



## INVERNADERO ADOSADO: TECNOLOGÍA SOLAR PARA ACONDICIONAMIENTO TERMICO DE VIVIENDAS Y OBTENCIÓN DE HORTALIZAS Y FORRAJES EN COMUNIDADES DE BAJOS RECURSOS.

Carolina Ganem, Alfredo Esteves  
Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), (INCIHUSA)  
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT) (CONICET)  
C.C. 131. C.P.5500, Mendoza, Argentina  
Tel. (0261) 4288314 Int. 270, Fax. (0261) 4287370  
E-mail: [cganem@lab.cricyt.edu.ar](mailto:cganem@lab.cricyt.edu.ar)

Di Fabbio, N.  
A.A.F.M.E. (Asociación de Apoyo Familiar de Mendoza)  
ONG dedicada a la prevención de la desnutrición infantil.

### RESUMEN

Se presenta el estudio realizado respecto de la incorporación de tecnología solar (invernaderos adosados) con el fin de mejorar la calidad de vida de la población carenciada de la periferia de las ciudades; a través de alimentación equilibrada, mejores condiciones térmicas, y también mejorando su capacidad económica. Se ha pensado en la posibilidad de construir invernaderos adosados a las viviendas para cultivo de especies vegetales, hortalizas, aromáticas para infusiones y eventualmente forraje para animales de granja. Para evaluar el comportamiento de la propuesta, se ha construido un invernadero contiguo al dormitorio de una vivienda en el Barrio "Pappa", Mendoza, Argentina. La temperatura promedio del local estudiado sin la incorporación del invernadero en los días medidos es de 14.6°C, con el aporte del invernadero adosado el promedio se eleva a 18.3°C. También se puede observar que las temperaturas más bajas dentro del invernadero están alrededor de 10°C; en promedio 5°C superiores a las del exterior, protegiendo las plantas en crecimiento. Es un ejemplo de las posibilidades que tiene esta tecnología de ser utilizada para su transferencia y de ser adoptada por la gente. Además, sirve de base para otras comunidades de la región que se encuentran en una situación similar y que necesitan una pronta respuesta en este aspecto, contribuyendo además a la generación de una conciencia social ambiental.

**Palabras Clave:** arquitectura bioclimática, invernadero solar, transferencia, calefaccionamiento pasivo, cultivo de vegetales en invierno, periferia carenciada.

### INTRODUCCIÓN

Las conclusiones del informe del GEO-2000, el informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en su capítulo dedicado a América Latina y El Caribe dice:

"... la región se sigue caracterizando por fuertes y crecientes desigualdades tanto en la distribución de la riqueza como en el acceso a las oportunidades. Aunque hay mejoras importantes en algunos indicadores sanitarios, el creciente desnivel de pobreza está originando un rebrote de enfermedades infecciosas. Los costos de la expansión económica regional para el medio ambiente ya son extremadamente altos y parecen estar aumentando. Los problemas más importantes entre otros son: explotación excesiva de los recursos terrestres; agotamiento de nutrientes y erosión de los suelos; pastoreo excesivo, con la consiguiente desertificación; deforestación continuada; pérdida de la diversificación biológica y degradación del hábitat; contaminación y agotamiento del agua subterránea; contaminación atmosférica...". Indica mas adelante que "el problema más importante es llegar a un consenso político que mantenga la estabilidad y el crecimiento económico, sin embargo, los problemas sociales y ambientales enumerados también deben abordarse resueltamente".

La problemática medio ambiental no se encuentra todavía incorporada a la conciencia humana cotidiana ya que se la considera como "algo que agregar" cuando las necesidades básicas ya estén cubiertas; en vez de una parte integral de una posible respuesta.; quedando relegada entonces en función de "prioridades" económicas y sociales.

Con el fin de mejorar la calidad de vida y a la vez, la capacidad económica y alimentación de las personas que viven en las periferias de las ciudades, se ha pensado en la posibilidad de construir invernaderos adosados a las viviendas para cultivo de especies vegetales, hortalizas, aromáticas para infusiones y eventualmente forraje para animales de granja.

El invernadero absorbe una cantidad de calor solar que a la vez que permite el cultivo de especies en su interior, genera una cantidad de calor que puede ser utilizado para calefaccionar los ambientes interiores de locales de la vivienda adosada al mismo.

Las comidas necesarias para la alimentación deben proveer una dieta balanceada para otorgar una combinación de nutrientes de manera de permitir el buen crecimiento y evitar la desnutrición infantil creciente en nuestros días. La mala alimentación y

desnutrición llevan a tener problemas para crecer, la falta de defensas genera enfermedades frecuentes y falta de concentración para aprender (Esteves, 2001).

El disponer de vegetales, sobretodo en la etapa invernal, equilibra la alimentación y provee de nutrientes fundamentales para la salud humana, sobretodo teniendo en cuenta las dietas ricas en hidratos de carbono que se consumen en épocas de crisis.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al incorporar un invernadero adosado a una vivienda contigua a un Comedor Infantil de la AAFME (Asociación de Apoyo Familiar de Mendoza), ubicado en el Barrio Pappa, Godoy Cruz, Mendoza, Argentina.

De este modo contribuiremos además a la preservación del medio ambiente, promoviendo el uso racional de los recursos naturales, tendiendo hacia la autosuficiencia de las familias.

El trabajo de la construcción del invernadero ha estado a cargo del Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), a través del Ing. Alfredo Esteves, la Arq. Carolina Ganem y la Arq. Nora Hubermann, que funciona en el Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Mendoza, Argentina y pertenece al Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA) del CONICET, siendo la AAFME el ente financiador de la propuesta.

## METODOLOGÍA

Con el fin de evaluar la propuesta se ha construido un invernadero adosado al muro este de una vivienda, cuya superficie es de 15 m<sup>2</sup>. Lo ideal hubiera sido adosarlo al muro norte, sin embargo por problemas de asoleamiento se prefirió darle esa ubicación.

Las mediciones térmicas han sido registradas in situ con HOBO dataloggers y las de radiación solar se han medido en el CRICYT a 4km del lugar. Las temperaturas experimentales se han usado para ajustar y validar un modelo realizado en el programa de simulación de edificios SIMEDIF (Lesino et al., 2000; Casemeiro et al., 1984). Con el objeto de comparar y evaluar propuestas aplicando el modelo en otros escenarios hipotéticos.

En este caso se ha simulado el comportamiento de la vivienda con la incorporación del invernadero y sin la incorporación del mismo, para determinar el aporte de dicha tecnología solar.

## UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

El Barrio "Pappa" está ubicado en la periferia de la ciudad de Godoy Cruz, Gran Mendoza. (32° latitud sur, 68.85° longitud oeste, 823 m . snm). Las características climáticas promedio son: Grados Día p/T° base 18°C : 1730 [°C.día/año]; Radiación global sobre superficie horizontal: 17.9 [MJ/m<sup>2</sup>.día]; Heliofanía relativa anual: 65%.; Viento: porcentaje de calmas anual: 55%; siendo sur la dirección predominante de viento. El mes de agosto fue elegido como mes representativo de invierno.

El edificio alberga un comedor infantil de AAFME y la casa para el sereno y su familia. Como se puede apreciar en la Figura 1; el volumen es un prima compacto con techo a dos aguas, cuyas fachadas norte y la sur son las mayores en superficie.

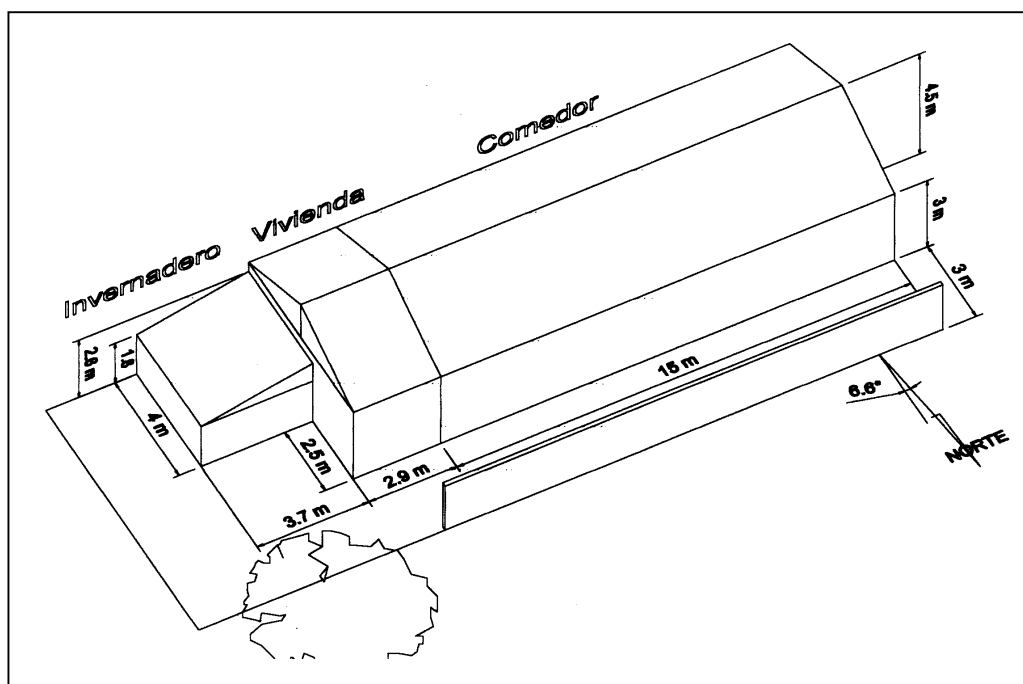


Figura 1: Volumetría del edificio con el invernadero adosado.

El invernadero se ha construido adosado al muro este de la vivienda por problemas de asoleamiento al norte; debido a la presencia de construcciones colindantes y árboles. Esa posición es también conveniente debido a que de otra manera el dormitorio no tiene posibilidad de acondicionamiento térmico ya que posee fachadas al sur y al este y la inclinación del techo al sur. Distinta es la situación de la cocina, donde aparte de la fachada y techo con inclinación al norte, posee calor agregado de la actividad de cocción.

La construcción es de mampostería tradicional, con revoque interior. Las ventanas tienen marcos metálicos con simple contacto y simple vidrio y el techo de zinc está protegido en el interior con una aislación de lana de vidrio de 0.05 m de espesor.

### CONSIDERACIONES SOBRE LA ELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA CUBIERTA

La transmitancia del material transparente utilizado para la cubierta de un invernadero es determinante para el alcance del adecuado rendimiento del mismo.

Las zonas transparentes de un invernadero deben permitir que penetre la radiación solar incidente, por lo tanto deben tener una buena transmitancia del infrarrojo cercano (0.4 a 2.5  $\mu$ ), calentando todos los objetos incluidos dentro del mismo y también deben permitir que penetre la energía fotosintéticamente activa permitiendo que las plantas realicen su proceso vital. (0.4 y 0.8  $\mu$ ). Sería preferible que el material produzca el efecto invernadero.

Las radiaciones con longitudes de onda menores a 0.4 micrones (región ultravioleta) deben ser tenidas en cuenta en la estimación de duración de la cubierta.

La figura 2 compara las propiedades de distintas cubiertas transparentes. (Francisco y Castillo, 1985)

Características de los diversos materiales dispuestos en una capa		A	B	C	D	E	F	G	T1	T2
Rígidos 2,2 mm.	Vidrio	4	5	1	5	4	2	3	24	15
	Policarbonatos	4	5	1	4	5	1	3	23	14
Semirígidos 0.9/0.25 mm.	Fibra de Vidrio	4	5	1	4	5	3	5	27	18
	Acrílico delgado	4	4	1	4	4	3	5	25	17
Película Flexible 0.1 mm.	Polietileno Común	3	1	1	1	2	5	5	18	15
	Cloruro de Polivinilo (PVC)	3	3	1	2	2	4	5	20	16

<b>A.</b> Transmisión de calor	<b>1.</b> Malo
<b>B.</b> Absorción de infrarrojos	<b>2.</b> Escaso
<b>C.</b> Reducción del flujo calórico	<b>3.</b> Bueno
<b>D.</b> Resistencia a las inclemencias atmosféricas	<b>4.</b> Muy Bueno
<b>E.</b> Resistencia a la rotura, fractura y rallado	<b>5.</b> Excelente
<b>F.</b> Bajo costo	
<b>G.</b> Instalación y mantenimiento	
<b>T1.</b> Total de A hasta G. Evalúa los materiales cuando forman una lámina en contacto con el exterior.	
<b>T2.</b> Total T1 menos D y menos E. Evalúa los materiales cuando forman una segunda capa interna.	

Figura 2. Características de los distintos materiales transparentes que pueden ser utilizados en invernaderos

En la actualidad se dispone de formulaciones, conocidas con el nombre de plástico "anti-UV", que han extendido considerablemente su período de degradación, el que llega a los tres años, dependiendo mucho de las condiciones ambientales e instalación. Por otro lado se ha logrado disminuir su transmisión en la zona de infrarrojo con el agregado de ciertas sales, lo que mejora en mucho su efecto invernadero...La formulación de polietileno anti-UV con un costo mucho menor que el vidrio y una duración aceptable ha permitido el uso extensivo del polietileno en el agro, especialmente en invernaderos, desplazando al vidrio y permitiendo encarar el cultivo intensivo bajo cubierta.. (Saravia et al, 1992)

La transmitancia global del Polietileno anti-UV térmico es de 0.88, valor intermedio entre la transmitancia del vidrio común de 0.84 y la del polietileno común de 0.92. Posibilitando una opción viable para este tipo de emprendimiento.

En relación a lo anterior, se eligió el polietileno anti-UV térmico, o LDT de 150 micrones; porque a la mejora de sus propiedades se le adiciona la ventaja de su bajo costo y su fácil instalación y mantenimiento, lo que facilita la transferencia de esta tecnología a las comunidades más necesitadas.

### EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO

El invernadero adosado y el dormitorio de la vivienda, tienen una pared de mampostería en común; a través de la cual se van a producir los intercambios de calor.

Dicho elemento constructivo posee masa, así como también el piso del invernadero; por lo tanto ambos poseen inercia térmica, esta característica posibilita la calefacción del dormitorio con el calor que absorbe el invernadero.

Durante las horas de radiación solar, el invernadero llega a temperaturas elevadas, y le otorga calor al local a través de la pared de mampostería. El muro homogéneo de mampostería de 0.20 m tiene una transmitancia térmica de  $1.68 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$  entre el aire del invernadero y el aire del dormitorio. Y un tiempo de inercia de 5,5 horas de retraso por lo cual colecta calor en su masa para entregarlo más tarde. Asimismo el invernadero protege la pared de la vivienda de las inclemencias del clima funcionando como una cámara intermedia entre el exterior y la vivienda.

Durante la noche, en ausencia de radiación solar, cuando las temperaturas bajan abruptamente en el invernadero; el calor colectado durante el día en la masa de la pared de mampostería y del piso se libera lentamente retardando la pérdida de calor del dormitorio. Asimismo esta lenta entrega de calor disminuye la diferencia de temperaturas del invernadero con el exterior contribuyendo a la reducción de la amplitud térmica en el mismo protegiendo los cultivos de un enfriamiento excesivo. De esta forma el invernadero y el dormitorio se complementan mutuamente.

La figura 3 presenta para los días 13 a 19 de agosto de 2002 las temperaturas medidas experimentalmente en el dormitorio, en el invernadero, la temperatura exterior y la radiación solar incidente.

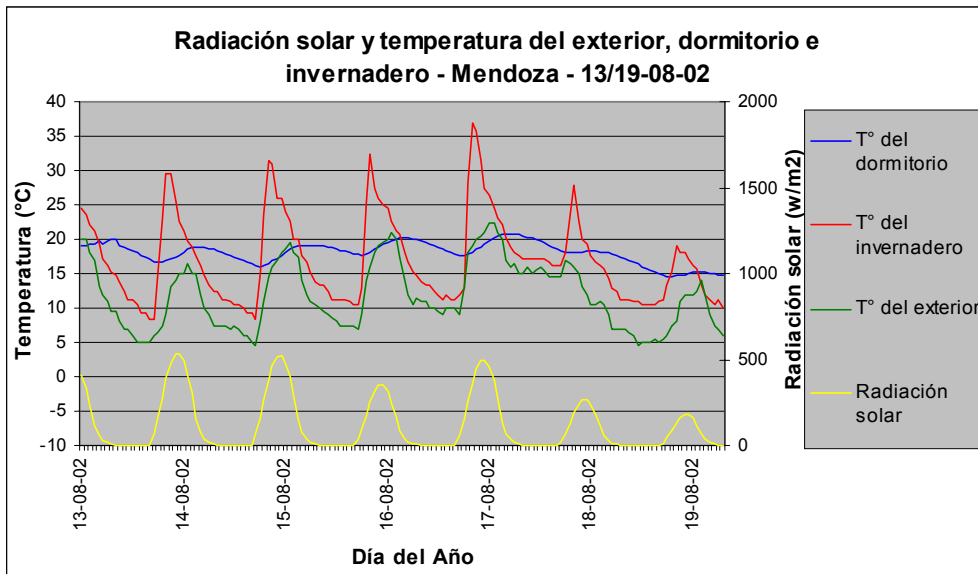


Figura 3. Temperaturas medidas en forma experimental para Mendoza, Argentina

Como se puede observar existe una apreciable diferencia entre las temperaturas del invernadero y del dormitorio adosado a él, de manera de permitir utilizar ese calor para los intercambios descritos.

La Figura 4 muestra para los mismos días; las temperaturas medidas y simuladas del invernadero y del dormitorio.

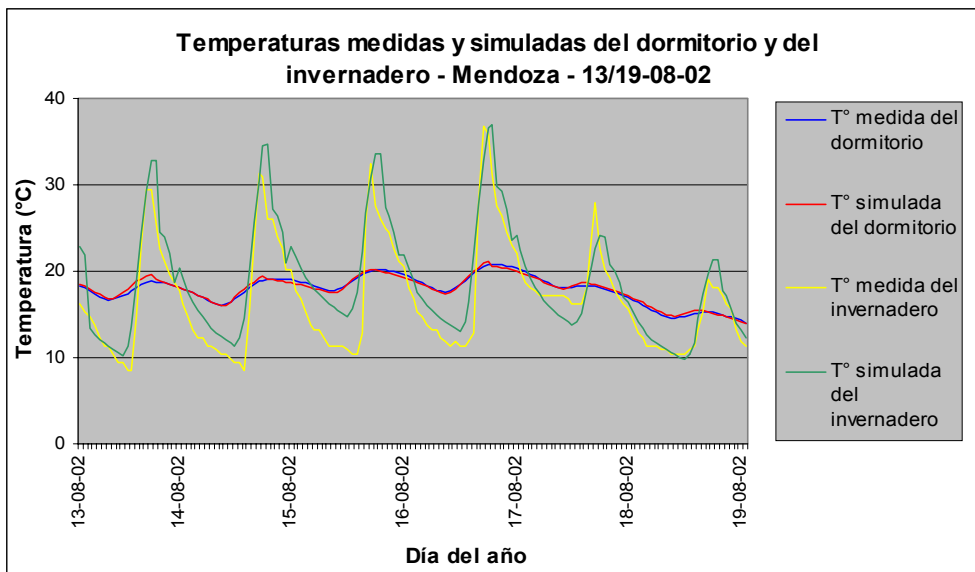


Figura 3. Temperaturas medidas en forma experimental y simuladas con el modelo para Mza, Arg.

Como se puede observar el el grado de ajuste es importante  $R^2 = 0.97$  para las mediciones del dormitorio; y  $R^2 = 0.87$  para las mediciones del invernadero. Este último valor resulta menor dada la alta amplitud térmica existente que provoca mayor posibilidad de error debido a innumerables factores (infiltraciones, ventilaciones por puerta abierta, etc.) que no pueden ser ajustadas por simulación.

Dicho ajuste nos permite, en este caso, estudiar el modelo de simulación en la situación sin invernadero, mostrados en la La figura 4.

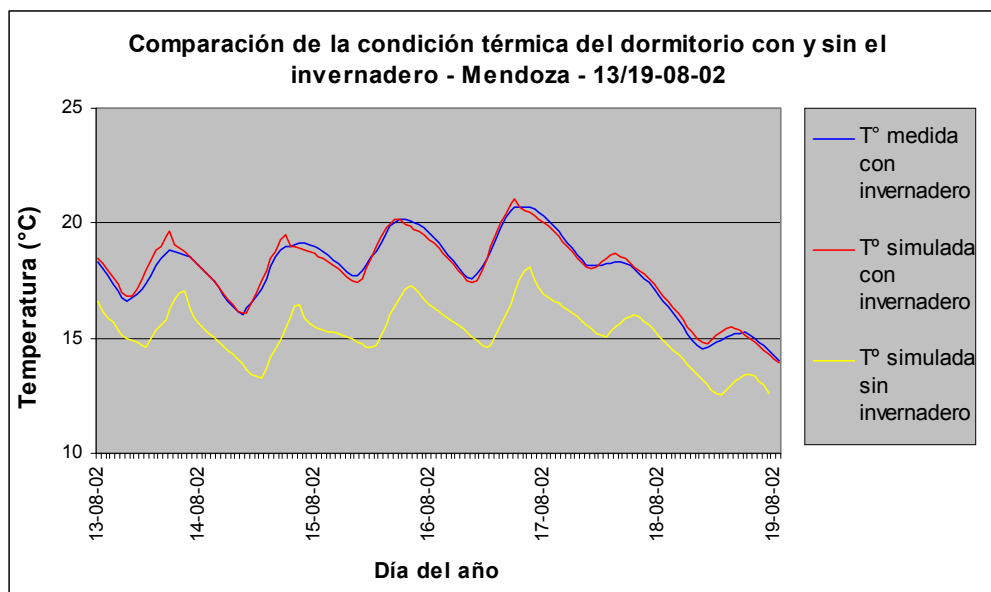


Figura 4. Temperaturas medidas en forma experimental y simuladas con el modelo para el dormitorio con y sin el invernadero adosado, para Mza, Arg.

Como se puede apreciar con el aporte calórico del invernadero, la vivienda se ve beneficiada con una temperatura de entre 4-5°C más elevada cuando presenta el invernadero adosado, los días claros; y de entre 2-3°C grados los días nublados y lluviosos. Considerando que Mendoza posee una heliofanía relativa alta, el beneficio va a encontrarse mayormente en el primer rango.

En promedio la temperatura media del dormitorio sin el invernadero adosado los días medidos (incluyendo claros y nublados) es de 14.6°C (con oscilaciones entre 12°C y 17°C), con el aporte del invernadero adosado el promedio se eleva a 18.3°C (con oscilaciones entre 17°C y 21°C). Teniendo en cuenta que los rangos de temperatura sugeridos en condiciones aceptables de aire calmo, para personas que habitan países desarrollados, son 18-25°C en invierno y 20-27°C en verano. (Givoni, 1991) Para países en vías de desarrollo, el autor sugiere la elevación de 2°C las temperaturas límite. El autor se refiere como “desarrollados”, a los ámbitos con acondicionamiento mecánico permanente, los habitantes de espacios sin este tipo de acondicionamiento térmico toleran mayores diferencias térmicas. Estos datos nos posibilitan un criterio adecuado para poder ponderar la situación de confort adquirida en el dormitorio con el aporte calórico del invernadero.

El invernadero, debe además posibilitar el cultivo de especies vegetales, hortalizas, infusiones y eventualmente forraje para animales de granja, tendiendo hacia la autosuficiencia de las familias.

Las condiciones de crecimiento de vegetales exigen un calor térmico y lumínico adecuado que varía de especie en especie. Para nuestro caso concreto se puede observar que las temperaturas máximas son adecuadas a todos los cultivos de la época estival y las mínimas superan los 10°C para el período medido, superando en alrededor de 7°C la temperatura exterior. Estos registros se realizan sin incorporar ninguna aislación térmica nocturna, de manera que las temperaturas mínimas podrían ser más elevadas y/o mantenerse para días más fríos.

## CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten comprobar el comportamiento satisfactorio del invernadero adosado (como elección apropiada de tecnología solar), en las condiciones dadas, ya que el nivel de temperaturas del dormitorio se vio beneficiado notoriamente, mejorando las condiciones de confort y de vida de los habitantes de la vivienda intervenida y a la vez permiten el cultivo de las especies vegetales propuestas.

El presente trabajo muestra el impacto de incorporar una nueva tecnología ambiental lo suficientemente simple y de bajo costo que facilite su apropiación y su uso ante las desventajas económicas que presentan ciertos sectores sociales en un momento en que el costo de la energía ha crecido varias veces y se presenta como crítico para la mayoría de la población.

Esta propuesta incorpora en la solución al medio ambiente como parte integral de la estructura social, económica e institucional posibilitando la incorporación del mismo al pensamiento cotidiano de la población y contribuye a la generación de una conciencia ambiental social.

#### **ABSTRACT**

It is introduced the study of the inclusion of solar technology (through added solar greenhouses) with the objective of improving the quality of life of the precarious population that lives in the periphery of cities, through an equilibrated nourishment, better thermal conditions, and also improving their economical capability. It's thought about the possibility of building solar greenhouses added to houses for purposes of house heating and growing of vegetables, aromatic herbs for infusions and eventually fodder for farm animals. To evaluate the performance of the proposal, a greenhouse was built contiguous to a bedroom of a house at "Barrio Pappa", Mendoza, Argentina. The average temperature of the studied room, without the inclusion of the greenhouse is 14.6°C, with the contribution of the greenhouse the average raises to 18.3°; with the consequent improvement of the living conditions of the inhabitants. It also can be observed that the lowest temperatures inside the greenhouse are of about 10°C; these are in average 5°C higher than the exterior temperatures, protecting the growing plants from freezing. It's an example of the possibilities that this sustainable technology has for been transfered, used and adopted by people. Moreover, it is useful as a base example for other communities of the region that are in similar situations and where a fast and apropiate answer in this aspect is needed, also contributing to the generation of an environmental social conscience.

#### **REFERENCIAS**

- Esteves, A. (2001). Analisis de los alimentos consumidos en escuelas albergues para determinar el tipo de cocción solar más apropiado para escuelas. Primer Conferencia Iberoamericana y del Caribe en Energías Renovables. Honduras. Ed. INENCO-CYTED.
- Francisco, A. y Castillo, M. (1985). Energía solar. Diseño y dimensionamiento de instalaciones. Publicaciones del Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Córdoba.
- Givoni, B (1991). Comfort, climate análisis and building design guidelines. Energy And Building, 18, 11-23.
- Informe GEO2000. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2000, PNUMA. Ed. Mundi-Prensa.
- Olgay, V. Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Ed. Gustavo Gilli.
- Saravia, L. ; Echazú, R. y Zunino, L. (1992). Materiales en secadores solares. Ingeniería del secado solar. Subprograma VI: nuevas fuentes y conservación de la energía. Ed. CYTED-D Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo V Centenario.