

## **INVERNADERO DE ALTURA PARA CULTIVO DE FLORES EN LA PUNA JUJEÑA**

Quiroga M, Rojas Villena R, Echazú R.

INENCO - Buenos Aires 177 - 4400 Salta  
Tel 0387 4255424 - Fax 4255489 - quirogam@ciunsa.edu.ar

### **RESUMEN**

Se presentan resultados de una experiencia conjunta entre INENCO y OCLADE llevada a cabo durante un año, en un invernadero tipo andino en Abra Pampa - Jujuy (3484 m.s.n.m.) en la que se realizó el seguimiento térmico de un modelo de invernadero adaptado a la puna llamado "Andino Boliviano" con resultados previos y posteriores a la realización de modificaciones en su diseño. El modelo de invernadero consta de paredes de adobe, una "cámara oscura" al sur y un sector de cultivo con el techo parcialmente cubierto con franjas de barro y paja. Se discuten y analizan ventajas y desventajas del diseño, y las modificaciones al mismo.

### **INTRODUCCIÓN**

La Puna, en el Noroeste Argentino, por sus rigurosas condiciones climáticas, no permite el cultivo de plantas al aire libre una gran parte del año, por ello diversas instituciones propulsaron la construcción de invernaderos, en diversas localidades. La mayor parte de ellos son utilizados para producción de hortalizas para autoconsumo a nivel familiar o escolar, y funcionan con diversos problemas tanto agronómicos como térmicos.

Por un lado ha habido poco apoyo técnico en la incorporación de los invernaderos a la cultura local, y no se ha realizado un estudio térmico sistemático, que resulta indispensable para encontrar pautas constructivas y de manejo claras, tendientes al buen aprovechamiento de los invernaderos.

Una de las ONG que trabaja en la zona intensivamente es la Obra Claretiana Para el Desarrollo O.C.L.A.D.E. que ha realizado una amplia labor de difusión y apoyo para los pobladores usuarios de invernaderos. El INENCO, conjuntamente con OCLADE iniciaron en 1998 el trabajo con un invernadero de la localidad de Abra Pampa – Jujuy, tendiente a evaluar térmicamente su funcionamiento y realizar los ajustes necesarios para el cultivo de flores; presentándose aquí los primeros resultados.

La experiencia conjunta se desarrolló teniendo como beneficiarias directas a un grupo de mujeres del centro vecinal del Barrio Provincias Argentinas, quienes fueron capacitadas para realizar el cultivo de flores y el manejo ambiental del invernadero realizando registro e interpretación básica de las temperaturas del invernadero, aplicándolas para el manejo de ventilación en el mismo. El grupo además llevó a cabo el cultivo de diferentes especies ornamentales, tomó registros diarios de las temperaturas dentro y fuera del invernadero y actualmente se dedica además a la comercialización de las flores y plantines obtenidos.

Cabe destacar que la floricultura es inédita en regiones semejantes, y que al inicio de la experiencia dada la carencia de información y el alto riesgo se desconocía totalmente si sería posible llevarla a cabo con éxito.

La localidad de Abra Pampa se encuentra en la Puna Jujeña, con una altura sobre el nivel del mar de 3.484 m. Latitud: 22° 40' sur. Con temperaturas máximas de 20° C y mínimas de -22° C en invierno, y máximas de 27° C y mínimas de -2° C en verano. La temperatura media anual es de 9,7° C. El 33% de los días de invierno tiene su temperatura mínima por debajo de -15°C y el 70 % por debajo de -10° C mientras que en verano el 37 % de los días tiene mínimas inferiores a los 5° C, con región con una gran amplitud térmica diaria. Las precipitaciones que no superan los 240 mm anuales, concentradas en los meses de verano. Los vientos son predominantes del sur, sudoeste con alta intensidad produciendo erosión eólica.

### **DISEÑO ORIGINAL DEL INVERNADERO**

Se partió de un invernadero, ya construido con características ya típicas en la zona, con adobe, techo de LDT y cámara oscura al sur, diseño conocido como "andino boliviano".

La orientación del invernadero es E-O, el material de todas las paredes envolventes es adobe con 25 cm de espesor.

Como puede verse en la figura, el diseño consta de dos sectores, uno pequeño ubicado al sur y a todo lo largo del invernadero (cámara oscura) y un recinto de mayores dimensiones (sector de cultivo), donde en el techo alternan franjas de plástico transparente, con franjas de barro de características constructivas similares a las del techo de la cámara oscura.

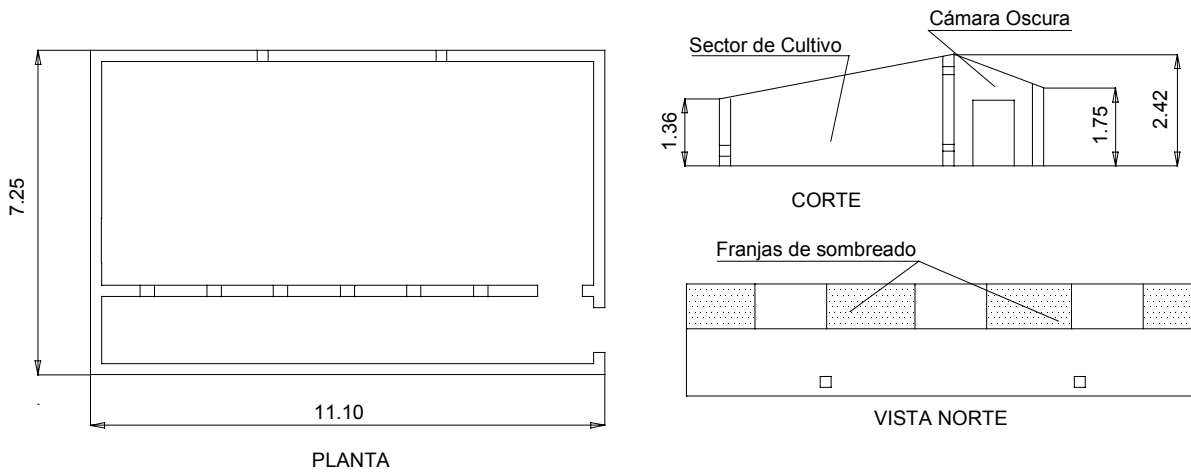


Figura 1 : Planta y Corte originales del invernadero estudiado

El techo del recinto de cultivo, tiene pendiente del 21 % hacia el norte, las 4 franjas de barro tienen 1.60 m de ancho y las 3 franjas de plástico constan de 1.50 m de ancho. Las franjas de barro en el techo, son permanentes y fueron adoptadas por los lugareños para reducir el ingreso de radiación y el recalentamiento del invernadero en verano y presentan la utilidad adicional de sujetar firmemente el plástico reduciendo los problemas de voladuras de techo, las que se producen frecuentemente a causa de los fuertes vientos.

La cámara oscura posterior y el sector de cultivo están separados por una pared de adobe comunicados, por un conjunto de 12 ventanillas (14 x 30 cm), dispuestas la mitad en un nivel cercano al techo (1.60 m) y las restantes en la parte inferior de la pared divisoria (0.30) y tiene por finalidad atenuar las altas temperaturas del sector de cultivo. Sobre esta pared se encuentra también la única puerta de entrada al sector de cultivo. Entre el recinto de invernadero y la cámara oscura posterior se establece una corriente convectiva, de modo que el aire caliente del invernadero asciende pasando a la cámara oscura por las aberturas superiores, donde se enfría descendiendo y reingresando al lugar de cultivo por las aberturas inferiores.

La ventilación del invernadero se realizaba a través de 2 pequeñas ventanas (14 x 30 cm), ubicadas en la parte baja de la pared norte, que se cerraban con adobes. Las aberturas muy pequeñas y escasas son costumbre generalizada en la Puna.

A los efectos de medir en forma periódica las temperaturas mas relevantes y la radiación solar, se instaló un data logger Omega OM – 220 programado para tomar un dato cada 15 minutos, conectado a siete sensores de temperatura y un piranómetro. Las temperaturas se miden con diodos de silicio conectados a una pila de 9 V, y un divisor de tensión para registrar señales de 300 a 400 mV.

Para las medidas de radiación global sobre plano horizontal se utiliza un piranómetro LI-COR PY 15263 con salida en corriente, de constante - 10.73 W / m<sup>2</sup> μ A, que conectado sobre un shunt directamente sobre la bornera del data logger, permite medir tensiones. El instrumento se contrastó con un piranómetro patrón Eppley PSP para la conversión de mV a W/m<sup>2</sup>

El gráfico muestra las temperaturas mas relevantes y la radiación para dos días del mes de abril del presente año, con el diseño original del invernadero.

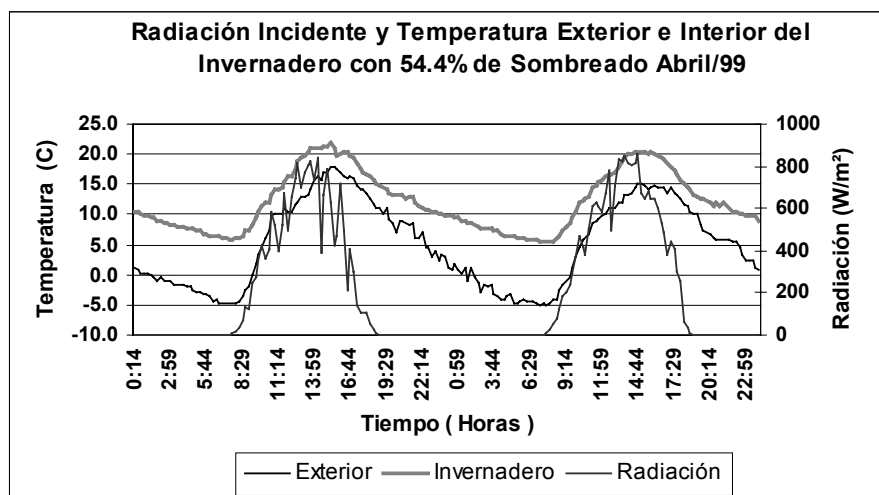


Figura 2 : Temperaturas y Radiación para dos días del mes de abril

Como complemento se midieron temperaturas con termómetros de mercurio de máxima y mínima, ubicados en el invernadero y en casilla meteorológica al aire libre. Estas medidas es llevada a cabo en forma diaria por las mujeres que fueron entrenadas a tal efecto.

## ANÁLISIS Y MODIFICACIONES

El adobe de las paredes, por las propiedades de aislante y acumulador térmico mejora notablemente la eficiencia de estos invernaderos, respecto a los convencionales de paredes de plásticos que no podrían emplearse en la zona. Las temperaturas ambiente mínimas dentro del invernadero alcanzaron una diferencia con las exteriores de entre 7 y 10 C, lo cual es muy superior comparativamente con los saltos térmicos que se obtienen en los invernaderos convencionales, Saravia et al (1997) pero resulta aún insuficiente para sobrellevar con éxito las mínimas usuales de -16 a -18 C de Abra Pampa.

Las franjas de sombreado permanentes del techo en del sector de cultivo, resultan ventajosas desde el punto de vista de la resistencia al viento, disminuyen las pérdidas térmicas por radiación nocturna y mejoran la situación en verano, en que por la alta radiación y escasa ventilación, los invernaderos alcanzan temperaturas excesivas, se producen quemaduras en la vegetación y las hortalizas al ser cosechadas se marchitan rápidamente.

No obstante, en invierno, las franjas de sombreado reducen la ganancia diurna de radiación, y por lo tanto las posibilidades de acumular suficiente calor para responder a las bajas temperaturas nocturnas. Las máximas diurnas ya en el mes de abril no alcanzaban los 25 C con máximas exteriores de entre 18 y 20 C, y con mínimas que no bajaron de los - 5 C. Las temperaturas del suelo para el mismo período no pudieron superar los 15 C lo cual resulta un inconveniente para muchas especies cultivadas.

Además por la excesiva superficie de las franjas de barro, se produjeron sectores de sombreado permanente dentro del invernadero, manifestándose problemas de ahilamiento (crecimiento en forma de hilo) en las plantas acompañados en algunos casos con escaso número de hojas y flores, síntomas característicos de falta de luz.

Los invernaderos resultaron escasamente ventilados y las aberturas fueron insuficientes para reducir las altas temperaturas de verano, presentando tendencia a acumular humedad con el consiguiente incremento en el ataque de hongos como *Botrytis sp.*

Los cerramientos precarios con adobes, resultan poco ágiles para su abertura y cierre, además no cierran herméticamente, lo que es particularmente crítico en invierno, esto se agrava por la tendencia cultural a mantenerlas permanentemente cerradas o abiertas. Quiroga et al (1998)

La circulación de aire permanente con la cámara oscura posterior en verano contribuye a atemperar las condiciones del invernadero pero en el invierno, reduce las temperaturas del sector de cultivo, si bien la cámara puede constituir un elemento aislante hacia el sur siempre más frío. Queda para una etapa posterior analizar los resultados que es posible obtener con invernaderos donde la cámara de cultivo se reemplace con una pared de mayor espesor o con elementos aislantes, lo que permitiría mayor simplicidad constructiva y ahorro de espacio.

De este análisis surgieron algunas de las modificaciones que se incorporaron al invernadero :

- 1- La superficie de franjas de sombreado del techo se redujo a un 30 %, conservándose 2 de las 4 franjas originales
- 2.- Se agregaron 5 ventanas ubicadas en la parte inferior de la pared norte, provistas de cerramientos giratorios que permiten una apertura y cierre rápido en caso de producirse vientos repentinos.
- 3.- Se interrumpió parcialmente el intercambio de aire entre el invernadero y la cámara oscura, con plástico colocado a modo de cortinas, que funciona como una válvula, de modo que en los días con muy alta radiación en que la temperatura del recinto de cultivo se eleva demasiado, la fuerza de la corriente convectiva levanta la válvula y el aire pasa a la cámara de enfriamiento.
- 4.- Las zonas transparentes del techo se complementaron con una segunda capa de plástico (doble techo) cristal de 50 micrones, dejando una capa de aire de 10 cm entre ambas capas. Este doble plástico será reemplazado por una malla de sombreado para su funcionamiento en verano.

El gráfico representa las temperaturas más relevantes y la radiación solar para los 2 días más fríos del mes de junio, tomadas luego de realizar las reformas

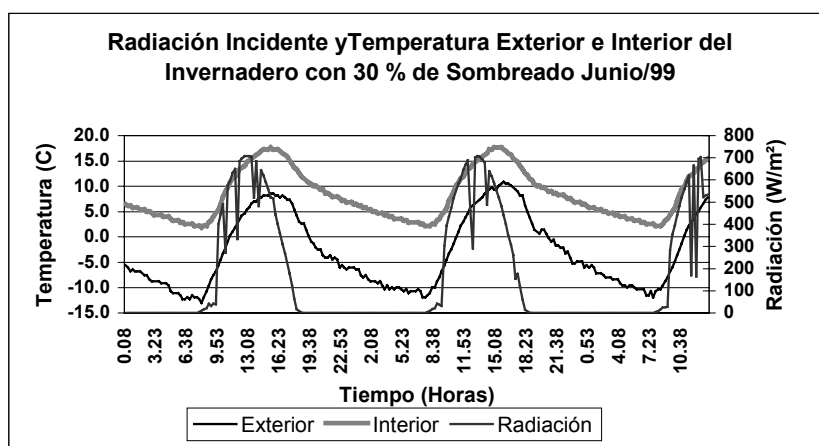


Figura 3 : Temperaturas y Radiación de dos días del mes de junio después de las reformas

Con las modificaciones mencionadas se logró aumentar el salto térmico alcanzando una diferencia de entre 15 y 18 C, se logró aumentar también la distancia entre las máximas diurnas interiores y exteriores con una diferencia de 10 C, si bien no fue posible lograr máximas que alcancen los 25 C, debe considerarse que las mínimas para esos días fueron de - 13 C

Las especies florales cultivadas, pudieron mantenerse con flores durante el invierno, sin sufrir daños y se encuentran actualmente en período de comercialización, algunos de los resultados obtenidos con los cultivos se representan en el siguiente cuadro:

Especie	Fecha y modo de implantación	Transplante	Período siembra - floración
Alegrías	20/12/98 - Almacigo	27/1/99 - a bolsines	90 días
Alelíos	20/12/98 - Bolsines	-----	90 días
Violas	20/12/98 - Almacigo	27/1/99 - a bolsines	110 días
Petunias	20/12/98 - Almacigo	27/1/99 - a bolsines	69 días
Estatice	20/12/98 - Almacigo	27/1/99 - a suelo	120 días
Siempre viva	20/12/98 - Directa	-----	110 días
Rosa	3/1/99 - Plantación	-----	120 días
Arvejilla	20/12/98 - Directa	-----	-----
Gypsophilla	20/12/98 - Almacigo	27/2/99 - suelo	-----

## CONCLUSIONES

Los invernaderos modelo “Andino boliviano” resultan con un comportamiento destacable, considerablemente superior y adecuado para la región de puna y en ellos es posible realizar cultivo de flores aún en invierno.

El comportamiento térmico invernal del invernadero con doble techo y superficie de sombreado permanente del 30 %, es mejor que con el 54.4 % . Se redujeron los problemas de ahilamiento en las plantas, lográndose un mayor porcentaje de floración

Con la mayor ventilación las temperaturas en verano lograron mantenerse con una máxima de 32 C.

Restan evaluar mayores cambios en los invernaderos, como supresión total de las franjar de barro de sombreado, y su reemplazo por cortinas de sombreado móviles, que permitan reducir tanto los excesos de radiación de verano como las pérdidas nocturnas en invierno y eliminación o reemplazo de la cámara posterior aislante.

## REFERENCIAS

Saravia L., Echazú R., Cadena C., Condorí M., Cabanillas C., Iriarte A., Bistoni S., (1997) “Greenhouse Solar Heating in the Argentinian Northwest”. En Renewable Energy, Vol. 11 N<sup>21</sup> p.p 119 – 128,

Quiroga M., Saravia L., Echazú R. (1998) “Invernadero Andino en Nazareno, Provincia de Salta”. En Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente” Vol 2 N<sup>o</sup> 1 p.p. 01 25 - 28