



ASADES

*Acta de la XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación
Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 4, pp. 02.33-02.41, 2016. Impreso en la Argentina.
ISBN 978-987-29873-0-5*

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE DOS INVERNADEROS ANDINOS EN EL ROSAL, SALTA

Mirta Quiroga, Aldo Palacios, Daniel Hoyos y Ricardo Echazú
INENCO – Instituto UNSa. – CONICET
Universidad Nacional de Salta
Av. Bolivia 5150 – A4408FVY Salta, República Argentina
FAX 54 387 4255489 – e-mail: mirtaqui@gmail.com

Recibido 10/08/16, aceptado 07/10/16

RESUMEN: Con el objeto de analizar el comportamiento térmico de dos invernaderos de la puna de Salta, de similar diseño y de ponderar la incidencia de modificaciones introducidas en el modelo original se realizaron medidas térmicas durante un mes de invierno instalando en cada invernadero un equipo de medida y registro automático de temperatura de 6 canales, basado en Arduino. Se obtuvieron registros de temperatura en los puntos más representativos y de su análisis surge un conjunto de conclusiones de utilidad para el diseño y el buen uso de este tipo de instalaciones.

Palabras clave: Invernadero, invernadero andino, adobe, puna, Arduino, LM335

INTRODUCCIÓN

Las regiones altoandinas (Puna) por sus particulares condiciones ambientales de bajas temperaturas gran amplitud térmica diaria y estacional, permiten el crecimiento de un reducido número de plantas, en un breve período del año, ya que aún en pleno verano se registran a menudo temperaturas bajo cero. La producción de vegetales todo el año, es posible sólo bajo invernadero y aun así, en el período invernal frecuentemente se producen daños en las plantas más sensibles a bajas temperaturas.

Se han instalado en diferentes lugares invernaderos de puna, muchos de ellos copiados de modelos bolivianos y en particular El INENCO diseñó y estudió algunos modelos de invernaderos para puna, entre los cuales el prototipo instalado en el año 2003- 2004 para la producción de hortalizas para el comedor de la Escuela albergue No. 4526 de El Rosal – Provincia de Salta, a 3300 m.s.n.m., ha sido uno de los que mejor comportamiento ha tenido y aún se encuentra en funcionamiento. (Echazú et al., 2004) y (Quiroga et al., 2005)

El Invernadero Rosita 1 se construyó con la financiación de UNSa – FONTAR y combina en su diseño original, adobe en las paredes con una estructura metálica curva en el techo y cuenta con un recinto para el cultivo de hortalizas y otro, llamado habitualmente cámara oscura, que contribuye a atenuar la amplitud térmica. Ambos recintos están separados por un muro de adobe que cumple las funciones de acumulador de calor. El aire que ingresa desde el exterior, se regula por medio de ventanillas ubicadas en la pared norte, las que cuentan con un mecanismo de cierre y apertura con control manual.

El aire caliente del invernadero, circula hacia la cámara oscura a través de registros ubicados en la parte alta del muro, enfriándose para reingresar al sector de cultivo a través de registros situados en el muro, cerca del suelo. De esta manera, lo que se logró, es evitar el exceso de temperatura ocasionado por las altas radiaciones, como es habitual en los sistemas pasivos.

El calor excedente se elimina por medio de corrientes de aire hacia el exterior, mediante registros de control manualmente ubicados en la cumbre del sector de cultivos. En la figura 4a se aprecian estos detalles.

La circulación de aire en la cámara oscura transfiere calor a las paredes y el piso de ésta, con lo cual se logra acumular la energía, durante el día para disminuir el enfriamiento nocturno.

El diseño y desempeño térmico de este primer prototipo se presentaron anteriormente (Echazú et al., 2004) y (Quiroga et al., 2005).

El diseño de este invernadero inspiró el de otros similares, como el construido por pobladores de “Pie del Chañi” y el del colegio de “El Alfarcito”, localidades cercanas a la de referencia. Más lejanos, algunos invernaderos de Nazareno, Salta, responden también a la misma tipología (Abdo et al., 2004),

La escuela de El Rosal a través de estos años ha ido mejorando paulatinamente sus instalaciones; en 2002 era una pequeña escuela que funcionaba como albergue por imperio de la necesidad, ya que contaba con un único ambiente que alternativamente se usaba como aula y dormitorio. Desde 2011 funciona formalmente como escuela albergue con jornada completa, cuenta con un nuevo edificio, cuyo frente puede observarse en la figura 1a, con dormitorios y sanitarios construido frente a la antigua escuela la que también se refaccionó y amplió con naaula nueva y un patio de formación, para actividades artísticas y deportivas que se muestra en figura 1b. Los dos maestros de plurigrado cuentan actualmente con el apoyo de un nuevo docente para actividades artísticas y un profesor de educación física y otro de lengua extranjera, itinerantes que dictan 18 horas cátedra por semana de clases repartidas entre tres escuelas.



Figura 1a: edificio del albergue escolar mostrando el frente y calefones solares

Figura 1b: Patio de formación para actividades artísticas, deportivas y recreativas

Además del trabajo conjunto con los invernaderos, el INENCO compartió con la escuela de El Rosal, distintas experiencias, de modo que actualmente es un ejemplo de aplicación de energías renovables en la puna, ya que cuenta con cocinas solares, un dispositivo eólico para generación de energía, a los que se suman a un equipo de paneles fotovoltaicos y calefones solares proporcionados a la escuela por el estado y diferentes fundaciones.

Una de las dificultades para relacionar el comportamiento térmico actual del invernadero con el de años anteriores, se encuentra en la falta de registros climáticos en la zona. Sin embargo de acuerdo a las observaciones locales la rigurosidad de los inviernos se ha reducido en los últimos años, tanto en número como en intensidad de heladas, lo que se percibe porque en los cordones montañosos circundantes Chañi con 6200 m.s.n.m. y Acay con 5950 m.s.n.m. se ha reducido la capa de nieve habitual, hasta desaparecer en algunos casos y por la presencia de insectos que antes estaban ausentes, como moscas y mosquitos. En el apéndice 2 se presenta un registro fotográfico de la disminución de nieve en las cumbres cercanas.

Posteriormente, la dirección de la escuela construyó otro invernadero, el Rosita 2, financiado con donaciones y con mano de obra local, que se encuentra operativo desde 2014 y presenta algunas variantes respecto al diseño original.

Por otra parte el invernadero original (Rosita 1) fue achicado y sufrió algunas modificaciones en el proceso de construcción del albergue.

Con el objeto de evaluar comparativamente ambos invernaderos y la incidencia de las modificaciones introducidas en el modelo original, se realizaron medidas térmicas en simultáneo, las que se analizan en el presente trabajo.

INVERNADERO ROSITA 1

El primer invernadero de El Rosal, se construyó con paredes de adobe y estructura antisísmica de hormigón armado y está dividido en dos sectores: el área de cultivo, de 60 m² y una cámara oscura al sur, de 24 m². Esta es una disposición habitual en invernaderos de altura.

La cubierta es de polietileno LDT de 150 micrones y el techo de la cámara oscura original era de chapa galvanizada con cielorraso de poliestireno expandido. La figura 3 muestra en planta y corte las dimensiones del invernadero, mientras que las 2a y 2b son fotografías del mismo de 2004 y 2016 respectivamente. El diseño de este invernadero, los detalles constructivos y resultados de su estudio, fueron publicados previamente por los autores (Echazú et al., 2004).



<i>Figura 2a: Rosita1 dimensiones y diseño original (año 2004)</i>	<i>Figura 2b: Foto 2016, invernadero original modificado</i>
--	--

Este modelo original que se observa en la figura 2 a debió modificarse en ocasión de la construcción del edificio del albergue de la escuela, reduciéndose la superficie de la cámara de cultivo a 40 m² aunque no se modificaron las dimensiones de la cámara oscura, que conserva los 12 x 2 (24 m²) originales con un volumen de 55,2 m³ como puede observarse en la Figura 2b; en el techo de este sector se eliminó la aislación térmica del cielorraso y además en el muro divisorio entre los dos ambientes se agregó una ventana ciega con vidrio para facilitar el ingreso de luz en la cámara oscura. Como consecuencia de las nuevas construcciones este prototipo quedó entre las edificaciones del albergue y la escuela, protegido del viento.

Este invernadero ha funcionado durante 13 años con cultivos principalmente hortícolas, con producción sostenida a lo largo del año, cultivándose principalmente verduras de hoja como lechuga, acelga, remolacha rabanito, espinaca, apio, repollo, brócoli, aromáticas como perejil, albahaca, orégano, también tomate y pimiento, que cubrieron las necesidades del comedor escolar que abasteció 35 a 40 alumnos según el año.

El manejo, fue con un esquema orgánico, y aplicación muy esporádica de insecticidas de baja toxicidad, se introdujeron además individuos de *Hippodamia convergens*, Cocinélidos (vaquitas) predatoras de áfidos dañinos para las plantas. La cámara oscura se usó además para la cría de conejos, gallinas y codornices, para el abastecimiento del comedor.

El comportamiento del invernadero, fue adecuado a la producción aun en el año 2010, en que se produjeron heladas excepcionalmente intensas y prolongadas que llegaron a dañar las plantas de tomate y pimiento dentro del invernadero.

INVERNADERO ROSITA 2

Este invernadero se encuentra en funcionamiento desde 2014, responde a un diseño similar al anterior pero se han modificado las dimensiones y la relación de tamaño entre la cámara oscura y el invernadero propiamente dicho. Los materiales empleados en los dos invernaderos, son los mismos: adobe, estructura antisísmica de hormigón, estructura de caños de acero, cubierta de polietileno larga duración térmico de 150 micrones y malla de media sombra negra de 50 % móvil.

El nuevo prototipo, a pesar de estar muy cercano a la escuela se encuentra en un lugar levemente más alto y más descampado como se aprecia en la fotografía y por ello más expuesto al viento.

La figura 3 muestra esquemáticamente las dimensiones del nuevo invernadero que cuenta con 15 m de largo y 5 m de ancho (75 m^2) en el sector de cultivo y se han modificado sustancialmente las dimensiones de la cámara oscura cuyo ancho duplica el anterior contando $4 \text{ m} \times 15 \text{ m}$ (60 m^2) con un volumen de 138 m^3 . La decisión del cambio fue tomada por maestros y quienes participaron en la construcción y se debe a que la cámara se usará como lugar de cría de animales de granja para lo cual se requiere una mayor superficie operativa. No se ha evaluado aun el efecto térmico de esta modificación.

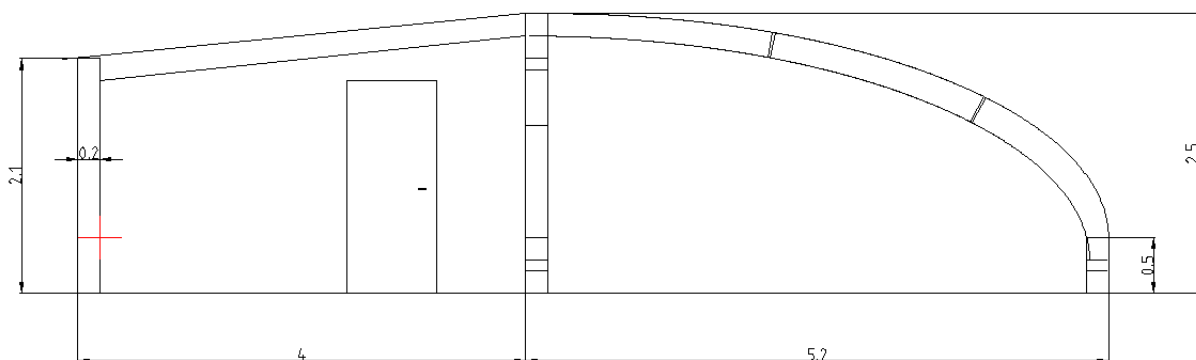


Figura 3: Vista en corte con dimensiones del invernadero Rosita 2

En el muro que divide el sector de cultivo, como en modelos anteriores, se colocó una hilera de 4 ventanillas de $18 \times 25 \text{ cm}$ a 2 m de altura y otras 4 a 40 cm de altura, el sentido de estas ventanillas en dos niveles es que por ellas se establezca una circulación convectiva de aire entre los dos recintos que resulta fundamental para el funcionamiento térmico del invernadero; en el nuevo prototipo se incorporaron además 3 ventanas de $1 \times 1 \text{ m}$ para permitir el paso de luz, como se aprecia en la figura 4 b, las que se cerraron parcialmente con botellas con agua. La cámara oscura actualmente se usa para la producción de lombricompost para abono del suelo del invernadero. Las figuras 4 a y 4 b muestran el invernadero Rosita 2 en su exterior y el interior de la cámara oscura donde pueden observarse las ventanas de comunicación con el sector de cultivo.



Figura 4a: Vista exterior Rosita 2 (Foto 2016)



Figura 4b: Cámara oscura ampliada con ventanas de comunicación al sector de cultivo.

El nuevo prototipo se utiliza para la producción de las mismas especies hortícolas que el anterior pero se ampliará la cría de animales usando la cámara oscura como corral para protección de los animales en períodos fríos.

A modo de resumen la tabla 1 los invernaderos Rosita 1 y 2 que se analizan comparativamente en el presente trabajo tienen las siguientes dimensiones y características:

	Rosita 1	Rosita 2
	Dimensiones y características	Dimensiones y características
	Sector de cultivo	Sector de cultivo
Largo (m)	8	15
Ancho (m)	5	5
Superficie (m ²)	40	75
Volumen (m ³)	82,8	155,25
	Cámara oscura	Cámara oscura
Largo (m)	12	15
Ancho (m)	2	4
Superficie (m ²)	24	60
Volumen (m ³)	55,2	138
Relación Volumen de invernadero / volumen cámara	1,5	1,125
Techo de cámara oscura	Chapa sin aislación	Chapa con aislación membrana aislante aluminizada de 5 mm

Tabla 1. Características y dimensiones de los dos invernaderos

Instrumentación

Medición de temperaturas

Hardware

Para las medidas y el registro de las temperaturas, se instalaron dos equipos de toma de datos de 6 canales. Estos Data Logger, emplean una tarjeta Arduino Leonardo con resolución A/D de 10 bits, conectada a un módulo de lectura para memoria micro SD y 6 sensores de temperatura LM335 Arduino, (2016). Cada equipo está alimentado por un sistema fotovoltaico independiente.

Calibración

Los data logger se calibraron previo a su instalación, con todos los sensores conectados, con un calibrador de dos bloques Hart Scientific 9009, Fluke, (2016). Para cada sensor se hizo una corrida con cuatro puntos de referencia: -10 °C, 10 °C, 30 °C y 50 °C y se obtuvieron por regresión, las rectas características. El procedimiento se repitió al final del ciclo de mediciones, comprobándose que los parámetros conservaron los valores iniciales.

Software

Para la programación se utilizó el IDE de Arduino, con las librerías <Time.h>, para el control del reloj, <SPI.h> para la conexión serie y <SD.h> para la lectura y escritura en la tarjeta de memoria. Arduino, (2016)

El programa lee los parámetros de la tarjeta de memoria: número de canales habilitados, tiempo de integración y frecuencia de medida. Como también guarda en la tarjeta los datos medidos, se puede poner en marcha el equipo, detenerlo un tiempo después y copiar los datos sin necesidad de conectar el equipo a la computadora. Los datos guardados en el archivo corresponden a la lectura directa del conversor A/D de cada canal y a partir de ellos, aplicando los coeficientes obtenidos previamente en la calibración, se calculan las temperaturas correspondientes. En el apéndice 1 se lista el programa empleado.

Serie de medidas

Se instaló un equipo en cada invernadero en el período de un mes entre 29/06/2016 y 29/07/2016, con sensores que registraron temperaturas ubicados según detalle de la tabla 2.

Medición de radiación solar

La radiación solar se midió manualmente con un solarímetro de mano LI 250. Este instrumento, similar al empleado para los estudios de 2004 y 2005 ya mencionados, se contrastó previamente con un patrón secundario Kipp Zonnen CM 21.

Rosita 1		Rosita 2	
N° sensor (canal)	Ubicación	N° sensor (canal)	
0	Muro divisorio del lado del sector de cultivo (Invernadero)	0	Muro divisorio del lado de la cámara oscura
1	Ambiente en cámara oscura a 1,5 m de altura	1	Muro divisorio del lado del sector de cultivo (Invernadero)
2	Muro divisorio del lado de la cámara oscura	2	Ambiente en cámara oscura a 1,5 m de altura
3	Suelo del invernadero a 10 cm profundidad	3	Ambiente del invernadero a 1,5 m de altura
4	T ambiente exterior al sur del invernadero	4	Suelo del invernadero a 10 cm profundidad
5	Ambiente del invernadero a 1,5 m de altura	5	T ambiente exterior al sur del invernadero

Tabla 2. Distribución de sensores de temperatura en los invernaderos Rosita 1 y Rosita 2.

Se diseñó un sistema de medidas que permite registrar en simultáneo las temperaturas ambiente y en los puntos más representativos del interior de los dos invernaderos en forma independiente, y representativa del comportamiento térmico de cada uno. En la etapa experimental que se presenta en el trabajo se obtienen un conjunto de datos, con los que es posible calcular todos los flujos de calor necesarios para el cálculo del balance térmico completo, como los realizados en experiencias anteriores (Quiroga et al., 2005).

Los sensores tuvieron la misma ubicación en los dos invernaderos. En el muro que divide los recintos de cultivo y la cámara se efectuaron perforaciones en el adobe y se colocaron los sensores a 3 cm de profundidad, cubriéndolos con adobe, uno desde el sector de cultivo y el otro desde la cámara oscura, de modo que registran la evolución de la temperatura del muro. En el suelo del invernadero se escogió un lugar al centro, cercano al muro de división y se enterró el sensor a 10 cm de profundidad.

Para medidas de temperatura ambiente exterior de cada invernadero, se ubicaron los sensores al sur y otros dos sensores tomaron registros del sector de cultivo y cámara, todos a 1,5 m de altura. De esta

manera es posible evaluar térmicamente cada prototipo por separado ya que para el balance térmico, lo que se consideran son deltas de temperatura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En el período de un mes analizado se seleccionaron los días que registraron menores temperaturas (5 al 7 de julio), que se representan en los gráficos de las figuras 5 a y b para el invernadero original y el nuevo prototipo.

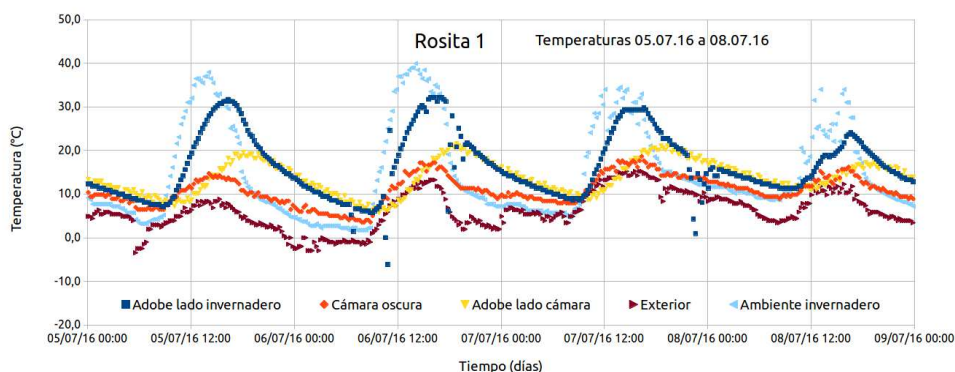


Figura 5a: registros térmicos del período 5 al 8 de julio de 2016, invernadero Rosita 1 (original)

El gráfico 5a muestra el comportamiento térmico para los nodos medidos dentro del invernadero más antiguo, Rosita 1, la temperatura ambiente exterior registró temperaturas bajo cero los días 5 y 6 de julio alcanzando entre $-3,5\text{ C}$ y -3 C con $3,2\text{ C}$ y $4,2\text{ C}$ en el ambiente del invernadero lo que implica un salto térmico de $6,2\text{ C}$ y $7,7\text{ C}$ respectivamente. La máxima diurna en el sector de cultivo con cubierta plástica fue de $39,9\text{ C}$ el día 6/7.

Cabe destacar que las heladas registradas entre el 5 y 6 de julio fueron muy prolongadas, con temperaturas bajo cero entre las 23:20 hs. y las 8: 50 hs. en que la temperatura ambiente fue de -1 C con $2,2\text{ C}$ dentro del invernadero.

La cámara oscura se mantuvo, durante la noche, en todo el período (rombos rojos) por encima de la temperatura del recinto de cultivo (triángulos celestes); la noche más fría del 5/7, la temperatura de la cámara se mantuvo entre $6,5\text{ C}$ y 7 C , con una diferencia térmica de 3 grados por encima de la cámara de cultivo.

Alrededor del mediodía del 6/7, la cámara se mantuvo a $15,2\text{ C}$ con notable diferencia respecto al sector de cultivo donde la máxima alcanzó los $39,9\text{ C}$.

Los sensores 0 (cuadrados azules) y 2 (triángulos amarillos) registraron las temperaturas en las dos caras del muro de adobe, tomadas a $3,5\text{ cm}$ de profundidad, del lado del sector de cultivo y el del lado de la cámara oscura respectivamente. El muro que tiene un papel fundamental como acumulador y en la transferencia de calor entre ambas partes del sistema, se orienta al norte y recibe radiación directa durante el día, transfiriendo el calor acumulado durante la noche.

A partir del gráfico de la figura 5a y de los datos registrados puede observarse que la temperatura tomada en la cara que mira al norte, es mayor durante las horas de radiación, se iguala en ambos lados al atardecer y registra un período de temperaturas algo menores desde aproximadamente la media noche hasta que el sol lo calienta nuevamente. Esto es debido a que durante la noche como es lógico el recinto con cubierta plástica se enfría más que la cámara posterior.

Del comportamiento de las curvas, además se observa un retardo en las máximas diurnas entre una cara y la otra del muro, lo cual representa el tiempo que tarda el calor en atravesar los 20 cm de espesor del adobe, por otra parte como es lógico la máxima es mayor en el lado del muro donde incide

directamente la radiación, por ejemplo el día 6/7 la máxima temperatura del muro en su cara norte fue de 32,2 C a las 15:50 hs., mientras que en la cara sur la máxima se alcanzó a las 17:05 y fue de 20,1 C.

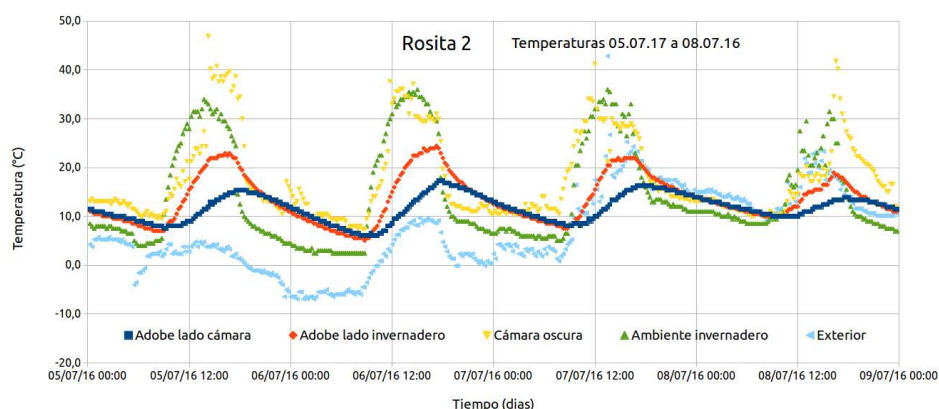


Figura 5b: registros térmicos del periodo 5 al 8 de julio de 2016, invernadero Rosita 2 (nuevo)

Analizando las curvas registradas para el nuevo invernadero, que se presentan en la figura 5b, de ellas puede observarse que la temperatura ambiente exterior al invernadero (triángulos celestes) alcanza mínimas inferiores a las registradas en el sector donde se ubica el invernadero viejo, con $-6,9$ C el día 6/7, con registro para el interior del invernadero en el sector de cultivo de $3,5$ C, lo que implica un salto térmico de 10 C al momento de la mínima.

El sector donde se encuentra ubicado el nuevo prototipo se encuentra más expuesto al viento, la helada registrada en el ambiente se inicia a las 19:00 hs. hasta las 8:45 hs. del día siguiente en que se registró la mínima del invernadero con $2,5$ C y $-4,5$ C de temperatura ambiente. La máxima registrada en el sector de cultivo fue de 34 C el día 6/7 con una temperatura ambiente de $7,2$ C

La cámara oscura (triángulos amarillos) si bien en todo el período analizado se mantuvo, durante la noche, por encima de la temperatura del recinto de cultivo (triángulos verdes); durante el día tuvo un comportamiento muy similar al de éste último. La noche más fría, la temperatura de la cámara se mantuvo entre $11,5$ y $13,5$ C, con una diferencia térmica de $10,1$ C por encima de la cámara de cultivo. En el momento de la máxima temperatura, la cámara oscura se encontró a $36,1$ C con $2,1$ C por encima del recinto de cultivo.

El comportamiento del muro fue similar al del invernadero viejo, con un retraso de 1:45 hs. entre la máxima temperatura en cada cara del mismo.

CONCLUSIONES

El sistema de medidas, a pesar de estar basado en hardware de bajo costo, mediante una cuidadosa calibración tuvo muy buen resultado, obteniéndose medidas precisas y confiables durante todo el período.

El salto térmico entre invernadero – ambiente con temperaturas bajo cero, es mayor en el nuevo prototipo. Al momento de las temperaturas máximas el invernadero nuevo tuvo también mejor comportamiento, esto es resultado probablemente del mayor volumen total, sin embargo el comportamiento de la cámara oscura no es el que se espera de este tipo de sistemas, donde la cámara y el invernadero se comportan como un solo recinto, diferenciándose levemente en horas de la noche; esto es producto de que no se han completado los cerramientos como corresponde.

El invernadero pequeño, más viejo, ha sufrido cambios en el tiempo y en sus dimensiones originales que implican un deterioro, actualmente se encuentra desprovisto de aislación térmica debajo de la chapa del techo de la cámara oscura, lo que provoca pérdidas térmicas. Dado que las ventanillas que facilitan el intercambio de aire entre los recintos se encuentran cerradas, el intercambio es sólo por conducción a través del muro, reduciendo su efecto atemperante tanto en el día como en la noche.

El factor circulación de aire entre recintos, es un elemento fundamental en esta tipología de invernaderos y no está bien logrado en ninguno de los dos prototipos, ya que en el nuevo diseño, la cámara oscura se encuentra incorporada totalmente al sector de cultivo y fluctúa térmicamente junto con éste y en el viejo Rosita 1, la situación es exactamente la contraria, encontrándose totalmente separada, funcionando como una habitación independiente con un aporte reducido al desempeño térmico. Este aspecto, contribuye conjuntamente con otros factores como volumen, aislaciones, a que se obtengan deltas de temperatura muy diferentes entre el interior y exterior de cada prototipo.

Si bien el prototipo nuevo (Rosita 2) se comporta mejor, es necesario completar el muro divisorio interno, siguiendo las pautas del diseño original con lo que puede mejorar su comportamiento térmico. El viejo prototipo, requiere refacciones tales como reconstruir la aislación térmica del techo de la cámara oscura y reabrir las conexiones de aire entre ésta y la cámara de cultivo con lo que mejoraría térmicamente sobre todo atenuando las temperaturas diurnas extremas.

REFERENCIAS

- Abdo E., Szanto A., Quiroga M. y Echazú R., (2004), La Difusión de Invernaderos de Altura con Diseño Mejorado en Nazareno, Salta ", AVERMA, Vol. 8 N. 1 ISSN 0329- 5184
- Arduino, (2016), www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo
- Arduino (2016), www.arduino.cc/en/Tutorial/Datalogger
- Echazú R., Quiroga M., Saravia L., Astudillo C., Palacios A., (2004), Diseño Construcción y Primeros Ensayos de Invernadero en El Rosal – Provincia de Salta. AVERMA, Vol 8, No. 1 ISSN 0329 5184
- Fluke (2016), www.fluke-direct.com/pdfs/cache/www.fluke-direct.com/9009-b-156/datasheet/9009-b-156-datasheet.pdf
- Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología de Salta (2015), www.edusalta.gov.ar
- Quiroga M, Echazú R., Saravia L. y Palacios A., (2005), Simulación con Simusol – Linux de Invernadero Andino de El Rosal, Salta AVERMA Vol 9 No. 1 ISSN 0329 5184

ABSTRACT: In order to comparatively evaluate two greenhouses of the Puna of Salta, of similar design and weigh the impact of changes made to the original model thermal measurements were made during a winter month installed in each greenhouse measuring equipment and automatic temperature recording 6 channel, based on Arduino. Temperature records were obtained in the most representative and its analysis points, a set of conclusions useful for the design and use of such facilities is obtained.

Keywords: Greenhouse, Andean greenhouse, adobe, puna, Arduino, LM335