro de vinilo es aún más absorbente en esas radiaciones. Tiene un gran poder de difusión a la luz.

Este material plástico es muy opaco a las radiaciones de larga longitud de onda, o radiaciones nocturnas. Se asemeja al vidrio. El coeficiente de dilatación térmica es muy bajo.

En los invernaderos de poliéster, reforzado con fibra de vidrio, la falta de radiaciones UV puede originar problemas en los invernaderos dedicados a la producción de plantas, que luego va a ser plantada al cultivo en aire libre.

Su flexibilidad permite que pueda ser adaptadas a las estructuras curvas a las cuales se sujetan fácilmente por tornillos que se atraviesan.

Las placas reforzadas con fibra de vidrio tienen una duración variable entre 8 y 15 años, según el sistema de protección que se haya aplicado a la placa. El problema de la duración de estas placas no está en su resistencia física, sino en la pérdida de transparencia a medida de que pase el tiempo.

Si la placa no está protegida exteriormente, en seguida es erosionada por los agentes atmosféricos y a los pocos años de ser utilizada puede quedar excesivamente opaca. Además, sin esa protección las radiaciones UV de los rayos solares degradan la resina de poliéster, dando la tonalidad amarillenta.

Cuando la placa, en su fabricación, se protege con una capa de gel se retrasa la erosión pero no el amarillamiento. El poliéster protegido con una capa de gel tiene una duración mayor que las placas que no llevan esa protección.

El poliéster se puede proteger durante el proceso de su fabricación con una lámina de fluoruro de polivinilo; esta lámina resulta uno de los protectores de poliéster más duradero y resistente a los agentes atmosféricos y a la acción degradadora de las radiaciones UV de la luz solar.

Las placas de poliéster se fabrican en anchuras de 1,20 metros, por la longitud que se precise, y 2-3 mm de espesor.

Estas placas se fabrican en distintos perfiles: trapezoidal, escalera, ondulado, etc. aparte de darle mayor resistencia, permite enlazar unas placas con otras y fijarlas a los soportes y estructuras.

#### 3.2.4. Policloruro de vinilo (PVC)

Se obtiene por polimerización del monómero cloruro de vinilo. Procede del acetileno y del etileno, derivados éstos del petróleo y de la hulla. Este material es rígido y es necesario añadirle plastificantes, con objeto de obtener láminas flexibles.

Se presenta en placas lisas u onduladas con espesores entre 1 a 1,5 mm.

Su principal ventaja es una opacidad a la radiación térmica menor del 40%, y una alta transmitancia a la radiación visible, aproximadamente del 90%.

Los filmes de PVC se presentan en su versión de PVC armados que consisten en una red interior que mejora las cualidades físicas de la lámina, por contra se reduce la transmitancia.

Para mejorar su comportamiento se añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV. Así, el PVC fotoselectivo-fluorescente es aquel en que se han añadido aditivos que mejoran la captación entre los 0,5 y 0,6 mm.

Los materiales de PVC tienen el inconveniente de fijar bastante el polvo en su superficie.

### 3.3. Plásticos flexibles

Son materiales sintéticos, compuestos generalmente por moléculas orgánicas con un elevado peso molecular. Son termoplásticos, es decir, permiten ser sometidos a diferentes ciclos térmicos pudiendo ser fundidos y solidificados tantas veces como sea necesario. Son materiales ligeros, de fácil transporte y manipulación.

#### 3.3.1. Policloruro de vinilo (PVC)

Es un material rígido que mediante plastificantes se consigue transformar en flexible. Las láminas se fabrican por calandrado lo que limita el ancho de la lámina a 2 m, llegando hasta 8 m mediante sucesivas soldaduras. Su densidad es de 1250 – 1500 kg/m<sup>3</sup>, siendo más pesado que el PE.

Su resistencia al rasgado es muy baja, por lo que requiere de estructuras poco agresivas que mantengan bien sujeta la película. También se le añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV.

Transmite la luz visible en porcentajes elevados, pero con baja dispersión. Su elevada electricidad estática hace que el polvo se adhiera fácilmente, restándole transmisividad. Su elevado contenido en cloro le proporciona un buen efecto barrera al IR.

El PVC envejece más lentamente que el PE; la degradación o envejecimiento del PVC se traduce en pérdidas de transparencia, coloración de la lámina y fragilidad a la rotura.

El envejecimiento o degradación del PVC es debido a cambios químicos producidos por el calor y la luz en presencia del oxígeno; también se debe a que el plastificante se disuelve. Hay algunos microorganismos que viven a expensas de los carbonos de los plastificantes.

La duración de estos materiales dependen del tipo de plastificante empleado en su fabricación y la clase de PVC; el flexible tiene menos duración que el armado y, a su vez, éste dura menos que las placas rígidas. Se estima su duración entre 2 ó 3 años para láminas flexibles, siendo superior a 6 años para láminas rígidas.

#### 3.3.2. Polietileno (PE)

Es el plástico flexible más empleado actualmente para forzado de cultivos en invernaderos, túneles y acolchado. Esto se debe principalmente a su bajo precio, a sus buenas propiedades mecánicas, y a la facilidad para incorporar aditivos que mejoran sus prestaciones. El PE junto al polipropileno (PP) y al PVC, son los termoplásticos de más consumo.

Es un derivado de la hulla y del petróleo y se obtiene mediante la polimerización del etileno utilizándose en su fabricación varios procesos y sistemas catalíticos. La mayor parte del PE para invernaderos se fabrica por el proceso de alta presión y catálisis de radicales libres mediante peróxidos.

Atendiendo a su densidad los PE se clasifican en:

- Baja densidad: < 930 kg/m<sup>3</sup>.
- Media densidad: 930 – 940 kg/m<sup>3</sup>.
- Alta densidad: > 940 kg/m<sup>3</sup>.

Para el cerramiento de invernaderos se utiliza sólo el de baja densidad (baja cristalinidad) y alto peso molecular (bajo índice de fluidez). Una de las características del PE es que su alargamiento en el punto de rotura es cercano al 500 %. Un material se considera degradado cuando su alargamiento se ha reducido en un 50 % de su valor inicial. El PE se degrada por la radiación UV y el oxígeno, por lo que la exposición permanente a la intemperie provoca su rotura al perder las propiedades mecánicas.

Para evitar esto es común añadir en el proceso de fabricación del PE diversas sustancias:

- Absorbentes de radiación UV (derivados de benzotriazoles y benzofenona).
- Secuestradores de radicales libres.
- Desactivadores (sales orgánicas de níquel).
- Estabilizantes (Hindered Amines Light Stabilizers).

Así existen dos grandes grupos de aditivos:

- Aditivos de proceso. Destinados a evitar la degradación térmica durante la extrusión (antioxidantes) o para mejorar la procesabilidad del polímero.
- Aditivos de aplicación. Se añaden al polímero con el fin de obtener las cualidades deseadas: deslizantes, antibloqueo, estabilizantes frente a UV, aditivos térmicos, pigmentos.

El PE transparente tiene un poder absorbente de 5 al 30% en los espesores utilizados en agricultura; el poder de reflexión es de 10 al 14%; el poder de difusión es bajo. Según esto, la transparencia del PE está comprendida entre el 70-85%, es decir, dentro del recinto cubierto por el material plástico se percibe un 15-30% menos de luz aproximadamente que en el exterior.

El PE de baja densidad es el material plástico que menos resistencia tiene a la rotura. El de alta densidad tiene más resistencia que el PVC flexible pero menos que el resto de los demás plásticos. Se desgarran con facilidad.

El PE es el material plástico que menos densidad tiene; es decir, es el que menos pesa por unidad de superficie a igualdad de grosor.

El PE no se oscurece como ocurre con el PVC y el poliéster. Debido a su gran transparencia, el PE transparente da lugar durante el día a un elevado calentamiento del aire y suelo del interior del invernadero.

En el mercado existen tres tipos de polietileno:

a) Polietileno Normal.

Presenta muy poca opacidad a las radiaciones nocturnas del suelo; es permeable en un 70% a las radiaciones de longitud de onda larga que emiten el suelo y las plantas. En el PE transparente normal se forma una lámina de agua, que aunque tiene inconvenientes para los cultivos, retiene un poco el calor que emiten las plantas y el suelo durante la noche. Las láminas de PE normal, cuando se utilizan como cubierta de invernadero, sino lleva en su composición antioxidantes e inhibidores de rayos UV, la duración de éstos tipos de plásticos no excede de un año, reduciéndose a 10 meses cuando la luminosidad es muy fuerte y prolongada y las oscilaciones térmicas son considerables.

b) Polietileno Normal De Larga Duración Este tipo de PE tiene unas características idénticas al PE normal, a excepción de su duración, que es bastante mayor, debido a los antioxidantes e inhibidores que lleva en su composición. La duración de este tipo de plástico es de 2 a 3 años, según la luminosidad y el régimen de viento al que se éste expuesta la lámina.

c) Polietileno Térmico De Larga Duración

El PE transparente térmico es un plástico que tiene la propiedad de dificultar mucho el paso de las radiaciones nocturnas (tiene una permeabilidad del 18% a

las radiaciones longitud de onda larga en grosores de 800 galgas). Esto permite a los invernaderos cubiertos con este material que se anule casi en su totalidad la inversión térmica y que las temperaturas mínimas absolutas sean de unos 2 ó 3 °C más elevadas a las registradas en cubiertas de PE normal. El PE transparente térmico, por los aditivos que se emplean en su fabricación, tienen un gran poder de difusión de la luz, que en algunas marcas comerciales puede llegar al 55% de la radiación luminosa que atraviesa la lámina de plástico; también, por la misma razón de los aditivos añadidos, tienen un buen efecto antigoteo. La técnica de la coextrusión permite combinar propiedades que no pueden ser reunidas por un polímero único, las propiedades más comunes son optimización termicidad, estabilidad frente a las radiaciones UV, mejora de las propiedades mecánicas, antimoho, antipolvo.

### 3.3.3. Copolímero Etil-Acetato de vinilo (EVA)

Actualmente se están fabricando los copolímeros de etileno y acetato de vinilo (EVA). Se sintetiza por calentamiento suave de etileno y AV en presencia de peróxidos. La proporción usual en AV para agricultura oscila entre el 6 % y el 18 %. Un mayor contenido en AV aumenta su opacidad al IR pero disminuye su resistencia mecánica. Esta formulación mejora las propiedades físicas del polietileno incluyendo su resistencia a la ruptura en bajas temperaturas y al rasgado.

Su transparencia a la luz visible cuando el material es nuevo es más alta que la del polietileno térmico, la opacidad a las radiaciones térmicas depende del contenido de acetato de vinilo, siendo necesario del 15 al 18% de VA para conseguir un buen nivel térmico para un espesor de 0,15 a 0,20 mm.

Resulta más caro que el polietileno térmico. De entre los films plásticos es el que presenta una más gran resistencia a los UV.

Los problemas más importantes que presentan los copolímeros EVA son su excesiva plasticidad (cuando se estiran no se recuperan), gran adherencia al polvo lo que puede provocar reducciones de hasta un 15 % en transmisividad a la radiación solar. Son difíciles de lavar debido a su alta carga electrostática.

Respecto a la duración de la lámina como cubierta de invernadero es de 2 años para los grosores de 800 galgas y de 1 año para los grosores de 400 galgas.

En las láminas de copolímero EVA con un alto contenido de acetato de vinilo (AV), son los recomendables para cubierta de invernadero en lugares geográficos con

excesiva luminosidad y temperaturas elevadas, por las grandes dilataciones que sufre este material (cuanto más porcentaje de AV mayor dilatación con calor), que luego da lugar a bolsas de agua de lluvia y la rotura por el viento.

**Valoración de las principales propiedades de cuatro de los materiales de cubierta plásticos más utilizados (Fuente: MONTERO; ANTÓN, 1993).**

PROPIEDAD	PE	PVC	EVA	PC
Resistencia a UV	+/-	-/+	+	+
Transparencia a rad. Visibles	-/+	+	+	-
Propiedades térmicas	-/+	+	+/-	+
Antigoteo	-	-	-	+
Propiedades mecánicas	-/+	+/-	+	+
Compatibilidad con aditivos	-	+	+	+
Resistencia al rasgado	+	+	-	+
Resistencia a las bajas temperaturas	-	-	+	+
Resistencia a las altas temperaturas	+	-/+	-	+
Precio	+	-	+	-
Anchuras grandes	+	-	+	-

#### 4. DESARROLLO DE NUEVAS FORMULACIONES

La luz desempeña un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas ya que estas dependen de la energía que les suministra la radiación solar para la fotosíntesis. Independientemente, existen también diversos efectos lumínicos que controlan la estructura y desarrollo de la planta. Al evaluar y modificar la cantidad, calidad, dirección y duración de la luz se pueden optimizar y controlar los complejos procesos del desarrollo.

Los nuevos desarrollos se encaminan hacia materiales que mejoran sus propiedades mecánicas y hacia una selectividad de la radiación UV tanto en cantidad como en calidad.

##### 4.1. Plásticos fotoselectivos

Los plásticos fotoselectivos modifican la cantidad y calidad de la radiación. En la zona del infrarrojo cercano (700 – 1000 nm) se induce un alargamiento en la planta. Estudios sobre la fotomorfogénesis han mostrado la gran influencia que ejerce la calidad espectral de la radiación sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. La relación de los flujos de fotones rojo / rojo lejano (610 – 700 / 700 – 800 nm) actúa sobre un alargamiento de los tallos. En el rojo (610 – 700 nm) y azul (410 – 510 nm) es donde se concentra la mayor radiación aprovechada en fotosíntesis o radiación PAR.

Así se han formulado plásticos que permiten seleccionar estas longitudes de onda del infrarrojo y por tanto adaptarlas a las necesidades lumínicas de la planta durante su desarrollo fenológico, fomentando así los niveles de producción.

##### 4.2. Filmes antivirus

Se ha constatado que los tomates cultivados bajo invernaderos cubiertos con láminas fotoselectivas absorbentes de radiaciones UV, se encuentran ampliamente protegidos contra las invasiones de la mosca blanca Bemisia tabaci y como consecuencia de ello contra el virus TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus o “virus de la cuchara”) del cual es vector esta mosca, estos cultivos se encuentran igualmente protegidos contra el minador de hojas Lyriomyza trifolii.

El uso desmesurado de pesticidas en la protección de los cultivos ha provocado en las poblaciones de insectos la aparición de resistencias a estas sustancias químicas y por tanto, una reducción de su eficacia. El abuso de pesticidas contribuye también a la contaminación del medio ambiente y a la comercialización de productos contaminados.

Esta evolución negativa hace que se desarrolle la lucha integrada, que tiene por objeto fundamental limitar el empleo de productos químicos e introducir métodos alternativos. Uno de esos métodos consiste en utilizar barreras físicas como las mallas antiinsectos o los filmes de acolchado reflexivos metalizados (repelentes de insectos).

Una alternativa al control de enfermedades transmitidas por los insectos dentro del invernadero es el empleo de cubiertas de plástico fotoselectivas que bloquean ciertas longitudes de onda dentro del espectro UV (280- 390 nm).

##### 4.3. Filmes antibotrytis

La producción de esporas, viabilidad y crecimiento están condicionados por factores como la luz, humedad y temperatura. Si se rompe el ciclo de desarrollo se distorsiona su expansión. La radiación UV-b incide sobre la esporulación de Botrytis cinerea y otros hongos, de igual forma que la luz monocromática azul inhibe este proceso.

##### 4.4. Filmes fotodegradables

Se emplean fundamentalmente en acolchados, donde una vez concluida la vida del plástico se desintegra y basta con arar el terreno para que los restos desaparezcan. La dificultad para determinar el momento en que el plástico debe degradarse en

campo es elevada y depende de la radiación acumulada, estructura del invernadero, tratamientos fitosanitarios.

#### 4.5. Plásticos multicapa

La coextrusión de varias películas pretende combinar distintas propiedades para mejorar las prestaciones del material plástico. En el mercado destacan los plásticos bicapa y tricapa.

Los plásticos tricapa están formados por tres láminas, que les otorga cada una de ellas unas características determinadas:

- Capa externa. Resistencia a la degradación por UV, resistencia al rasgado, rigidez, transparencia y evitar la fijación de polvo.
- Capa intermedia. Efecto termoaislante, elasticidad y difusión de la luz.
- Capa interna. Efecto termoaislante y antigoteo.

El PE y EVA son los materiales más utilizados en la coextrusión. Así la coextrusión de EVA entre dos capas de PE (llegando hasta un 28 % AV) limita la transmisividad al IR a valores inferiores al 10 % mejorando la transparencia a la transmisión solar y dando mayor resistencia al material resultante.

#### 4.6. Plásticos antigoteo

Intentan aumentar la transmisividad y reducir el ataque de enfermedades. Como principales desventajas presentan una rápida pérdida de los aditivos y una importante acumulación de polvo por su carga electrostática.

Están aditivados con elementos que modifican la tensión superficial, haciendo que la gota de agua en contacto con el material de cubierta tenga un ángulo más pequeño, tendiendo a ser plana. Esto hace que las gotas que se condensan en la cara interna del plástico tiendan a unirse unas a otras.

Si la estructura y la pendiente de la cubierta permiten la eliminación de esa capa de agua, se evitará el goteo sobre los cultivos y por tanto el riesgo de enfermedades y quemaduras. En estructuras con poca pendiente y malla de alambre para sujetar el material de cubierta esta evacuación no es posible.

La forma plana de las gotas aumentará la transmisividad al reducir las reflexiones de la luz.

El problema de los aditivos antigoteo radica en su corta vida ya que son fácilmente

degradables por la radiación solar, pero actualmente se trabaja en nuevas formulaciones donde los aditivos antigoteo permanezcan durante toda la vida útil del plástico.

#### 4.7. Filmes biodegradables

Existen estudios para caracterizar y aislar determinadas bacterias que degraden el polietileno. Para ello se investiga la formulación de plásticos formados por pequeñas partículas con gran área superficial y bajo peso molecular que permita la degradación por parte de los microorganismos.

### 5. MANEJO Y MANTENIMIENTO DE LOS PLÁSTICOS.

Existen diversos factores que influyen en la duración de un plástico:

- Radiaciones ultravioleta. A mayor luz, más degradación por los rayos ultravioletas. También influye la orientación de la lámina en la exposición al sol. Si el material está tratado con productos antioxidantes e inhibidores a la acción de los ultravioletas, la duración es mayor.
- Temperatura a la que está sometido el plástico.
- Colocación de la lámina sobre la estructura. Plásticos excesivamente tensados pueden desgarrarse por rozamiento con los bordes de los soportes.
- Tipo y estado de la estructura. Las películas se degradan siempre sobre la estructura. La causa es la elevada temperatura que puede alcanzar un tubo expuesto al sol. Las reacciones químicas se aceleran a temperaturas elevadas. Debido a ello, la duración de una película sobre un soporte metálico se reduce en la práctica en un 40%. Sobre los alambres se acumula también agua de condensación que contiene residuos de pesticidas. El contacto prolongado con estos residuos en los alambres combinados con las altas temperaturas allí existentes, provoca la ruptura de la película.
- Calidad de la lámina, que viene definida por la calidad de la materia prima o granza, propiedad, cantidad, calidad y dispersión de los aditivos empleados y la uniformidad en el espesor de la lámina. La duración es mayor cuanto más grueso es el plástico.
- Régimen de vientos. Plásticos poco tensados pueden ser desplazados por el viento.
- Productos fitosanitarios. El azufre e insecticidas azufrados o halógenos (clorados) causan daños a los laminados de polietileno. Estos daños o erosión del plástico se producen al pulverizar insecticidas con un rociador, por lo que hay que tomar las precauciones necesarias y no pulverizar directamente sobre

el mismo. La mayoría de los pesticidas se fabrican con compuestos fotodegradables que permiten al agricultor iniciar rápidamente la siembra. Ello origina cantidades más altas de radicales sobre la superficie de la película, que pueden interactuar negativamente con los aditivos que componen el plástico.

Por todo esto a continuación se recogen una serie de recomendaciones y consejos útiles que pueden ayudar a alargar la vida de los plásticos:

#### A. Transporte y almacenamiento

- No arrastrar las bobinas ni rozar sus bordes.
- Apoyarlas sobre una superficie lisa y sin salientes.
- No colocar sobre las bobinas objetos pesados, duros o punzantes.
- Guardar las bobinas en un lugar oscuro y seco.

#### B. Colocación del plástico

- No rodar la bobina por el suelo.
- No colocar los plásticos durante las horas de máximo calor para evitar su excesiva dilatación.
- Al instalar los laminados de tres capas, verificar que la parte exterior del laminado quede por encima del invernadero, de acuerdo a los pliegues e instrucciones de instalación dadas por el fabricante.
- No tensar excesivamente los plásticos sobre las estructuras ya que se puede reducir su espesor y duración.
- Revisar el invernadero antes de instalar el plástico. Si los soportes son de madera, proteger la parte que esté en contacto con el plástico con pintura acrílica base acuosa. Cambiar los alambres oxidados, puntas o astillas de palo.
- Sujetar bien el plástico para que no sea desplazado por el viento.

#### C. Durante el cultivo

- Si se realiza desinfección del suelo, se recomienda usar técnicas de solarización antes de la instalación de la nueva cubierta.
- Realizar los tratamientos necesarios y ventilar el invernadero de forma apropiada para evitar que los productos fitosanitarios se fijen en el plástico.
- Para la eliminación de encalados se recomienda el empleo de agua a presión y no emplear ácidos.
- Traslado de los plásticos deteriorados a los centros de recogida apropiados.



ANEXO N°2

## LA VENTILACIÓN NATURAL Y SU MECANIZACIÓN EN INVERNADEROS

TENDERO GIMBERT, Dionisio.

2007

### La ventilación natural y su mecanización en invernaderos

Si la propia razón de ser de los invernaderos en su origen era no depender de factores climáticos externos (lluvia, viento y temperatura) para garantizar la cosecha final, con el paso del tiempo y debido a las exigencias de calidad del mercado, aquellas estructuras de palos y plásticos están siendo obligadas a evolucionar hasta convertirse en otras más modernas y estancas.

Aunque el objetivo final del agricultor es el mismo que el de aquellos pioneros, hoy en día ya no se trata de salvar la cosecha, sino que ahora es necesaria una producción de mayor calidad, cantidad y para unas fechas en concreto si se quiere responder a las nuevas tendencias del mercado de destino y garantizarse rentabilidad.

El agricultor tiene, por fuerza que pasar de mero productor a empresario y como tal, sacar el máximo provecho de su empresa. La única forma de conseguirlo es empezar a ver y comprender la interrelación de la planta y los factores climáticos dentro del invernadero. Y verlo como un todo.

La planta, como cualquier ser vivo, depende de unas condiciones climáticas para su óptimo desarrollo. A mejores condiciones, mejor y mayor producción de ella.

El desarrollo y salud de la planta depende tanto de factores fisiológicos (Transpiración y fotosíntesis) como de físicos (luz, temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, y "circulación del aire").

#### Los problemas de humedad y altas temperaturas.

Citando el diagrama de Mollier, la temperatura y la humedad están directamente relacionadas entre sí. El aire (como si de una esponja se tratara) tiene una máxima capacidad de contención de agua. Si el aire se enfría disminuye su capacidad de retención de agua (vapor de agua) y se produce el rocío.

Con la salida del sol, el aire del interior del invernadero se calienta rápidamente y el rocío se adhiere al fruto y la planta, aún fríos (provocando enfermedades). La única forma de sacar este vapor de agua sobrante, es renovando el aire del invernadero por medio de la ventilación.

*"La circulación del aire" es indispensable para bajar temperatura, sacar humedad, y repartir el CO<sub>2</sub>*

Podemos afirmar que son necesarias entre 60 y 80 renovaciones por hora del aire total del interior del invernadero para poder sacar el vapor de agua sobrante, bajar la temperatura y disminuir la humedad.

**La importancia de la ventilación.**

En primer lugar, la ventilación afecta a la temperatura. En horas de alta insolación se necesita hacer circular el aire del invernadero de forma homogénea, para provocar intercambios suaves entre la temperatura exterior, la interior y la del fruto o planta y así limitar la subida de temperatura..

En segundo lugar, la falta de ventilación afecta negativamente a la composición del aire. La entrada de aire es la fuente de enriquecimiento del CO2. Un invernadero mal ventilado provoca un déficit y un mal reparto del Anhídrido Carbónico.

En tercer lugar la humedad creada en meses fríos se acumula en la cubierta interior del invernadero, provocando condensación y en consecuencia el goteo sobre el cultivo. Además provoca la falta de radiación solar, la aparición de enfermedades criptogámicas y la deficiencia de minerales en los cultivos lo que dificulta la transpiración.

Por lo tanto está claro que las ventanas son indispensables en cualquier estructura considerada moderna. Para darnos cuenta de la vital necesidad de ventilar, podríamos decir como apreciación general que se necesitarían ventanas cenitales en todas las naves de al menos 1 metro de ancho, y además sería necesario un apoyo de ventilación lateral, de al menos 2 metros de altura en todo el perímetro, para conseguir que un invernadero renovara sólo entre 15 y 30 veces por hora su aire interior.....cantidad muy alejada del óptimo de antes mencionado de entre 60 y 80 renovaciones por hora.

**¿Cuántas ventanas son necesarias? y ¿Qué orientación deben tener?.**

En cuanto a la cantidad de ventanas que debe tener un invernadero no podemos dar una cifra exacta, pero diremos que la tasa de ventilación aumenta hasta un 25% al aumentar la superficie de ventilación de un 6% a un 15%. Incluso aumentaría un 25% más si no se utilizaran mallas en las ventanas. En el hipotético caso de que se pudieran quitar las mallas anti-insectos, se aumentaría la capacidad de ventilación de un invernadero hasta en un 65%.

Con respecto a la orientación de las ventanas se puede decir que en las orientadas a barlovento se consigue de un 35% a un 60% más renovaciones que en las orientadas a sotavento, a velocidades de viento de 2 y 7 m/s respectivamente.

Según los últimos estudios, los invernaderos con todas las ventilaciones orientadas hacia el mismo lugar tienen un bajo índice de intercambio de aire (sobre todo orientadas a sotavento) en comparación con ventilaciones a ambos lados. Es beneficioso orientar al menos la primera y la última ventana hacia el exterior, aunque pueda formar pequeños remolinos en la última, para aprovechar los cambios de dirección del viento.

Además se ha demostrado que en pro de mejorar la ventilación en invernaderos se deberían tener en cuenta las siguientes premisas en la estructura del invernadero:

Más altura en la estructura: Los invernaderos más altos consiguen por sí solos reducir algunos grados en el interior de la estructura. Los expertos aseguran que una altura de hasta seis metros es muy beneficiosa.

Colocar ángulos suaves y no muy pronunciados en las cubiertas de los invernaderos mejora la tasa de ventilación en general.

Colocar ventilaciones cenitales y laterales. Sobre todo en invernaderos pequeños se necesita combinar ventilación cenital y lateral abatible.

Con todo esto, lo que sí está claro, es que la ventilación es fundamental y que incluso en días fríos es conveniente ventilar el interior al menos 1 hora a mediodía para que recircule el aire y dejar toda la noche en verano las ventanas abiertas.

**Tipos de ventanas.**

Las ventanas pueden ser cenitales si se disponen en la techumbre o laterales si están colocadas sobre las paredes laterales del invernadero.

Se admite que una ventana cenital de una determinada superficie resulta a efectos de aireación hasta 8 veces más efectiva que otra situada lateralmente de igual superficie.

Las ventanas deben ocupar desde un 22% hasta un 30% de la superficie total de los invernaderos para tener un efecto positivo. Teniendo en cuenta que con anchuras del invernadero superiores a los 20 m., será imprescindible disponer de ventilación cenital que mejore la aireación lateral. La ventilación cenital ventila entre 4 y 5 veces más que la lateral enrollable a velocidades de viento comprendidas entre 2-7 m/s.

Para su mejor aprovechamiento las ventilaciones tienen que ser abatibles en el techo y enrollables o de guillotina en el perímetro, para aprovechar de manera natural la dirección y fuerza del viento y proporcionar una paulatina y homogénea entrada y salida del mismo. Cualquier ventilación cenital o lateral fija, sólo tiene efecto chimenea, insuficiente en todo caso. (Venturi).

Tampoco podemos olvidar que las ventanas forman parte integrada de la estructura del invernadero y que, al ser partes móviles, deben tener una gran calidad tanto en el diseño como en los componentes (marco de ventana, abrazadera ventana-estructura, brazos para barra de mando, barra de mando, cremalleras, cajas piñón y motor-reductores).

**Ventilación cenital.**

Básicamente el montaje de la ventana cenital sigue los siguientes pasos:

Se colocarán en los tubos (en su parte superior) o en los arcos unos soportes o brazos que en su extremo tienen un anillo o cojinete. A través de este anillo irá la barra de mando. Es importante que los tubos estén bien alineados, para que el giro de la barra de mando no ofrezca resistencia. En el caso de que no lo estuvieran se forzarán para tal fin. Si aún forzados no se consiguieran alinear, existen brazos extensibles para solucionar este problema.

Una vez esto, se coloca el marco de la ventana, en el exterior y sobre la raspa o túnel. Se sujeta el marco mediante abrazaderas. Se introduce la barra de mando por los anillos de los brazos y las cajas piñón (donde engranarán las cremalleras) cada 2 ó 2,5 metros.

Se abrazarán las cremalleras al extremo libre del marco y se introducirán en las cajas piñón. Una vez apretados y fijados los piñones a la barra de mando, se instalará el motor-reductor o plato con cadenas.



*Cremallera en parral sin abrazar (De Gier)*



*Cremallera en parral abrazada al marco.*



*Montaje Ventana en Parral*



*Detalle piñón y cremallera (De Gier)*

Al hacer girar la barra de mando se harán girar los piñones fijados a ella por apriete. El movimiento de los dientes del piñón y los dientes de la cremallera debe ser perfecto ya que el conjunto de ambos provocará la subida o bajada de la ventana.

Como hemos explicado, el accionamiento de la ventana, puede ser manual (por medio de platos, cadenas, manivelas u otros sistemas) o por un motor-reductor. Pero si el objetivo último de la ventilación es la renovación de aire por el aprovechamiento de las condiciones climáticas internas y externas, todas las ventanas tienen que ser accionadas por un motor-reductor, que a su vez será accionado por un control de clima.



*Ventilación automática con Motor-reductor G1W30 (De Gier)*

El invernadero multi-túnel además de permitir mayor ventilación que el parral permite diferentes disposiciones de las ventanas.

Según la posición, las ventanas se clasifican en: medio arco (de la cúspide del arco a la canal), supercent (de la cúspide del arco a la mitad de este), centrada (igual que la supercent pero desde un poco más atrás del punto más alto). Sin entrar en valoraciones más profundas, podremos decir que tanto la ventilación supercent como la centrada aprovechan más la entrada de aire que la de medio arco ya que esta última al descansar sobre la canal, abre tapada por el siguiente túnel.



*Invernadero Multitúnel con ventilación central y lateral*

En cualquier caso y sea cual sea el tipo de ventana el objetivo es siempre el mismo: conseguir el mayor número de renovaciones de aire en el invernadero y de la forma más homogénea posible.

#### Ventilación lateral.

El mayor problema de la ventilación lateral es que además de ser una entrada para el aire también lo son para los virus. Aunque ha existido una tendencia a cerrar las ventilaciones laterales e incluso a eliminarlas o sustituirlas por ventilación forzada, esto no ha prosperado. Existe un detrimento claro del sistema de ventilación general si se elimina la ventilación lateral.

Cabe resaltar que la ventilación lateral funciona mejor en invernaderos estrechos y largos que anchos y cuadrados. Sólo en el primer caso se podría considerar útil como única ventana. De todas formas no se evitaría la acumulación de calor y humedad en las rasas y túneles con sólo la ventilación perimetral.

La simple apertura manual por recogida o extensión del plástico, aunque económica, no puede en ningún caso compararse a la motorizada ya que no aprovecha los continuos cambios de dirección y velocidad del viento. Es necesaria la mecanización motorizada de la banda, con sistemas de apertura enrollable o de guillotina por medio de motor-reductores y un control climático.

Existen diversos modelos de ventilación lateral motorizada.

Por medio de un motor fijo y uno o dos brazos telescópicos. Los brazos telescópicos van unidos por un lado al motor-reductor y por otro a una barra de mando (en ambos casos las uniones son por medio de cardan o trócolas). El motor-reductor hace girar el brazo

telescopico y la barra de mando. El plástico de la ventana lateral, fijado de antemano a la barra de mando, se va enrollando en ella por el giro. A medida que la banda se abre o cierra los brazos van extendiéndose o encogiendo según necesidad.



*Banda lateral con motor-reductores y brazos telescópicos (De Gier)*

Lógicamente la apertura máxima de los brazos va condicionada a la altura de la ventana. Si la ventana lateral es de 2,5 metros, el brazo deberá ser al menos de la misma medida. Como el plástico empieza a enrollarse en el extremo del brazo telescópico, si por longitud de la ventana fijamos un motor-reductor en la mitad de la banda lateral y acoplamos dos brazos telescópicos de 2,5 metros cada uno, un paño de 5 metros quedará sin ventilar y por lo tanto varias líneas de planta.

Para solucionar este problema la empresa De Gier ha desarrollado una nueva generación de motor-reductores. Se trata de un motor-reductor de aluminio de poco peso, que se fija a una placa guía de montaje con rodillos. Esta placa guía sube y baja por un tubo perpendicular de 1". El motor-reductor tiene dos ejes de salida que se unen a una barra de mando horizontal, donde se enrolla el plástico. Al hacer girar la barra de mando, el plástico se enrolla en la barra y este enrollamiento es el que hace subir o bajar el motor-reductor por el tubo guía.



*Banda Lateral con GXP enrollable (De Gier)*

*Moto reductor con guía GXP (De Gier)*

Otra forma de actuar de forma eficiente para evitar paños fijos en la ventilación lateral es por medio de ventanas de guillotina, donde una cremallera será accionada por una barra de mando movida por un motor-reductor. Este tipo de ventilación es aplicable a placas de poli carbonato o polietileno.



El control de clima para regular el sistema de ventilación está muy presente en la mentalidad de cualquier agricultor profesional y por lo tanto es la tendencia actual. La instalación de estructuras estancas y bien ventiladas es el arma para enfrentarse a un mercado cada vez más exigente.

#### *Los materiales*

Para transformar un gasto en una inversión, no se debe escatimar en la calidad de los componentes de accionamiento de la ventana. La duración y el buen funcionamiento de los sistemas de tracción y transmisión dependen del fabricante. Como base podemos indicar que las cajas piñón deben ir fundidas por temperatura y presión y sus componentes plastificados deben ser auto-lubricados con inserciones de fibra de cristal. Las cremalleras deben ser perfectas en su fabricación. Los dientes deben estar alineados y a igual distancia entre ellos. Tanto las cremalleras como los piñones deben ser una unidad y fabricados bajo premisas concretas. En cuanto a los motor-reductores no deben tener partes de nylon en sus rodamientos interiores sino de bronce y de acero de calidad. Para mayor información visite [www.degier.nl](http://www.degier.nl).

Dionisio Tendero Gimbert.  
Gerente De Gier (España)  
[www.degier.nl](http://www.degier.nl)







