



## **INVERNADEROS SOLARES PARA EL TRANS-HIMALAYA**

**Geres**

**ICIMOD**

## Vincent Stauffer

### Acerca de las Organizaciones

#### ICIMOD

El Centro Internacional para el Desarrollo Integrado de las Montañas (ICIMOD) es una organización independiente 'Mountain Centro de Aprendizaje y el Conocimiento de las montañas' al servicio de los ocho países de la región Hindu Kush-Himalaya - Afganistán, Bangladesh, Bhután, China, India, Myanmar, Nepal y Pakistán – y la Comunidad mundial de las montañas. Fundado en 1983, El ICIMOD se basa en Katmandú, Nepal, y reúne a una asociación de países miembros de la región, las instituciones asociadas y los donantes con un compromiso de acción de desarrollo para asegurar el futuro de la región Hindu Kush-Himalaya.

El objetivo principal del Centro es promover el desarrollo de vista económico y ambiental, los sanos ecosistemas de montaña para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones de la montaña

ICIMOD puede ser contactado en  
4/80 Jawalakhel, GPO Box 3226, Kathmandu, Nepal  
Tel: +977 1 5525313  
Fax: + 977 1 5524509/5536747  
E-mail: [distri@icimod.org.np](mailto:distri@icimod.org.np)  
Online: <http://icimod.org>

#### GERES

El Grupo de Energías Renovables y Medio Ambiente (GERES) es una ONG francesa creada en 1976.

GERES trabaja en una docena de países de Asia y África en la promoción de fuentes de energía renovables y la eficiencia energética a través de un proceso de desarrollo controlado por la gente local. GERES fomenta el uso de los recursos locales con el fin de respetar el medio ambiente y proporciona esquemas de desarrollo bien equilibrados.

GERES ha estado trabajando durante 20 años para el beneficio del desarrollo local en el Hindu Kush-Himalaya (HKH), con un enfoque en la promoción de tecnologías bien adaptadas y de modo ecológico.

Las principales actividades de campo tienen que ver con el ahorro de energía (edificios con energía solar pasiva, la mejora de hornos y estufas) y la generación de ingresos (invernaderos solares, avicultura solar, ecoturismo, procesamiento de alimentos, procesamiento de lana).

El Proyecto GERES, por primera vez en el HKH, se creó en 1982 en Ladakh (India). En la actualidad, GERES apoya ONG locales en India, Nepal, China, Afganistán y en una variedad de actividades.

Nuestra estrategia se basa en asociaciones privilegiadas con diversos gobiernos y organizaciones no gubernamentales y la participación de la población local. Nuestros proyectos tienen como objetivo permitir a las comunidades locales obtener ingresos adicionales para acceder a los servicios modernos, preservando el frágil medio ambiente de la región del Hindu Kush-Himalaya.

GERES puede ser contactado en  
2, cours Foch, 13400 Aubagne, Francia  
Tel: +33 442 18 55 88  
Fax: +33 442 03 01 56  
E-mail: [geres@free.fr](mailto:geres@free.fr)  
Online: <http://geres.free.fr/>

con  
Tashi Tokhmat  
Dorge Raftan  
Gulam Razul (Leho)  
Christophe Viltard  
Laetitia Rivagorda  
Philippe Rynikiewicz  
Benoit Giraud  
Claude Tournellec  
Rodolphe Castelani  
Thomas Mansouri  
Alain Guinebault (GERES)

Invernaderos Solares para el Trans-Himalaya  
Un Manual de la Construcción

ICIMOD  
Centro Internacional para la Ordenación Integrada  
Montaña Desarrollo

ARID  
La agricultura y diversificación del ingreso rural  
Katmandú, Nepal

GERES  
Energías Renovables y Medio Ambiente del Grupo  
Aubagne, Francia  
04 2004

Copyright © 2004  
Centro Internacional para el Desarrollo Integrado de las Montañas  
GERES (Grupo de Energías Renovables y Medio Ambiente)  
Reservados todos los derechos  
Créditos de las fotos

Todas las fotografías depositadas en Geres, excepto N ° 41 acreditadas a ATA

Publicado por  
Centro Internacional para el Desarrollo Integrado de las Montañas  
G.P.O. Box 3226  
Katmandú, Nepal  
con  
GERES (Grupo de Energías Renovables y Medio Ambiente)  
2, cours Foch, 13400 Aubagne, Francia  
ISBN 92 9115 832 1

Equipo Editorial  
A. Beatrice Murray (Redactor)  
Dharma R. Maharjan (Asistencia técnica y diseño Diseño)  
Impreso por Impresoras calidad PVT. Ltd., Katmandú, Nepal

Las opiniones e interpretaciones en este documento son las del contribuyente (s). No son atribuibles al Centro Internacional para el Desarrollo Integrado de las Montañas (ICIMOD) o GERES y no implican la expresión de opinión alguna sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudad o área de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites, o la promoción de ningún producto.

## Prefacio

La seguridad alimentaria sigue siendo la principal preocupación de las comunidades de montaña en muchas partes de Asia, sobre todo en la zona de mayor altitud y en las más alejadas de la región del Hindu Kush-Himalaya.

El clima en esta región del trans-Himalaya es muy dura: las temperaturas invernales pueden caer por debajo de  $-30^{\circ}\text{C}$ , y la precipitación es baja. Los recursos naturales son limitados, y los agricultores confían en ovejas, cabras, vacas y yaks como su principal fuente de supervivencia, con una subsistencia limitada.

La agricultura, en parcelas muy pequeñas, se centra principalmente en los cereales. En el invierno, con los bloques de nieve, con pasos elevados y carreteras cerradas, la población debe depender casi enteramente de sus propios recursos para la supervivencia.

Las comunidades de montaña han sobrevivido durante siglos en este entorno, pero al aumentar la población, la presión ambiental y política y los cambios y las limitaciones del movimiento aumentan el desafío.

Al mismo tiempo, las expectativas y demandas van en aumento, al ponerse en contacto con el mundo exterior y una educación más extendida, conciencia a la población de las posibilidades y beneficios potenciales en otras partes.

El resultado es un aumento de la emigración, especialmente de los jóvenes y fuertes; reducida capacidad de los que se quedan a utilizar la tierra; pérdida de la comunidad, la cultura, y los conocimientos indígenas de cómo sobrevivir en estas duras condiciones, y una afluencia de personas a zonas urbanas para unirse a las filas crecientes de los pobres y sin raíces.

#### La Energía Renovable y Medio Ambiente

El grupo GERES, apoyados por sus socios en el desarrollo (Comisión Europea, el Ministerio francés de Relaciones Exteriores, y otros) trabaja con las comunidades de montaña para ayudarles a establecer herramientas y procesos que fortalezcan y desarrollen las potencialidades locales, mejorar los medios de vida, y proporcionar a las personas mejores opciones para permanecer en sus lugares de origen. Se han desarrollado herramientas muy innovadoras, mejoradas, y adaptadas para uso local. GERES, trabajando con India, China, Nepal y Afganistán y Organizaciones no gubernamentales, se ha centrado en las tecnologías para el ahorro de energía (edificios solares pasivos y la mejora de estufas para reducir el consumo de madera y otros combustibles), y la generación adicional de ingresos (invernaderos solares, cría solar de aves de corral, procesamiento de los alimentos y la lana).

Uno de los retos principales es ayudar a las Comunidades para utilizar el período de invierno inactivo para aumentar la seguridad alimentaria y generar ingresos adicionales de ingresos. Afortunadamente, un recurso que el área trans-Himalaya tiene en abundancia es luz del sol, especialmente en invierno. La radiación solar se puede utilizar para mejorar la calidad de vida de muchas maneras. Los beneficios potenciales incluyen el calentamiento de casas, escuelas, dispensarios y centros de artesanía y desarrollo fuera de temporada de actividades agrícolas, tales como el compostaje, producción en invernadero, y avicultura. Este manual se centra en la construcción de invernaderos solares pasivos que permiten cultivar hortalizas durante el invierno en zonas de altitud de la alta trans-Himalaya.

El Centro Internacional para el desarrollo Integral de las Montañas (ICIMOD) trabaja para mejorar los medios de vida y la seguridad de las comunidades de montaña de la región del Hindu Kush-Himalaya (HKH). La mejora de la productividad y la sostenibilidad de la agricultura de montaña, reduce el consumo de combustible, y los daños ambientales que son fundamentales para sus actividades. Como parte de su programa, el ICIMOD se ha centrado especialmente en las tecnologías rurales y

en la construcción de cuatro de los

opciones,. Así ICIMOD está encantada de haber tenido esta oportunidad de apoyar a las numerosas ONG y otros organismos técnicos que están trabajando con las comunidades y los agricultores en el HKH región para mejorar los niveles y condiciones de vida,

GERES ICIMOD confían que este manual será de utilidad para las numerosas ONG y otros organismos técnicos que están trabajando con las comunidades y los agricultores en el HKH región para mejorar los niveles y condiciones de vida,

valor, empresas rurales, y las de haber tenido esta oportunidad de apoyar GERES en el desarrollo de este de energía renovable manual, entre otros y, finalmente, que el mayor acceso a hortalizas de invierno y productos exóticos de verano mejorará la calidad de vida , los ingresos y oportunidades de generación de ingresos de muchos de los pequeños agricultores en algunas de las más marginados áreas del Hindu Kush-Himalaya.

Alain Guinebault  
Director  
GERES

Gabriel J. Campbell  
Director General  
ICIMOD

El diseño del invernadero se propone en este manual es el resultado de las mejoras introducidas por Organizaciones no gubernamentales y por los propios agricultores de un diseño propuesto inicialmente por GERES. Los principales contribuyentes a esta evolución del diseño eran agricultores marginales de las áreas trans-Himalaya, que sugerían mejoras prácticas que reducen los costes de inversión y los requisitos de construcción y asegurarse de que el diseño es adecuado para los recursos disponibles en estas áreas de alta montaña.

Leho (Ladakh Salud y la Organización para el Medio Ambiente) fue la primera organización no gubernamental (ONG) para experimentar con el modelo, esta ONG ha hecho un enorme trabajo para mejorar el diseño y capacitar a los carpinteros y albañiles para construir invernaderos en zonas remotas.

Las siguientes ONG han contribuido en gran medida a la adaptación del diseño inicial para adaptarse a contextos locales específicos.

#### **Ladakh (Jammu y Cachemira, India)**

- Leho (Ladakh Salud y la Organización para el Medio Ambiente)
- LDeG (Ladakh Ecológica y el Grupo de Desarrollo)
- LNP (Leh Proyecto de Nutrición)
- CRO (Chief Organización Representante)

#### **Lahaul y Spiti (Himachal Pradesh, India)**

- Himachal Pradesh Gobierno a través del Proyecto de la Cuenca
- Pragya
- Desarrollo Dawa

### Qinghai (China)

- ATA (Tecnología Apropriada para Asia)

### Badakshan, hazaras Jat, Lowgar y Parwan (Afganistán)

- Ministerio de Ganadería y Agricultura
- AKDN (Agha Khan Development Network)
- Afrane Developpement (Amitié Franco-Afghane)
- Solidarités

### Mustang (Nepal)

- ATA (Tecnología Apropriada para Asia)

## Agradecimientos

La experimentación, aplicación y publicación del manual, no habría sido posible sin el apoyo financiero de la Comisión de la Unión Europea, el Ministerio francés de Asuntos Exteriores, Solidarités, Frères de nos Frères y ATA. En particular, nos gustaría agradecer a la Comisión Europea que ha estado apoyando proyectos de campo en Ladakh, Lahaul y Spiti, Mustang, y Qinghai desde 1988. Damos las gracias por su apoyo y el estímulo a publicar el manual ICIMOD para una distribución más amplia, en particular Rana Greta - División Jefe, IMCO para reconocer el valor potencial del manual; Kamal Rijal - Especialista en Energía ex por su apoyo y sus valiosos comentarios; A. Beatrice Murray - por su apoyo editorial; Dharma R. Maharjan para el diseño y el diseño, y el resto de la miembros de la Unidad de Publicaciones.

Finalmente, es importante mencionar que el diseño del invernadero y el manual en sí se desarrollaron en asociación con la colaboración de muchos individuos, en particular, de GERES, Christophe Viltard y Laetitia Rivagorda, que hizo la experimentación

agrícola, Philippe Rynikiewicz, Benoit Giraud, y Claude Tounellec, quien pensó en mucho mejoras prácticas; Rodolphe Castelani, que hizo los dibujos, Thomas Mansouri, que creó el manual, y Guinebault Alain, quien inició el proyecto de Leho Tashi Tokhmat, Dorge Raftan, y Gulam Razul, que llevaron a cabo los primeros ensayos, y sugirieron mejoras importantes; Nienhuys Sjoerd de SNV que hizo algunas sugerencias útiles en una revisión de los diferentes tipos de invernaderos en Mustang; y todos los agricultores y trabajadores de la construcción en los diferentes sitios del proyecto, cuyo entusiasmo, interés, y el trabajo duro han contribuido a mejorar el diseño y a asegurar que el proyecto ha tenido éxito.

### UNIDADES Y GEOMETRÍA

1'	1 pie = 1 pie = 0,3048 m
1"	1 pulgada = 2,54 cm
1 cm	1 centímetro
1 m	1 metro = 100 cm
° C	Grado Celsius
∅	Diámetro

## CONTENIDOS

Introducción	3
¿Qué es un invernadero? .....	4
Invernaderos solares para el Trans-Himalaya	4

## Parte A: Teoría de los pasivos invernaderos solares para zonas frías

<b>El concepto de efecto invernadero solar pasivo</b> .....	9
Recolección y almacenamiento de la radiación.....	9
Almacenamiento, liberación y contención de calor: las propiedades térmicas de los materiales .....	10
<b>Principios de Diseño del Invernadero Solar</b> .....	11
Colección de la Radiación Solar .....	12
<b>Principios para la selección del sitio</b> .....	14
Características de una ubicación adecuada .....	14
Características del sitio que afectan al diseño .....	15
<b>Selección del mejor sitio</b> .....	16
La selección del diseño más apropiado .....	17
<b>Bibliografía</b> .....	18

## Parte B: Normas Técnicas para la construcción de un invernadero (numeración páginas según original en inglés)

<b>La construcción de un invernadero</b> .....	21
Diseños Básicos.....	21
Diseño 1.....	21
Diseño 2.....	25
Diseño 3.....	29
Diseño 4.....	33
<b>El programa de construcción</b> .....	35
Antes de la construcción.....	35
La Construcción.....	37
Principio.....	37
Métodos de Orientación .....	37
Preparación y marcar el terreno .....	39
La construcción de los cimientos .....	40
Preparación del suelo del invernadero .....	40
Contenido	

### Ficha técnica 2:

Construyendo los Muros .....	41
Esbozando la forma / Ajuste de los ángulos de las paredes .....	41
.....	41



La construcción de la pared .....	42
Llenado de la capa aislante .....	43
Acabado de las paredes .....	43
Alternativas .....	44
<b>Ficha técnica 3: Construcción de paredes divisorias ....</b>	<b>45</b>
Principio.....	45
Procedimiento.....	45
<b>Ficha Técnica 4: Realización e instalación de la puerta de acceso</b> .....	<b>47</b>
Principio.....	47.
Carpintería.....	47
Albañilería - Instalación de la puerta .....	48
<b>Ficha técnica 5. Realización e instalación del ventilador de pared.</b> .....	<b>49</b>
Principio.....	49
Carpintería.....	49
Albañilería.....	50
<b>Ficha Técnica 6: Construcción del tejado... ..</b>	<b>51</b>
Albañilería y soportes del tejado .....	51
La construcción del tejado .....	53
<b>Ficha Técnica 7: Realización y Montaje del Ventilador de techo</b> .....	<b>55</b>
Principio.....	55
Carpintería.....	56
Instalación.....	57
<b>Ficha Técnica 8: Instalación de la lámina de polietileno</b>	<b>59</b>
Principio.....	59
La construcción de la Estructura de Apoyo .....	59
Colocación de la lámina de polietileno.....	61
<b>Ficha técnica 9: Instalación de Aislamiento Noche .....</b>	<b>63</b>
Principio .....	63

## Introducción

Las regiones del norte de las montañas Hindu Kush y del Himalaya son en su mayoría un desierto frío que se extiende entre 2500 y 5000 metros sobre el nivel del mar. Esta zona, a menudo se denomina el trans-Himalaya, que se extiende desde Tayikistán al oeste a Bhután en el este, con la meseta tibetana en el centro. El medio ambiente es muy duro: con frecuencia en invierno las temperaturas caen por debajo de  $-30^{\circ}\text{C}$  y la precipitación - lluvia y nieve - es baja (menos de 300 mm al año). Los recursos naturales son muy limitados y la falta de árboles y bosques resulta en una población de muy baja densidad. A pesar de ello, algunos de los pueblos más altos del mundo se pueden encontrar aquí.

Durante la corta estación del verano, las comunidades dedican su energía a abastecerse para el invierno. Las mujeres pasan dos meses al año de media en la recogida de excrementos de vaca en los pastos para cocinar y para calefacción de invierno. Toda la actividad vital está orientada a la supervivencia al largo duro invierno. La agricultura de subsistencia se limita en la mayor parte de la zona a un cultivo por año y se centra en cebada y trigo con algunos guisantes, papas y otras verduras de vez en cuando.

La media de tenencia de la tierra agrícola es pequeña, menos de 0,5 hectáreas por familia. Los habitantes de la meseta de gran altitud dependen casi totalmente de la cría de ganado. La pobre infraestructura de transporte limita la oferta de alimentos frescos en todas las partes de la región. En invierno, las nevadas bloquean los pasos elevados y las carreteras están casi todas cerradas; los alimentos se transportan a las grandes ciudades a un alto costo, en las zonas rurales, simplemente no existen.

Al mismo tiempo es una región muy soleada, sobre todo en invierno. La radiación solar ofrece un gran potencial para mejorar la vida de las personas. Se puede utilizar no sólo para calentar los interiores de las casas, escuelas, dispensarios, y centros de artesanía, también se puede utilizar como base para el desarrollo fuera de la

temporada agrícola de actividades tales como el compostaje, la producción en invernaderos e invernaderos en zanjas y avicultura.

A continuación, nos centramos en el diseño y construcción de invernaderos para la región Trans-Himalaya.

### ¿Qué es un invernadero?

Un invernadero está diseñado para proporcionar un entorno adecuado para el cultivo de frutas, verduras, flores, u otros, en un momento en el que las condiciones externas no son favorables para el propósito específico. En el trans-Himalaya, el énfasis se da en las hortalizas

El cultivo de hortalizas depende de dos factores principales: la radiación solar y el clima. Las Hortalizas necesitan radiación solar para la fotosíntesis, y el ambiente interior (Temperatura y humedad) debe coincidir con los requisitos de los

vegetales.



Figura 1: Vista durante el invierno de un valle alto en Zangskar, Ladakh

### **Los Invernaderos solares para el Trans-Himalaya**

Un invernadero solar pasivo, o un invernadero solar para abreviar, es un invernadero calentado por completo por la luz solar, sin otro combustible para su calefacción. En el trans-Himalaya, la temperatura en el interior de los invernaderos se mantiene lo suficientemente alta como para cultivar hortalizas durante todo el año, incluso en invierno, si el invernadero está construido de manera eficiente. Así los invernaderos pueden ser de gran utilidad, sobre todo en aquellas zonas donde existe una continua preocupación sobre la seguridad alimentaria y el desarrollo económico. El principal beneficio de los

invernaderos solares son

- La producción de hortalizas en invierno;
- La satisfacción de las necesidades básicas de subsistencia en áreas remotas, y
- La generación de ingresos en las zonas periurbanas.

El modelo propuesto en este manual es un eficiente invernadero construido casi en su totalidad con materiales de la zona (aparte del polietileno bisagras). El modelo inicial se ensayó, desarrolló y mejoró por campesinos en Ladakh (India) trabajando junto a la organización no gubernamental (ONG) Leho (Ladakh Organización Salud y Medio Ambiente) para reducir el coste de la inversión, facilitar la construcción,

y aumentar su duración de vida. La versión mejorada fue posteriormente desarrollada y adaptada a las condiciones locales específicas de los agricultores y las ONG en Lahaul y Spiti y Ladakh en la India, en la

provincia de Qinghai Mustang, en Nepal, y Badakshn, hazaras en Jat, Lowgar y Parwan en Afganistán.

Tabla 1: Los cultivos de invernadero en diferentes estaciones del año

Temporada de Frío	(Min.> -10 ° C en invierno)	Muy frío (Min. -10 ° C a -15 ° C)	Extremadamente frío (Min. <-15 ° C)
-------------------	-----------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

<b>Invierno</b>	Los tomates plantados en Otoño Vegetales de raíz	Los tubérculos Los vegetales de raíz si se plantan en otoño	Las hortalizas de hoja
Primavera	Las plántulas Los tubérculos /tomates	Las plántulas Los tubérculos /tomates	Las plántulas Los tubérculos
<b>Verano</b>	Verduras de verano exóticas	vegetales exóticas	vegetales exóticas /tomates
<b>Otoño</b>	Tomates	Tomates	tubérculos

Ejemplos típicos de verduras son las espinacas (hoja), zanahoria (raíz) y tomates (en realidad una fruta).China,

Los diseños presentados en este manual reflejan la experiencia adquirida y las lecciones aprendidas en todas estas áreas. Invernaderos de este tipo son adecuados para su uso en otras áreas del Hindú Kush, Himalaya,

cordilleras del Pamir con un similar clima y situación socioeconómica, tales como los valles altos de Sikkim y Arunachal Pradesh, en la India; Humla, Simikot y Dolpo en Nepal, la meseta del Tíbet en China, Bhután;

otras partes de Afganistán, Tayikistán, Kirguistán y en Asia Central, Chitral y Baltistán en Pakistán.

Las verduras pueden ser cultivadas a mediados de invierno hasta en climas extremadamente fríos donde las temperaturas exteriores caen por debajo de  $-15^{\circ}\text{C}$ . En climas muy fríos como el de Leh a 3500m (mínimo temperaturas en enero de alrededor de  $-15^{\circ}\text{C}$ ) Se puede cultivar en invierno verduras como las espinacas, las zanahorias y las cebollas. El invernadero es aún más eficiente en las zonas menos frías como en Kabul Afganistán a 1800 m. (la temperatura mínima  $-5$  A  $-10^{\circ}\text{C}$ ) donde los tomates (realmente una fruta) se pueden cosechar hasta enero. El promedio de eficiencia cada vez mayor de verduras frescas es de  $0,8\text{ kg} / \text{m}^2$  en climas muy

fríos y  $1,4\text{ kg} / \text{m}^2$  en climas fríos. La Tabla 1 muestra los cultivos típicos que pueden ser cultivadas en estos invernaderos durante el año en distintos climas.

Para ser útil en el desarrollo, un invernadero solar debe adaptarse al contexto local.

En otras palabras, debe ser financiera y físicamente viable para la población local para la construcción y se ejecutará sin apoyo externo. Los siguientes criterios se utilizaron para evaluar si esa necesidad se cumple, y para guiar el desarrollo donde no lo era:

- los materiales están disponibles localmente (barro, madera, paja, piedra), excepto para la cubierta transparente



Figura 2: La construcción de un i



Figura 3: Invernadero Solar construido en en Leh, Ladakh, India Afganistán

- puede ser construido por constructores locales;
- el costo puede ser recuperado en menos de tres años si la producción es bien gestionada y los productos vendidos.

Los Invernaderos solares pueden contribuir al desarrollo humano de distintas maneras, incluyendo la adopción de mayor poder de las mujeres, ya que son las que a menudo las que están a cargo de la producción y la venta; y ayudando a superar las deficiencias nutricionales al permitir la producción más diversificada de alimentos durante todo el año, y proporcionar un medio de generación de ingresos. Sin embargo, un invernadero es sólo eficaz si se ha

construido en el lugar correcto y se utiliza correctamente. La experiencia pasada ha demostrado la importancia de planificar el método de difusión para asegurar que se obtiene el máximo beneficio. Los puntos a considerar incluyen los siguientes:

Selección de Stakeholder - se centran en:

- Las comunidades con familias pobres
- Los agricultores innovadores y dinámicos

q Selección del sitio - considerar

- Disponibilidad de agua (ríos, pozos, canales, nieve)
  - disponibilidad de la luz solar directa y abundante
  - Necesidad de ajustar las dimensiones y materiales de acuerdo con el sitio
  - Reducir al mínimo los desperdicios de tierra en la parte posterior del invernadero
- q Puesta en marcha de instalaciones - un plan de
- formación de Constructores .
  - capacitar a los agricultores en los métodos del cultivo de

invernadero

- Redes de desarrollo para el suministro de semillas, herramientas y polietileno, y de marketing de verduras

Este manual se centra en las directrices para el diseño y la construcción de un invernadero eficiente.

La viabilidad económica, la difusión de la metodología y su uso agrícola será cubierto en otros folletos (en preparación).

El manual se divide en dos partes: una descripción de los principios teóricos que proporciona la base para entender el concepto de la utilización de invernaderos solares pasivos en las zonas frías y saber cómo seleccionar un adecuado lugar y diseño, y una descripción de los elementos prácticos de construcción con instrucciones detalladas en cada paso y los puntos a considerar para asegurar que el invernadero sea eficiente.

# Parte A

## Teoría de los Invernaderos Solares Pasivos para zonas frías

### EL CONCEPTO DEL INVERNADERO SOLAR PASIVO

La cantidad de radiación solar que llega a un punto determinado en la superficie de la tierra durante un día promedio depende de un número de factores incluyendo la longitud del día, la altura del sol en el cielo, la cantidad de nubes, la elevación del sitio, el ángulo del sitio con respecto al sol, y la presencia de l objetos (como colinas, árboles o edificios) que producen sombra.

- Un invernadero solar tiene como objetivo atrapar e intensificar el efecto de calentamiento de la radiación solar y permitiendo así que las plantas que se cultivan puedan crecer cuando no lo harían si se cultivaran bajo las condiciones del ambiente normal (exterior)
- Así los invernaderos solares son especialmente útiles en áreas como la del Trans-Himalaya donde hay una gran cantidad de sol en invierno, pero el aire es demasiado frío para los cultivos.  
Hay cuatro factores principales que trabajan en conjunto para hacer un invernadero solar (o cualquier otro edificio) un

usuario eficiente de la energía disponible

- Hay cuatro factores principales que trabajan en conjunto para hacer un invernadero solar (o cualquier otro edificio) un usuario eficiente de la energía disponible (Figura 4).

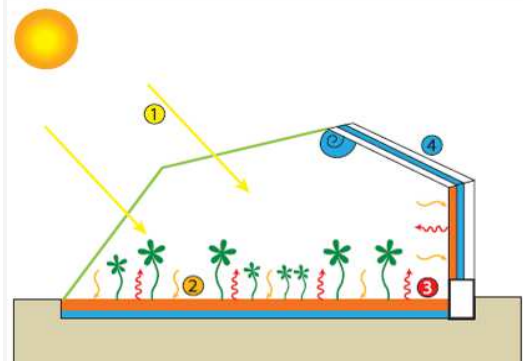


Figura 4: Concepto de invernadero Pasivo solar

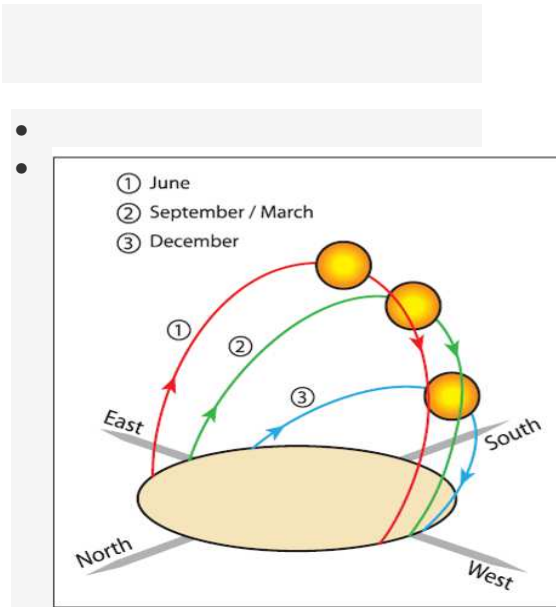


Figura 5: variation estacional de la radiación solar

- Recopilación de la mayor cantidad de energía solar la radiación durante el día (1)
- Almacenamiento eficaz del calor recogido de la radiación solar durante el día (2)

### Captura y almacenamiento de la radiación

Uno de los factores principales que afectan a la cantidad de la radiación solar que entra en un invernadero es la posición del sol en el cielo. El sol se mueve por el cielo de este a oeste, se eleva en la mañana hacia el este, alcanza su posición más alta al mediodía, al sur, y se pone en la noche por el occidente, y se eleva más alto en el cielo en el verano que en invierno

(Figura 5).Variación estacional de la radiación solar en el invernadero  
En el Trans-Himalaya, los invernaderos

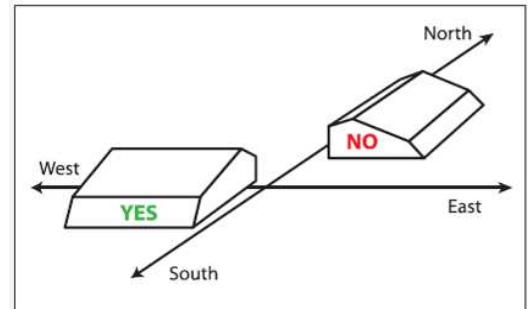


Figura 6: Configuración y orientación de un invernadero

- La liberación de este calor al interior de la durante la noche (3)
- Reducción de las pérdidas de calor mediante el aislamiento del conjunto del invernadero (4)

solares pasivos son los más utilizados durante el invierno cuando el cultivo de hortalizas es imposible al exterior; por lo que están diseñados para absorber la máxima cantidad de radiación solar disponible en este tiempo. Los lados de un invernadero expuesto a la ganancia de calor solar durante el día, mientras que los otros lados, en la sombra, pierden calor. En el verano, cuando el sol está alto en el cielo, más radiación solar entra en el invernadero a través del techo o cualquier otro horizontal, pero en el invierno, cuando el sol está bajo, el máximo la radiación entra desde el lado: sur; el sol calienta la cara oriental



durante la mañana, la cara sur, al mediodía, y la cara Oeste por la tarde y por la noche. La cara norte está siempre en la sombra. Así, un eficiente invernadero solar pasivo debe ser diseñado a lo largo de un eje este-oeste (Figura 6), con la longitud de la cara sur aumentada y en un ángulo para presentar el más grande posible área de superficie al sol, el tamaño de las paredes enfrentadas al este y oeste se reducen para minimizar la pérdida de calor y la sombra en el interior del invernadero, y la pared norte muy aislada.

### **Almacenamiento, liberación y la contención del Calor: Las propiedades térmicas de los materiales**

Se seleccionan diferentes materiales para diferentes partes de la construcción de invernadero según su función principal: la transmisión por radiación, el almacenamiento de calor, y el aislamiento, y la construcción de soporte. Estas diferentes propiedades se resumen a continuación.

### **Materiales opacos**

Estos materiales bloquean la radiación solar pero pueden permitir una transferencia de energía por conducción de calor.

Hay dos tipos principales.

*Los materiales densos* (ladrillo, piedra, cemento) pueden conducir y almacenar el calor. A excepción de los metales, son materiales más pesados en general y pueden almacenar más energía y absorberla más rápidamente. En un invernadero, estos materiales se utilizan para proporcionar la masa térmica y como materiales de soporte de carga para formar la pared de apoyo

a la estructura de polietileno y cubierta. *Los Materiales de baja densidad* (materiales ligeros como paja, aserrín, virutas de madera, hojas secas, y la hierba seca), son malos conductores y almacenan mal el calor y por lo tanto son buenos aislantes: ayudando a retener el calor dentro del invernadero. Estos materiales se introducen en la cavidad entre la pared portante y la pared de la masa térmica.

### **Los materiales transparentes**

Los materiales como el vidrio y polietileno transparente al permitir que la radiación pase a su través se utilizan para transmitir la radiación desde la superficie hasta el interior del espacio del invernadero. La transmitancia es alta cuando el sol está perpendicular a la superficie y hasta un ángulo de 30 °, aproximadamente pero disminuye fuertemente para ángulos superiores a 50°. La transmisión es superior a través de vidrio (máximo 90%) que a través del polietileno (máximo 80%).

Una característica importante de los materiales transparente es el efecto invernadero (Figura 7) que resulta del hecho de que la transparencia depende de la longitud de onda de la radiación. Los materiales pueden ser transparentes a la radiación solar pero no a la radiación térmica, cuya longitud de onda es infra-rojo. La mayoría de la radiación solar incidente se transmite a través del material; esta radiación calienta las superficies interiores, las cuales liberan calor por radiación que se refleja en el invernadero por el material transparente.

En otras palabras, la radiación que entra en el invernadero está atrapada en el interior, y las pérdidas de calor sólo tiene lugar por conducción. El

efecto invernadero es elevado para el vidrio, pero para el polietileno es un 50% menos eficiente. Sin embargo, es mucho más barato el cubrir un invernadero con polietileno. Si se utiliza

el polietileno, puede añadirse un aislamiento adicional en la noche para reducir la pérdida de calor.

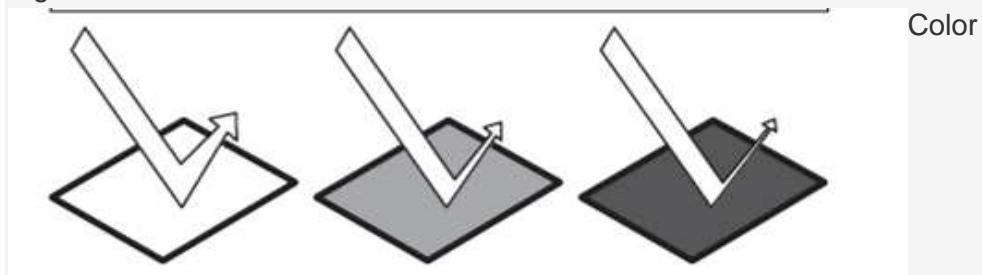
**Cuadro 2. ventajas y desventajas del cristal y del polietileno**

	Vidrio	Polietileno
Ventajas	Mayor transmisión una menor pérdida de calor	Barato fácil de transportar fácil de reparar
• Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• caro</li> <li>• Sustitución si rotura</li> <li>• difícil llevar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos eficiente</li> <li>• corta vida (En zona ventosa)</li> <li>• No biodegradable</li> </ul>

**Color de Pared**

La cantidad de energía solar absorbida por un material está relacionada con su color

Figura 8: Coeficiente absorción relacionada con el color



(Figura 8).Absorción relacionada con el color

Las superficies blancas reflejan la mayor parte de la radiación solar, mientras que las superficies negras absorben la mayor parte de la radiación. La proporción de la radiación del sol absorbida por un color específico se denomina la capacidad de absorción.

Color	Absorción
Blanco	0.25 a 0.4
Gris a gris oscuro	0.4 a 0.5
Verde , rojo, marrón	0.5 a 0.7
Marrón a azul oscuro	0.7 a 0.8
Azul oscuro a negro	0.8 a 0.9

## PRINCIPIOS DE DISEÑO DEL INVERNADERO SOLAR

Un invernadero solar pasivo está diseñado para atrapar la radiación solar suficiente para el proceso de la fotosíntesis y para proporcionar las condiciones climáticas interiores necesarias para el cultivo de hortalizas durante todo el año. Cuando las condiciones exteriores son muy frías, el calor se almacena durante el día en el suelo y las paredes del invernadero y se libera durante la noche para mantener el aire cálido en el invernadero.

Durante el invierno, el invernadero atrapa suficiente energía durante el día para asegurarse de que las verduras no se congelan durante la noche.



Figura 9: Vista interior de un invernadero en Ladakh

- La variación de temperatura entre el día y noche debe ser minimizada para reducir el stress térmico a las plantas. El sobrecalentamiento durante el día se pueden prevenir mediante la ventilación natural para su refrigeración, regulada por persianas de accionamiento manual.

La ventilación también regula la humedad y por lo tanto ayuda a limitar las enfermedades y las

plagas.

### Un invernadero solar pasivo

- capta la radiación solar
- almacena la radiación en forma de calor en la masa de paredes y suelo durante el día
- libera este calor durante la noche para calentar el espacio interior
- está aislado para conservar el calor

- puede ser ventilado para evitar el sobrecalentamiento
- El invernadero solar pasivo para las zonas frías descrito en este manual tiene tres componentes principales, que en su conjunto garantizan que estos requisitos se cumplan:
- Paredes en el este, el oeste, y al norte donde la cantidad de la energía solar incidente es limitada. Estas paredes son enterradas en una ladera o aisladas para limitar la pérdida de calor y aumentar el almacenamiento térmico (Figura 10).



- Figura 10: paredes de efecto invernadero y la estructura (Figura 12).



- Figura 11: Invernadero con cubierta de polietileno

- Una hoja de polietileno en el lado sur, que recoge la mayor cantidad de energía solar.
- El polietileno transmite la mayoría de la radiación solar incidente en el invernadero. Esta calienta el espacio interior y es absorbida por las verduras, el suelo y las paredes. La lámina se puede cubrir con una capa de aislamiento móvil como una cortina, tela o alfombra después de la puesta del sol para reducir la pérdida de calor en el tiempo nocturno. La lámina de polietileno se instala en ángulo y se sostiene por un bastidor de madera (Figura 11).
- Un techo (sólido) en el lado norte para limitar la pérdida de calor. El techo está inclinado para evitar el sombreado en invierno y reducir el volumen interior

### Captura de la Radiación Solar

La radiación solar es absorbida a través de una lámina de polietileno transparente que cubre la cara sur del invernadero. El ángulo del polietileno se calcula de modo que la cantidad máxima de radiación solar se transmita al interior.

El ángulo de la sección inferior del polietileno es de  $50^\circ$  o más (medido desde la horizontal).



Figura 12: Vista de la cubierta desde el interior del invernadero

- El mejor ángulo para transmitir la radiación solar por la mañana temprano o al atardecer, cuando el sol está bajo en el cielo. El ángulo de la parte superior de la sección es de  $25^\circ$  o más (medido desde la horizontal) - el mejor ángulo para transmitir la radiación solar del mediodía y permitir que pequeñas cantidades de nieve puedan deslizarse. El aislamiento desplazable (paracaídas, tela) se utiliza como una cortina debajo del polietileno después de la puesta del sol para reducir la pérdida de calor; se retira después de la salida del sol. El aislamiento desplazable puede aumentar la temperatura del terreno y la interior durante la noche hasta  $5^\circ\text{C}$ . A grandes altitudes, una capa doble de polietileno se puede utilizar para reducir la pérdida de calor; también puede aumentar la temperatura interior hasta  $4^\circ\text{C}$  durante la noche.

### **Almacenamiento térmico y aislamiento**

Varios componentes se utilizan en el diseño para aumentar el almacenamiento térmico y reducir la pérdida de calor.

### **Doble pared**

Las paredes están compuestas de tres capas: un muro exterior de carga construido con ladrillos de barro, tierra apisonada, o piedra, una pared interior que se utiliza para almacenar calor durante el día y lo libera por la noche, también construida con ladrillos de barro, tierra apisonada, o de piedra, y una capa aislante de materiales como la paja, serrín, virutas de madera, hojas secas, pasto seco, o ramas de arbustos silvestres presionada entre las dos.

### **Color**

El lado interior de la pared oeste está pintado de blanco (cal) para reflejar la radiación solar de la mañana después de la frialdad de la noche; el lado interior de la pared este está pintado de negro para absorber y almacenar la radiación solar de la tarde, que se libera durante la noche para calentar el espacio interior, y los pies de la parte inferior de la cara interna de la pared del norte se pintarán de blanco y la parte superior de negro por razones similares.

### **Techo**

El techo fijo está inclinado (al norte) con un ángulo de  $35^\circ$ . En invierno cuando el sol tiene un ángulo de elevación bajo, éste optimiza el ángulo de absorción de la radiación solar en la superficie interior.

Durante el verano, cuando el sol está alto en el cielo, el techo parcialmente sombrea el invernadero y reduce el riesgo de sobrecalentamiento.

El techo está cubierto con una capa de aislamiento (Paja, o similar); se puede añadir debajo un pedazo de tela blanca o material del paracaídas para mejorar



el aislamiento y reflejar la radiación en solar sobre las verduras. La forma del tejado reduce el volumen interior en comparación con los invernadero tradicionales, aumentando así la temperatura interior.

### Suelo

El suelo del invernadero se excava de forma que quede

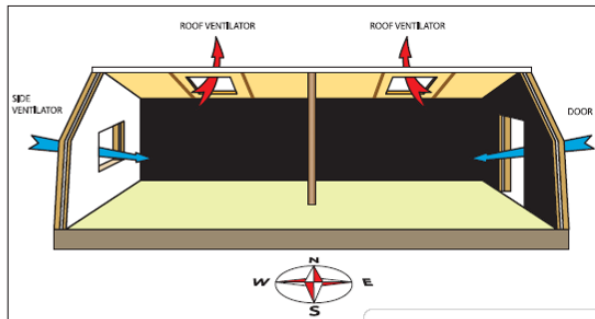
6 "(15 cm) por debajo del nivel de la superficie exterior.

Esto mejora el crecimiento de plantas ya que la excavación actúa como una trampa para el dióxido de carbono, así como proporcionar un aislamiento térmico adicional. En climas extremadamente fríos, se debe instalar una capa de estiércol de 2 "a cuatro pulgadas debajo de la superficie para aislar el suelo y aumentar la eficiencia de la masa térmica.

El estiércol de Caballo o burro son los más adecuados, ya que contienen paja, pero también se puede utilizar estiércol de yak o vaca



Figura 13: El Invernadero en construcción (vista de los muros dobles y la estructura de la cubierta)



### Puerta

La puerta se encuentra en la pared opuesta al lado de donde sopla el viento prevalente (El lado de sotavento) para reducir la infiltración de aire frío.

### Ventilación

En los días de sol, el aire en el invernadero puede llegar a ser muy caliente. El sobrecalentamiento (más de 30 ° C) puede dañar las hortalizas y fomentar enfermedades y plagas. Se instalan Aberturas de accionamiento manual (Ventiladores) en la parte baja parte de ambos lados (puerta, la pared del obturador) y en el techo. El aire caliente se eleva y sale del invernadero a través del ventilador de techo, vertiendo como refrigerador el aire ambiente exterior a través los ventiladores inferiores (Figuras 14 y 15).



Figura 15: Apertura del ventilador de techo

Figura 14: La circulación del aire en un invernadero

**Principios para la selección del sitio**  
Características de una ubicación

adecuada

### **Abastecimiento de agua**

las hortalizas necesitan agua para crecer. Durante el período frío del invierno, el invernadero requiere menos ventilación, la evaporación es menor, y se retiene más humedad en el interior, por lo que sólo se requiere una pequeña cantidad de agua. Pero en primavera y el verano, el invernadero se ventila durante el día para evitar el sobrecalentamiento, la evaporación es mayor, y la humedad se pierde con el aire ventilado, de modo que debe aplicarse una mayor cantidad de agua. Durante el invierno y la primavera, muchas corrientes y fuentes están congeladas, es necesario asegurarse

de que hay una fuente de agua corriente situada lo suficientemente cerca del invernadero, y cuyo transporte no sea tan difícil como para desalentar a los agricultores de la operación del invernadero.

El momento crucial es la primavera, cuando se requiere más agua que en invierno pero las fuentes estáticas aún pueden estar congeladas. La distancia más cercana al agua corriente tiene que ser aceptable durante este período.

La distancia máxima a la que puede esperarse que un agricultor pueda llevar agua sin que se convierta en un desincentivo es de unos 600 pies (200 m) en invierno y 300 pies (100 m) en primavera y verano.

### **La radiación solar**

La radiación solar es necesaria tanto para la fotosíntesis como para calentar el invernadero. Si la salida del sol es demasiado tarde o demasiado pronto la puesta del sol, el invernadero se mantiene frío por más tiempo y la producción de hortalizas se reduce. Los obstáculos cercanos también puede sombrear el invernadero.

La salida del sol debe ser antes de las 9:30 am y la puesta más tarde de las 3:00 pm.

### **La pendiente y tipo de suelo**

La pendiente del suelo influye en la cantidad de radiación solar recogida, la temperatura del suelo, y la pérdida de calor a través de las paredes.

*Un sitio es adecuado si*

- El terreno es plano y seco
- El terreno se encuentra en una ladera orientada al sur: la cantidad de

radiación solar se incrementa por la reflexión del suelo, al mismo tiempo, el invernadero se encuentra en parte bajo tierra, la tierra es más caliente que el aire ambiente, y la pérdida de calor a través de las paredes se reduce

- la tierra detrás de una terraza orientada al sur (el muro de tierra de separación de una terraza a la siguiente forma la parte posterior del sitio): la pared de la terraza se puede utilizar como la pared posterior del invernadero y puede soportar el techo; los beneficios son un menor coste de inversión, suelo, más cálido y una masa térmica grande si el paso se construye utilizando mampostería de piedra

*Un sitio se rechaza si*

- El terreno se encuentra en una ladera con orientación norte ya que la cantidad de radiación solar se reduce
- La tierra está en contra una terraza

orientada al norte: el invernadero tiene que estar orientada hacia el norte y los beneficios serán limitados

- el terreno es pantanoso: el suelo se congela fácilmente en el invierno y las verduras también se pueden congelar
- El sitio no es tierra agrícola (piedras, arena, o similar)

### **Características del sitio que afectan al diseño**

#### **Viento**

Si la puerta del invernadero se expone al viento, la infiltración de aire frío ambiental disminuirá la temperatura interior del invernadero.

La puerta debe estar siempre situada en el lado opuesto del lado de los vientos dominantes.

#### **Climático (Altitud)**

La temperatura disminuye con la altitud, por lo tanto un invernadero similar será más eficiente en altitudes más bajas que en el altiplano. El diseño puede adaptarse a climas más fríos por aumento de la masa térmica, el aislamiento de tierra y la reducción de la anchura, entre otras acciones.

El diseño del invernadero debe tener en cuenta las menores temperaturas normales de invierno en el sitio.

#### **Nieve**

Las fuertes nevadas pueden dañar el

polietileno instalado sobre el invernadero si se deposita un peso considerable de nieve sobre él. En las áreas cubiertas de nieve, el polietileno necesita una pendiente más pronunciada de modo que la nieve resbale.

La lámina de polietileno debe inclinarse de un modo más pronunciado en zonas con altas nevadas.

#### **Selección del mejor sitio**

Un sitio es adecuado para un proyecto de invernadero si todos los criterios que se muestran en la Tabla 3 se cumplen.

Hemos desarrollado una herramienta de selección simple

con los pesos de los diferentes factores y proporciona una forma fácil de comparar las ventajas y desventajas de los diferentes sitios posibles utilizando los criterios antes mencionados. A las diferentes características del sitio se asignan puntos de acuerdo con la lista que se muestra en la Tabla 4, y el número de puntos en el formulario que se muestra en la Tabla 5. Se calcula el número total de puntos; el sitio con el número más alto es el más adecuado basándose en estos criterios.

A continuación sitios similares puede diferenciarse adicionalmente sobre la base de otros criterios de más interés específico como la accesibilidad, la seguridad, la distancia a la fuerza de trabajo, y así sucesivamente



Tabla 3: Idoneidad de un sitio para la proyecto de ejecución de un invernadero			
Características	Factor		Encuesta sitio
Sombra	amanecer (enero)	antes de las 09.30 horas	
	puesta del sol (enero)	después de 15:00	
	Condición sombra del objeto distante (colina / montaña) entre las 9:30 am y las 03:00 pm	ninguno	
	sombra de objeto cercano (árboles / casas) entre las 9:30 am y las 03:00 pm	ninguno	
agua distancia al agua	Diciembre a marzo	<600feet (200 m)	
	Abril-octubre	<300 pies (100 m)	
sitio	plano		
	pendiente	ladera orientada al sur	
	si en Terraza	junto al terraza orientada al sur	
	pantanosos seco /	seco	
Decisión final		SI / NO	

Tabla 4: Criterios de puntuación			
características	Puntos	características	puntos
Distancia a agua corriente en invierno		salida del sol de en enero	
menos de 50 pies	5	antes de las 7:30 am	8
a menos de 100 metros	4	8:00 am	6
a menos de 200 pies	3	8:30 am	4
a menos de 300 metros de	2	9:00 am	1
a menos de 600 metros	0	09:30 am	0
Distancia a agua corriente en Primavera		Atardecer en enero	
menos de 50 pies	6	Después de las 5:00 pm	6
a menos de 100 metros	5	16:30	5
menos de 200 pies4:00 2pm4			
a menos de 300 metros	0	15:30	2
Pendiente			
Sitio adyacente a una terraza orientada al sur (Terraza de pared entre 1,5 y 4 metros de altura)			
Ladera orientada al sur	3		
Piso	2		
Tabla 5. Selección del sitio			
Distancia del agua en invierno	Descripción	Puntuación	
Distancia del agua en primavera			
Pendiente del sitio			
Amanecer			
Atardecer			
TOTAL			

## SELECCIONAR EL DISEÑO MÁS ADECUADO

El diseño de un invernadero para una ubicación específica está influenciado por las características del sitio, el clima, y la cantidad de nieve que se espera. Diez diseños básicos se han desarrollado diferentes: uno para cada uno de los tres tipos principales de sitio en cada uno de tres diferentes climas, y un décimo para terreno llano en las zonas nevadas. Los detalles figuran en la sección B.

Básicamente hay tres formas de invernadero diseñadas para encajar en los tres tipos diferentes de sitio.

- Forma A para un sitio plano y seco
- Forma B para una ladera orientada al sur
- Forma C para un sitio adyacente a una pared de terraza orientada al sur.

Los diseños para los diferentes climas se centran en reducir la pérdida de calor en los sitios más fríos. Se proponen tres diseños, para climas frío, muy frío, y extremadamente frío (invierno). El intervalo de altitud en el que estos diseños son adecuados será diferente en diferentes zonas en función de la latitud y longitud.

Como guía, el clima a una altitud dada será más frío en Afganistán y Asia Central que en Ladakh, y más frío en Ladakh que en Sikkim (por ejemplo, Las temperaturas a 2800 en Afganistán son similares a las de 3500 en Ladakh).

### Diseño 1

Para sitios con un clima frío: la temperatura más baja está por encima de  $-10^{\circ}\text{C}$ . Ejemplos: Nubra (Ladakh, India), Lahaul (Himachal Pradesh, India) y Kabul (Afganistán)

### Diseño 2

Para sitios con un clima muy frío: la

temperatura más baja es de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Ejemplos: Leh (Ladakh, India), Bamiyán (Afganistán), Qinghai (China)

- Capa de aislamiento en el techo se incrementa en 2 "

### Diseño 3

Para sitios con un clima extremadamente frío:

temperaturas por debajo de  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Ejemplos: Chang Tang (Ladakh, India), Wakham (Afganistán)

- Una partición interior se añade para aumentar la masa térmica
- Se utiliza Una doble capa de polietileno
- El suelo está aislado
- Sólo se requiere un ventilador de techo

### Diseño 4

Para áreas nevadas.

- Aumenta la pendiente tanto del techo como de la capa de polietileno a  $40^{\circ}$  para que la nieve pueda deslizarse sobre ambos lados
- Se utiliza una doble capa de polietileno
- Sólo se requiere un ventilador de techo

La Tabla 6 muestra una cuadrícula para seleccionar el diseño apropiado para un sitio en particular.

En todos los diseños la puerta debe ser construida sobre la pared opuesta a los vientos dominantes para limitar infiltración de aire frío. Los detalles de

los diseños y cómo construir los invernaderos se dan en la Parte B.

Tabla 6: Seleccione el diseño apropiado				
Clima				
Sitio	Frío min > -10 ° C	Muy frío min -10 ° C a -15 ° C	Extremadamente frío min < -15 ° C	nivoso
Plano	Diseño 1A	Diseño 2A	Diseño 3A	Diseño 4
Ladera orientada al sur	Diseño 1B	Diseño 2B	Diseño 3B	
Al lado orientado al sur terraza	Diseño 1C	Diseño 2C	Diseño 3C	

Tenga en cuenta que las variaciones individuales son posibles para adaptarse a la ubicación específica y materiales disponibles. Estos incluyen, por ejemplo, la ampliación del invernadero a lo largo del eje este-oeste (como se muestra en la Figura 2), y el uso de diferentes materiales para construcción del techo. Un número de estas posibilidades se mencionan en cuanto antecede y en las fichas técnicas.

## Bibliografía

### Técnicas solares pasivas

Balcomb, D. (1983) Calor Almacenaje y Distribución en el interior de edificios solares pasivos. Los Álamos (EE.UU.): Los Alamos National Laboratory

Bansal, N.K.; Rijal, K. (2000) Aprovechando el brillo del sol: Edificio Solar Pasivo en las Montañas. Kathmandu: ICIMOD

Guinebault, A.; Rozis, J. F. (1997) Calefacción Solar Pasiva en lugares fríos. Aubagne (Francia): GERES

Levy, M. E. (1983) Manual de La construcción solar pasiva I: Con cientos

de Detalles de Construcción, Materiales y Notas  
Las especificaciones y reglas de diseño fundamentales  
Emaús (EE.UU.): Rodale Press

Mazria, E. (1979) La Energía Solar Pasiva  
Libro. Emaús (EE.UU.): Rodale Press

Prakash, S. (1991) Arquitectura Solar y Construcción de Tierra en el Himalaya del noroeste.  
Nueva Delhi: Alternativas de Desarrollo

Shapiro, A. (1985) Manual completo de Propietario de Vivienda para

invernaderos solares Add-On  
y Espacios solares. Emaús (EE.UU.):  
Rodale Press

Stauffer, V.; Hooper, D. (2000) Manual  
para la Formación sobre la energía  
solar pasiva. Aubagne (Francia):  
GERES

### **Construcción de Invernaderos**

Aldrich, R. A.; John, W.B. Jr. (1989)  
Ingeniería de invernaderos, NRAES-33.  
Ithaca:  
Cornell University

Alward, R.; Andy, S. (1981)  
Invernaderos solares pasivos de bajo  
coste. Butte (EE.UU.):  
Centro Nacional de Tecnología  
Apropiada

Anon (1980) Manual y Diseño de un  
Invernadero Solar Adaptado.  
Charlottetown (Canadá):  
Miller-SolSearch

Anon (1984) La construcción y uso de  
la energía solar en un Invernadero.  
Huntsville (EE.UU.): Alabama  
Centro de Energía Solar

Bartok, J. W., Susan, M. (1982)  
Invernaderos solares  
para el Hogar. Ithaca: Cornell  
University,  
Northeast Regional agricultura

### **construcción de Invernaderos**

Aldrich, R. A.; John, W.B. Jr. (1989)  
Invernadero

Ingeniería, NRAES-33. Ithaca:  
Cornell University

Alward, R.; Andy, S. (1981) Low-Cost  
pasiva  
Invernaderos solares. Butte (EE.UU.):  
Nacional  
Centro de Tecnología Apropiada

Anon (1980) Un Invernadero Solar  
Adaptado  
Manual y Diseño. Charlottetown  
(Canadá):  
Miller-SolSearch

Anon (1984) La construcción y uso de  
la energía solar  
Invernadero. Huntsville (EE.UU.):  
Alabama  
Centro de Energía Solar

Bartok, J. W., Susan, M. (1982)  
Invernaderos solares  
para el Hogar. Ithaca: Cornell  
University,  
Servicio de Ingeniería Agrícola  
Regional del Noreste

Fisher, R.; Bill, Y. (1976) El alimento y  
el calor La producción del Invernadero  
Solar: Diseño, Construcción y  
Funcionamiento. Santa Fe:  
**Publicaciones** John Muir

Freeman, M. (1997) La construcción de  
su propio invernadero.  
Mechanicsburg (EE.UU.): libros  
Stackpole

Fuller, R. J. (1992) Los invernaderos  
solares para el jardinero de la casa.  
Melbourne: Victorian  
Departamento de Alimentos y  
Agricultura

Greery, D. (1982) Invernaderos  
solares: Underground.  
Blue Ridge Summit (EE.UU.): libros  
TAB

Kramer, J. (1980) El Invernadero hecho  
en casa.  
Nueva York: Cornerstone

McCullagh, J. C. (ed.) (1978) El Invernadero Solar . Emaús (EE.UU.): Rodale Press

Nienhuys, S. (2003) Informe de la Misión de efecto invernadero Aplicaciones - Jomsom, informe interno preparado para KMNTC y WWF Nepal. Katmandú: Nepal SNV-

Nienhuys, S. (2003) Diseños de construcción para Invernaderos en zonas de gran altitud, internos informar. Katmandú: Nepal SNV-

Parsons, R. A., et al. (1979) Conservación de Energía y Calefacción solar para invernaderos. Ithaca: Cornell University, Northeast Servicios Regionales de Ingeniería Agrícola

### **Gestión de un invernadero**

Kemble, K.; Todd, P. (1985) Gestión de un Invernadero Solar. Helena (EE.UU.): Montana Departamento de Recursos Naturales y Conservación

Murray, I. (1993) Jardinería práctica de Invernaderos. Ramsbury (UK): Crowood Press

Williams, T.; Jeff, SL; Larry, H. (1991) invernaderos. San Ramon (EE.UU.): Ortho Books

Viltard, C. (2003) Manual de Gestión Invernadero Solar en los Trans Himalayas. Aubgne (Francia):

