

## **LA DIFUSIÓN DE INVERNADEROS DE ALTURA CON DISEÑO MEJORADO EN NAZARENO, SALTA**

Ernesto Abdo y Alejandro Szanto  
Plan Social Agropecuario  
Alsina 646 Salta, República Argentina  
email: gauchoabdo@yahoo.com.ar, aleszanto@ciudad.com.ar

Mirta Quiroga y Ricardo Echazú  
INENCO - Universidad Nacional de Salta  
Av. Bolivia 5750 A4408FVY  
Salta, República Argentina  
email: quirogam@inenco.net

**RESUMEN:** El trabajo presenta una experiencia de transferencia de tecnología de invernaderos con un diseño apropiado para la región de la Puna. En base a experiencias anteriores y con participación de los pobladores de Nazareno, en la provincia de Salta a 3500 m.s.n.m. se construyeron desde principios de 2000 a la fecha, alrededor de 90 invernaderos de los cuales la mayor parte está en funcionamiento al presente. Se discute el diseño, el proceso de apropiación de la tecnología y aspectos agronómicos y sociales. El diseño resultó muy adecuado y fue ampliamente aceptado, al punto de que actualmente cada nuevo invernadero que se construye en la zona responde a este modelo constructivo.

Palabras clave: Invernadero, Energía Solar, Puna, Andes

### **INTRODUCCIÓN**

El pueblo de Nazareno se encuentra en la provincia de Salta, cerca del límite con Bolivia a una altura de 3500 metros sobre el nivel del mar. Latitud 22° 32' S Longitud 65° 08' W.

El área de estudio se ubica en la franja intermedia de un macizo montañoso, que constituye los valles intermontanos allí emplazados. Este cordón andino es denominado Cordillera Oriental y penetra en el territorio nacional desde el norte, llegando hasta la zona sudoeste del norte argentino. Es decir que abarca una franja de sentido meridional que se inicia en Bolivia e ingresa a Argentina con el nombre de Sierras de Santa Victoria y cumbres de Zenta. Finalmente, continúa como Sierras de Aconquija, ya en la provincia de Tucumán, donde desaparece hacia el sur.

Este cordón montañoso constituye una verdadera barrera orográfica ante las masas de aire húmedo provenientes del este. En efecto, estas masas, deben ascender y en ello, soportan enfriamientos y procesos adiabáticos que originan la condensación y posterior precipitación de su parte acuosa, principalmente sobre las laderas orientales de esta cordillera. A causa de ello, se definen de Este a Oeste, tres ambientes naturales muy disímiles, como son a) la selva y bosque montano, b) los pastizales de altura y valles semiáridos en la zona central y c) la puna y estepa altoandina (Cabrera, 1977).

La zona de Nazareno se encuentra en la zona intermedia anteriormente mencionada, vale decir entre profundas quebradas y elevadas serranías; constituyendo los valles intermontanos de la cordillera Oriental. En ellos, se ubican numerosos ambientes y algunos parajes poblados tales como Santa Victoria Oeste, Nazareno e Iruya, donde la humedad decrece en ese sentido, es decir, de norte a sur. Los diversos caseríos de la zona se encuentran asentados en quebradas, valles y serranías, ubicados generalmente sobre antiguas terrazas aluviales, con suelos aptos para la agricultura, a veces con acceso a riego. Las tierras no irrigadas son destinadas para cultivos a secano, principalmente tubérculos. Los sectores más elevados y carentes de riego suelen ser utilizados principalmente para el pastoreo del ganado ovino, caprino y, en menor proporción, bovino.

Las lluvias orográficas tienen una incidencia relativamente importante sobre la zona de influencia de la cuenca alta del río Nazareno, pues ésta posee una dirección oeste-este facilitando el ingreso ascendente de las masas húmedas, dando como resultado una quebrada semiárida no muy seca. Cabe señalar que los aportes de humedad originados por las precipitaciones horizontales en la zona, serían de una magnitud considerable (Quiroga, 2000).

El clima en estos valles es semiárido de montaña con una importante variación de topoclimas debido al abrupto relieve. Ello se origina en la fuerte pendiente regional, causada por plegamientos que originaron una pendiente media de 18%, entre el río Bermejo y el Cordón de Santa Victoria, a una distancia horizontal de tan sólo 70 Km. lineales (Viera y Menéndez, 1981).

La precipitación media anual es de 300 mm, concentrados en la época estival. Las temperaturas máximas medias, se encuentran entre los 16°C y 28°C, y las temperaturas mínimas medias se ubican entre los 8°C y los 15°C. Los períodos de ocurrencia de heladas se registran entre los meses de abril a octubre. Se registran amplitudes térmicas diarias importantes, que llegan hasta los 20°C (Bianchi, 1980). En general, no existen en la zona registros meteorológicos prolongados que faciliten una caracterización del clima, a excepción de los datos que registra el Sector Evaluación de Recursos Hídricos (EVARSA) de la provincia de Tucumán. La heliofanía es alta durante todo el año y no se cuenta con datos de radiación, excepto alguna determinación puntual realizada por los autores, por ejemplo se midió una irradiancia de 970 W/m<sup>2</sup> el 21 de junio de 1998 a mediodía. (Quiroga et. Al 1998)

El viento es fuerte, frío y seco el del sur y cálido el del norte. El viento norte suele presentarse con ráfagas de alta velocidad, lo que debe tenerse en cuenta para el diseño de los invernaderos.

La distancia desde la capital de Salta al pueblo de Nazareno es de unos 500 km, de los cuales algo más de 400 se recorren por la ruta nacional N 9 hasta La Quiaca, Jujuy. Desde allí, por un angosto camino de cornisa que supera los 4500 metros de altura, se llega en unas 4 horas de camioneta. La figura 1 muestra la ubicación del pueblo.

La producción local es agro ganadera de subsistencia. Se crían ovinos y caprinos y se cultiva papa, maíz y hortalizas a escala familiar en verano.

Desde mediados de los '80, con la aparición en el mercado de los plásticos con tratamiento térmico y UV resistentes, se empezó a difundir en la Puna el uso de invernaderos, promovido por agencias estatales, fundaciones y ONG. Los diseños más difundidos, similares a los del altiplano boliviano y las sierras de Perú, se basaron en el uso de adobe para las paredes y polietileno LDT para las cubiertas. (Combeto et. al. 2000)

Estos invernaderos, exitosos en su lugar de origen, no lo fueron tanto en la Puna Argentina, principalmente debido a la mayor rigurosidad del clima. A igual altura, en Bolivia y Perú las temperaturas son mayores, el clima es más húmedo y menos ventoso que en Argentina. Esto dicho en términos muy generales, ya que por la orografía, existen infinidad de microclimas particulares.

Algunas mejoras en el diseño, permitieron aumentar la vida útil de los invernaderos de altura y mejorar su performance térmica, en particular se está estudiando un prototipo en El Rosal, Salta (Echazú et. al. 2004) y se presenta en la siguiente sección la exitosa experiencia del P.S.A. en Nazareno.

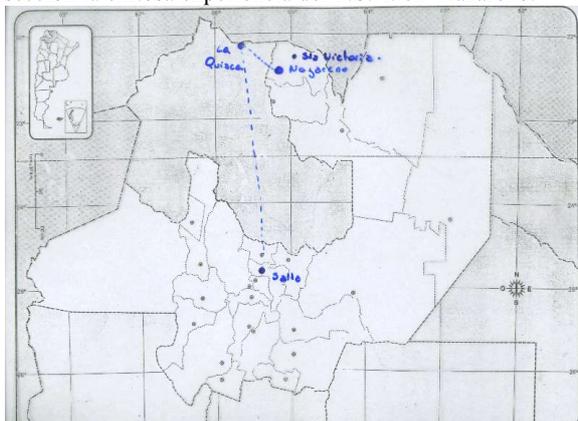


Figura 1: Ubicación de Nazareno, Salta



Figura 2: Interior de un invernadero adaptado

## LOS INVERNADEROS EN NAZARENO

La experiencia que se describe tiene su origen en un grupo de personas de la Localidad de San Marcos de Nazareno, quienes presentan, en el año 2000 un proyecto al Programa Social Agropecuario para la construcción de invernaderos familiares.

Con el relato de esta experiencia y las que sucedieron a partir de ella se pretende destacar el mecanismo de apropiación, por parte de la gente, de una tecnología tabú en lo que a Desarrollo Rural se refiere, ya que existen pocos programas en ese ámbito que no hayan encarado experiencias de construcción de invernaderos.

Para realizar la experiencia mencionada se realizó un pequeño diagnóstico con la Comunidad de San Marcos. En el mismo, para el análisis de la conveniencia de contemplar o no la posibilidad de construir invernaderos, se debatió sobre el por qué de tantas estructuras de invernadero (alrededor de 30) abandonadas por todo el Municipio. La respuesta a este planteo radicaba, según los participantes, en que se trataba de invernaderos compartidos, por lo que, con el correr del tiempo surgían conflictos entre las familias por malos cuidados de unos o de otros, con lo que el invernadero terminaba por abandonarse. Por otro lado, había poco acompañamiento, con lo que algunas familias guardaban el plástico y destinaban la construcción de las paredes y el resto de materiales, como por ejemplo los tirantes, para la construcción de viviendas. Debemos destacar que el modelo que se había puesto en práctica era el tipo andino boliviano.

Se concluyó con la gente de San Marcos realizar la construcción de invernaderos familiares, pero con la condición de analizar el modelo que sería más conveniente para la zona. Ante este panorama se decide realizar consultas a aquellas personas e instituciones que hayan tenido una buena experiencia en el tema, es así como se analizan invernaderos llevados a cabo por Prohuerta, Psa en Iruya, Api, Inenco, Oclade. De todas estas experiencias se concluye que la alternativa más recomendable es la de tipo Andino Modificado.

La mayoría de los invernaderos que habían llevado a cabo estas instituciones eran del tipo andino boliviano que originalmente consiste en incorporar a los modelos clásicos de invernáculos, una serie de modificaciones que permitan atenuar los cambios fuertes de temperatura causados por la amplitud térmica característica del clima andino.

Las primeras experiencias demostraron que no es suficiente con colocar sobre el suelo solamente una estructura que soporte una cobertura transparente, esto normalmente provoca un aumento excesivo de la temperatura; temperatura que daña a las plantas y que se pierde rápidamente sin ser aprovechada durante las horas de mayor frío.

En esta zona, no solo hace falta conservar por un mayor periodo ese calor, sino también atenuar el exceso de temperatura.

Para ello se incorpora como parte de la estructura, la construcción de muros de adobe; que no solo aporta al aislamiento, sino que también es acumulador del calor.

Y para reducir las altas temperaturas, se adiciona una cámara de sombra realizada a partir de una pieza oscura comunicada al invernadero por su pared mas alta, la cual tiene aberturas en la parte superior e inferior para permitir la circulación de aire entre el invernadero y la cámara de sombra.

Por otro lado, se reduce la exposición solar intercalando franjas de techo de barro con franjas de plástico. Utilizando para ello tirantes de madera a lo ancho, y dándole una forma recta al techo del invernadero. El plástico se sujeta con una fila de adobes sobre las paredes laterales y en la pared más alta.

De las experiencias obtenidas con estos modelos todos los consultados sugerían realizar modificaciones, ya que en la práctica pudieron observarse algunos inconvenientes como ser el arqueado rápido de los tirantes por la excesiva humedad, las numerosas roturas en el plástico al estar tan seccionado y la imposibilidad de lograr el suficiente tensado dada la estructura plana en el techo, que hace que siempre haya flameo. La sugerencia es, entonces un modelo Andino Modificado cuya modificación esté centrada en realizar un invernadero con mayor resistencia a los "vientos", causa principal de roturas en los invernaderos construidos en esta zona. Para ello el techo debe ser en forma curva o elíptica, evitando que sea recto, y logrando el mayor contacto y adherencia posible entre el plástico y la estructura, de esta manera evitamos el flameo y posterior rotura.

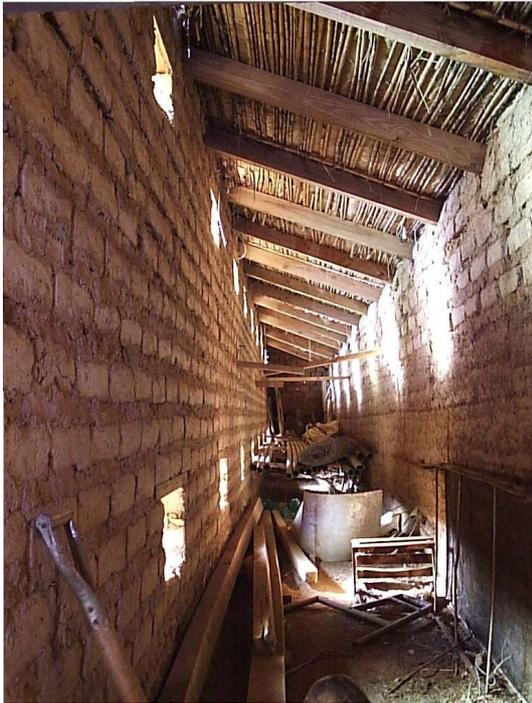
Para que esto se cumpla, también es necesario sujetar el plástico en todos sus extremos con un sistema que permita no solo mantener la tensión, sino también que la misma sea regulable.



Figura 3: Zona de cultivo



Figura 4: Vista desde el noroeste



*Figura 5: Vista de la cámara oscura*



*Figura 6: Detalle de colocación de la cubierta*

Las figuras 2, 3 y 5 muestran el interior de los invernaderos mientras que en las figura 4 y 6 se aprecia su aspecto exterior.

#### **EL INVERNADERO ANDINO MODIFICADO**

Con esto, se llevó la propuesta a la comunidad y en conjunto se comenzó a elaborar un diseño propio de invernadero andino, para lo cual los doce participantes de la comunidad con el técnico elaboraron el primer prototipo, luego de cuatro reuniones de diagramación y una semana empleada para la construcción del mismo. Una vez terminado, este fue sometido a todo tipo de evaluaciones por los participantes, con lo que se volvió a la pizarra y se determinaron las modificaciones para los restantes invernaderos, cabe destacar que si bien los invernaderos eran individuales la construcción de los mismos era comunitaria.

A partir de esta experiencia, la Organización de Comunidades Aborígenes de Nazareno (OCAN), en la cual participan actualmente delegados de las 22 comunidades que la componen, decide ejecutar un proyecto de construcción de 54 invernaderos distribuidos en todas las comunidades. Dicho proyecto fue financiado por el Fondo de Canadá para Iniciativas Locales. Paralelamente a este proyecto el PSA financió dos proyectos más para la construcción de invernaderos familiares con este modelo.

Desde el año 2004 hasta la fecha están en construcción 30 invernaderos familiares con este modelo, financiados por el Instituto Nacional de Asuntos Indígenas. También las escuelas del municipio están refaccionando sus invernaderos y convirtiéndolos a este nuevo modelo local.

Durante el desarrollo de estas experiencias participaron muchos delegados y las personas que ya habían realizado construcciones de invernaderos concurrían como capacitadoras en las comunidades sin experiencia, de hecho las personas de San Marcos fueron las primeras capacitadoras. Luego en cada comunidad fueron sumándose modificaciones con lo que el modelo se encuentra bastante nutrido dada la enorme cantidad de experiencias llevadas a cabo. Uno de los miembros de la OCAN es quien va recogiendo esas experiencias y las va volcando en los nuevos invernaderos que se van construyendo.

Algo más para destacar es que a lo largo de estos años varias personas del municipio que no fueron beneficiadas por programas, pero que contaban con dinero como para solventar la construcción de un invernadero, concurren a consultar y construyeron el modelo presentado.

En cuanto a los aspectos agronómicos el manejo planteado hasta la fecha ha sido bastante tradicional, con formación de canchales en los que se siembra intercaladamente todo tipo de hortalizas para autoconsumo y pequeños excedentes para venta.

Lo que más se siembra es tomate, locoto, pimiento, acelga, lechuga, rabanito y todas las variedades que entrega prohuerta, además de experimentos con limón sutil, naranjas, caña de azúcar con bastante poda. Los problemas más comunes son los hongos y los pulgones, para los que se plantea un manejo orgánico.

Recién a partir del año en curso se están poniendo en práctica algunas prácticas como la limpieza cada, por lo menos, tres años y otras formas de riego.

Se prevé realizar un invernadero modelo de la organización para las capacitaciones y a partir de las experiencias realizadas en él incorporar nuevas prácticas de manejo en los invernaderos ya construidos.

Una experiencia que ya surgió de la práctica es la dificultad para curvar los caños, normalmente se utiliza un tacho de 200 litros como molde, pero no todas las personas logran la forma adecuada dejando secciones rectas que corren riesgo de doblarse con el viento, lo que se está pensando es entregar los caños ya curvados.

### **EL INVERNADERO TIPO NAZARENO**

Es una construcción de adobe o tapial, con cimientado de piedra.

Las dimensiones elegidas son: 9 mts. de largo por 5.5 mts. de ancho. La cámara de sombra tiene también 9 mts. de largo pero solamente 1.5 mts. de ancho. Además de las condiciones climáticas y de terreno, las dimensiones de los invernaderos son condicionadas también por el largo de los caños estructurales, y el ancho del plástico.

El cimientado de piedra es de por lo menos 20 cm. por debajo del suelo y por lo menos 20 cm. por encima del mismo. La pared más alta mide 2.5 mts. de altura y la más baja 1.6 mts.

En la pared más alta, que comunica la cámara de sombra con la zona de cultivo, se realizan aberturas de 20 cm x 20 cm en la parte inferior y superior a lo largo de toda la pared; esto es para provocar una recirculación de aire entre ambas cámaras (por termodinámica). Así, el aire caliente de la zona de cultivo asciende y pasa través de las aberturas superiores a la cámara de sombra para su enfriamiento; mientras que el aire frío ingresa a la zona de cultivo por las aberturas inferiores de dicha pared, logrando de esta manera regular la temperatura del invernadero durante las horas de mayor incidencia solar.

El techo de la cámara de sombra se cubre con paja y barro, de manera que pueda cumplir con la función de moderar la temperatura del invernadero.

Para soporte del plástico se utilizan caños de sección circular, curvados a mano, y respetando de mantener una curvatura a lo largo del caño; de esta manera se obtiene una estructura que proporciona una mejor resistencia al viento, causa principal de roturas del plástico.

En la parte superior de las paredes laterales se construye un encadenado superior de hormigón armado que sirve como soporte de la estructura metálica; y con una buena terminación (alisado), impide el roce y posterior desgaste del plástico; ya que es la zona de íntimo contacto con el plástico, lo que hace que allí se concentre mucha humedad y exista una gran fricción.

Para mejor protección y cuidado, tanto del plástico como del caño metálico, se aplica una capa de pintura antióxido o convertidor de óxido de color blanco, ya que así se evita el recalentamiento del caño y posterior deterioro del plástico.

El plástico es sujetado en sus extremos por un caño de polietileno negro de ½" de diámetro que lleva un hierro en su interior que le transmite rigidez al caño y permite ser atado con alambre a una serie de orejas de hierro colocadas previamente en el muro. En la pared opuesta a la cámara y del lado de afuera, se incorpora un sistema de tensado del plástico mediante riendas de alambre galvanizado que lo van tensando a medida que son enrolladas por otro hierro paralelo también sujetado al muro con orejas de hierro, que estos le permiten girar y por lo tanto tensar el plástico de manera más regulable y pareja.

Se prevé adicionar franjas de media sombra para las épocas de altas temperaturas.

### **COSTOS**

Se presenta un listado de materiales para un invernadero con un costo aproximado de \$ 550. El estimado del valor de los adobes y de la mano de obra local es de \$700 por lo cual el costo total es de aproximadamente \$1200

Materiales por invernadero:

8 mts. de plástico de 9 mts. de ancho y 200 micrones de espesor.	\$ 156,60
30 mts. de caño de polietileno negro de ½" de diámetro.	\$ 15
2 bolsas de cemento.	\$36
4 caños sección circular de 6 mts. de largo, 1 ½" de diámetro y 1,2 mm. de espesor.	\$80
3 barras de hierro de 10 mm. de diámetro.	\$36
5 barras de hierro de 8 mm. de diámetro.	\$112
3 barras de hierro de 6 mm. de diámetro.	\$27
3 barras de hierro de 4 mm. de diámetro.	\$18
3 kilogramos de alambre galvanizado N° 14.	\$13,50
2 kilogramos de alambre recocido N° 16.	\$13,50
½ litro de antióxido blanco.	\$8
6 mts. de media sombra negra del 80 %.	\$42

Se emplean aproximadamente 1500 adobes a \$ 0.15 cada uno.

Se emplean 15 y 25 días (de acuerdo a la disposición de materiales próximos al terreno y a las condiciones del mismo) para la construcción de un invernadero de este tipo. Entre \$ 12 y \$ 15 el jornal. Faltaría calcular el acarreo de piedras y áridos.

La duración promedio del plástico es de 3 años y con esta estructura sería lo único a reemplazar al cabo de este tiempo.

### **CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS**

Las mejoras en el diseño aumentaron la vida útil de los invernaderos y con ello su rentabilidad. La participación directa de los interesados en las mejoras constructivas y la incorporación gradual de éstas, facilitó la apropiación de la tecnología. El sistema de participación comunitaria en la construcción de los invernaderos, que por otra parte es propio de la cultura local, además de ser muy eficiente, generó un amplio intercambio de experiencia.

Aunque la mayor parte de los invernaderos, se construyó con materiales subsidiados por el programa, hay también vecinos que construyeron los suyos con recursos propios siguiendo el mismo diseño, lo que da cuenta de la aceptación lograda.

Los invernaderos construidos en Nazareno se encuentran desde los 2400 msnm hasta los 4200 msnm. De allí que la producción en los mismos varía según la zona. De todos modos, en términos medios generales, se puede decir que un invernadero tipo en Nazareno produce entre 25 y 40 plantas de tomate, entre 10 y 20 plantas de pimiento, entre 30 y 60 plantas de lechuga, entre 30 y 60 plantas de acelga y otros productos de huerta en mucha menor proporción. La mayoría de estos productos se realizan en dos ciclos al año, o sea con dos siembras, aunque algunos dejan las plantas de tomate el ciclo completo; y en cada ciclo estimativamente se obtienen entre 100 y 150 kgs de tomate, entre 30 y 50 kgs de pimiento, entre 10 y 20 kgs de lechuga, entre 10 y 20 kgs de acelga. Solamente en las zonas más altas y frías del municipio se deja de producir tomate en los meses más crudos del invierno (junio y julio).

No se cuenta con registros de temperaturas en los invernaderos, pero la observación fenológica por parte de los técnicos a cargo del proyecto y de los mismos usuarios, permitió una adecuada puesta en marcha de cultivos de importancia con un buen control de las plagas y enfermedades propias de este tipo de sistema productivo,

En una próxima etapa, se ensayarán alternativas al sistema de cámara oscura, para mejorar la acumulación térmica y el control de la circulación de aire. Al igual que en los invernaderos estudiados en el Valle de Lerma (Saravia et. al. 1997), se propone realizar un estudio térmico detallado, asociado al manejo agronómico de los invernaderos. Con este fin se está instalando un equipo automático de medidas de temperaturas, humedad y radiación solar. Con la información recabada, se completará el modelo en Simusol que se encuentra en elaboración. (Quiroga et. al. 2005)

### **REFERENCIAS**

- Bianchi A. R. (1981) "Las Precipitaciones en el Noroeste Argentino", Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
- Cabrera A. L. (1977) "Flora de la Provincia de Jujuy, República Argentina" Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
- Combeto A., Benedetti A. Pelicano G. (2000) "Invernaderos en Comunidades Rurales de la Puna Jujeña", AVERMA V. 4 02.01
- Echazú R., Quiroga M., Saravia L., Astudillo C. y Palacios A. (2004) "Diseño, Construcción y Primeros Ensayos de Invernadero en El Rosal, Provincia de Salta", AVERMA, Vol. 8 N. 1, 02.43
- Quiroga M., Saravia L. y Echazú R. (1998) "Invernadero Andino en Nazareno, Provincia de Salta", AVERMA Vol 2 No. 1, 01.25 ISSN 0329-5184
- Quiroga M., Rojas Villena R. y Echazú R., (1999). "Cultivo de Flores en Invernadero Andino en Abra Pampa, Jujuy (3484 msnm)" XXII Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura, ISBN No 987-97812-0-1 No. 180
- Quiroga M., Echazú R. Saravia L. Palacios A. (2005) "Simulación con Simusol-Linux de Invernadero Andino de El Rosal, Salta", aceptado para publicación en AVERMA N 9
- Reboratti C. (1994), "El Hombre y la Naturaleza en la Puna". Ed. Proyecto Agroforestal en Comunidades Rurales del Noroeste Argentino", GTZ.
- Saravia L., Echazú R., Cadena C. (1997) "Greenhouse Solar Heating in the Argentinian Northwest" Renewable Energy Vol 11 N 1, 119-128
- Viera O., Menéndez M. (1981) "Estudio Geológico, Geomorfológico y de Vegetación de los Ríos Nazareno, Iruya e Izcuya en la Provincia de Salta" Viera y Menéndez Consultores, Salta.

### **ABSTRACT**

#### **IMPROVED GREENHOUSES DIFFUSION IN NAZARENO, SALTA**

This paper deals about proper greenhouses technology transfer at Nazareno in Argentine Puna. Based on aboved experiences, about 90 greenhouses was built since 2000 year beginning. Profit t shared of echnology process and agricultural aspects of this experiencie are discused.

Key words: greenhouse, solar energy, Puna, Andes