

COMPORTAMIENTO TERMICO DE UNA CAMARA PARA MICROINJERTACIÓN DE PLANTINES DE NOGALES

V. García, A. Iriarte¹, G. Lesino^{1,2}, S. Flores^{2,3} y C. Matias⁴
INENCO, Catamarca. Facultad de Ciencias Agrarias - UNCa
M. Quiroga 93 - 4700 Catamarca, Argentina. Email: vgarcia@plab.unca.edu.ar

RESUMEN - La necesidad de obtener plantas de nogal de alta calidad y con variedades de consumo en los mercados, exige disponer de ambientes que favorezcan la germinación y el microinjerto de plantines. Con ese propósito se construyó una cámara usando como base un invernadero de vidrio de antigua construcción, con un acondicionamiento adecuado para obtener la temperatura, humedad e iluminación requerida para la producción de plantas injertadas. Se presentan los resultados del monitoreo preliminar de la cámara bajo distintas condiciones: cubierta con y sin media sombra, y con y sin refrescamiento evaporativo. La simulación del comportamiento térmico de la cámara se realizó con el programa SIMEDIF para Windows cuyos resultados se comparan con los obtenidos experimentalmente.

Palabras claves: Cámara de microinjertación, nogales, simulación, comportamiento térmico.

INTRODUCCIÓN

La producción nogalera en la República Argentina se estima en las 6.000 Tn siendo el consumo interno de 8.000 Tn. Estas cifras denotan la necesidad de aumentar esta producción. Catamarca es una de las provincias para la cual el cultivo del nogal (*Juglans regia* L.) tiene gran importancia en su desarrollo económico, lo que induce a mejorar las técnicas de obtención de plantas de alta calidad.

La mayoría de las áreas nogaleras están constituidas por plantas viejas con un 80 % de variedades criollas (Alderete Salas S., 1999). Estos montes provienen de multiplicación por semillas sin injertación, lo que implica una segregación genética y en consecuencia, un producto poco uniforme y de escasa aceptación en el mercado internacional.

La actividad viverística local no está preparada para satisfacer la demanda de plantas injertadas, asegurando a su vez calidad de plantas y rapidez en la distribución de nuevas variedades. Asimismo, la injertación de nogal es una práctica poco difundida por las dificultades que presenta, siendo considerada por muchos viveristas como una operación poco rentable desde el punto de vista comercial debido a los pocos logros alcanzados (Moraldi *et al.*, 1993).

Una de las etapas más difíciles en la obtención de plantas injertadas de nogal es la cicatrización del callo de soldadura que requiere para su formación una temperatura de aproximadamente 27 °C en la zona de injerto (Sitton B., 1993). Moraldi y Lanzi (1993) destacan la importancia del control de la temperatura y de la humedad a nivel de la zona de cicatrización para promover la actividad celular. Por lo tanto el control de la temperatura y la humedad relativa es prioritario para esta etapa.

Varios autores (Kuniyuki y Ford, 1985; Radicati y Moe, 1986) lograron resultados positivos con injertos de púas y yemas sobre plantas adultas, realizados a campo. Sin embargo estos métodos no tuvieron el éxito esperado, principalmente por la influencia de la gran amplitud térmica y velocidades de vientos elevadas, que caracterizan las condiciones climáticas de la zona (Avanzado *et al.*, 1987). En la provincia de Catamarca, la presencia del viento Norte en la época de injertación y la variabilidad de las condiciones climáticas dificultan la obtención de plantas mejoradas directamente a campo.

A nivel internacional se está utilizando la técnica del microinjerto de plantines para la obtención de plantas de alta calidad. Esta técnica requiere de instalaciones adecuadas que permitan controlar los factores involucrados en el crecimiento de los plantines: temperatura, iluminación y humedad.

En la Estación Experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de la provincia de Catamarca se está desarrollando un proyecto sobre la obtención de plantas de nogal por microinjertación de plantines. Para tal fin se pretende acondicionar un local, tipo invernadero, ya existente en el predio de la Estación. En el presente trabajo se evalúa el comportamiento térmico del mismo para ver la factibilidad de utilizarlo como cámara de microinjertación presentándose los resultados del monitoreo de la cámara bajo distintas condiciones ambientales. Por otro lado para contar con una herramienta útil para predecir el comportamiento de la cámara se realizó la simulación de la misma utilizando el programa SIMEDIF para Windows, cuyos resultados se comparan con los obtenidos experimentalmente.

Parcialmente financiado ANPCyT, UNCa, INTA

¹ Investigador del CONICET

² INENCO, U.N. Salta

³ Becaria de CONICET

⁴ E.E.A. INTA - Catamarca

DESCRIPCIÓN DE LA CAMARA PARA MICROINJERTACIÓN

La cámara tiene una superficie cubierta de 46,67 m² con eje central orientado Norte - Sur. Las paredes laterales y frontal Sur están construida con mampostería de ladrillos de 0,15 m con revoque interior y exterior, asentados sobre cimiento de hormigón, mientras que el frontal Norte se compone de un panel para el sistema de refrescamiento en la parte inferior y una superficie vidriada en la parte superior. Sobre los muros laterales se ha colocado un cerramiento de carpintería metálica con portavidrios, sobre la cual se asienta la cubierta superior formada por cabreadas de perfiles metálicos que soportan el material de cobertura (Figura 1).



Figura 1.- Vista exterior e interior de la cámara de injertación

La estructura de la cámara se completa con:

- **Cubierta de baja transparencia** de fibra de vidrio semitranslúcida. Por encima de la cubierta se encuentra la malla de media sombra, corrediza, separada de las misma 0,20 m.
- **Tres mesadas** de hierro, tipo cajón de 0,20 m de altura, con la base de material desplegado metálico y están montadas sobre patas de 0,80 m de altura. Dos de ellas tienen 0,80 m de ancho y 10 m de largo mientras que la tercera, la central, tiene 0,65 m de ancho y 8,00 m de largo. En su interior se colocó sucesivamente una capa ripio (0,05 m), una capa de perlita (0,05 m). Sobre esta capa se colocó un sistema de tuberías de polietileno (PE) de 0,0127 m de diámetro, separadas entre ellas una distancia de 0,10 m. Este sistema se cubrió totalmente con perlita hasta el borde superior de la mesada.
- **Sistema de refrescamiento evaporativo:** en el frontal norte se ha incorporado un panel de refrescamiento evaporativo (cooling system o hydrocooling) para disminuir la temperatura de la cámara. Las dimensiones del panel son 3,80 m de ancho, 1,00 m de altura y 0,20 m de espesor, con virutas de pajas en su interior. La distribución del agua para el mojado de la paja se realiza por la parte superior. El agua sobrante se recoge en una canaleta para su recirculación. El aire circulante se mueve mediante un extractor de 1,5 kW, ubicado en el frontal opuesto (Sur).
- **Sistema de medición y control:** para el monitoreo de las principales variables de interés de la cámara y del ambiente exterior, se utilizó una computadora AT provista con tarjetas de adquisición de datos Keithely 1600 y PCLab 812. Se usaron sensores para la medición de la temperatura del aire tipo LM (semiconductor); humedad relativa con puntas capacitivas Vaisala; radiación solar interior y exterior con radiómetros Kipp & Zonen y piranómetros LICOR 200SA; nivel de iluminación con un luxímetro LICOR analógico.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DEL MONITOREO

Para la evaluación de la cámara se realizaron mediciones de temperatura, radiación, humedad del ambiente exterior e interior y nivel de iluminación interior. Durante los meses de Febrero y Marzo, la evaluación se realizó con cobertura de malla media sombra plateada sobre cubierta, con y sin sistema de enfriamiento, mientras que durante los meses de Marzo y Abril, las mediciones se efectuaron con la cámara sin cobertura de media sombra, con y sin sistema de enfriamiento. La distribución de los sensores de temperatura fue de la siguiente manera: en el interior de la cámara se ubicaron seis sensores para medir la temperatura ambiente distribuidos a lo largo y alto de la misma, en las paredes de mampostería se colocaron en el interior y en el exterior, mientras que en las superficies vidriadas se colocó en el frontal sur en el interior y exterior, en el techo se colocó sensores en el exterior e interior respectivamente, y uno que mide la temperatura exterior. Tres medidores de humedad relativa ambiente interior se ubicaron equidistante a los largo de la cámara y uno en el exterior. La radiación se mide en el interior, frontales norte y sur, techo este y oeste, y en el exterior de la cámara. El medidor de iluminación que se encuentra en el interior a 2,0 m del piso. El medidor de la velocidad de viento fue ubicado sobre el techo.

En la figura 2 se muestran los valores de las temperaturas promedio interior y exterior de la cámara y radiación interior a la cámara sin cobertura de media sombra exterior y sin enfriamiento evaporativo para cinco días consecutivos del mes de Marzo. Como dato significativo se destaca un aumento en la temperatura interior, alcanzando, valores de 50 °C, mientras que los valores de la radiación solar incidente sobre superficie horizontal en el interior aumentaron hasta alcanzar 400 W m⁻². El

nivel máximo de iluminación obtenido dentro de la cámara en estas condiciones fue de 9.000 lux. La radiación diaria exterior sobre superficie horizontal tuvo durante estos días un valor promedio de 26 MJ m^{-2} .

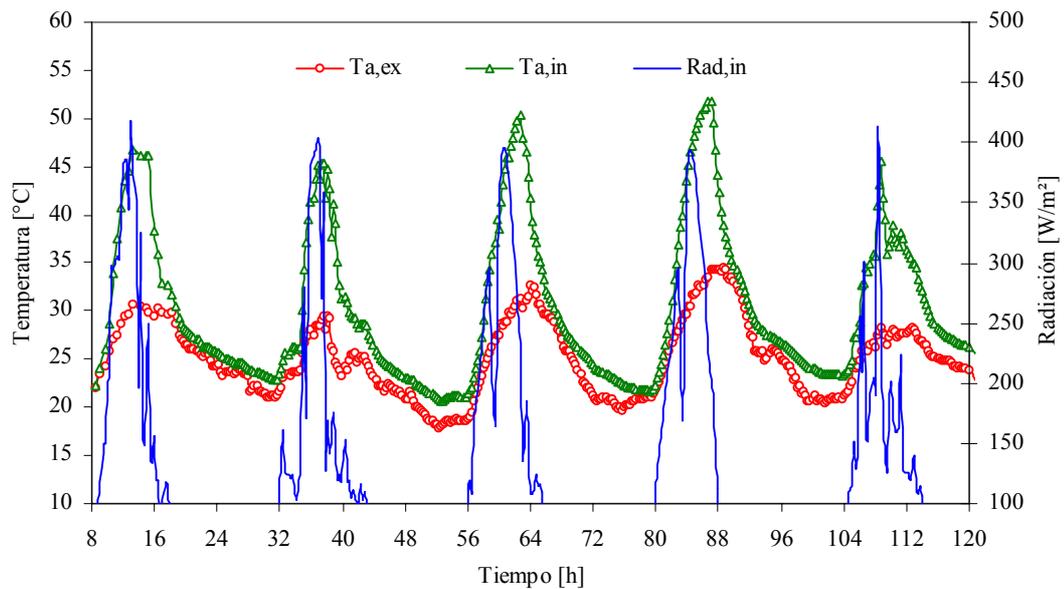


Figura 2.- Temperatura interior y exterior de la cámara y radiación interior sin media sombra y sin refrescamiento

En la figura 3, se observan las variaciones de la temperatura ambiente interior y exterior y la intensidad de radiación solar interior y exterior sobre plano horizontal en el ensayo realizado sin cobertura de media sombra exterior y con enfriamiento evaporativo, durante cinco días del mes de Abril. En ella se observa que la temperatura ambiente interior de la cámara no superó los $35 \text{ }^\circ\text{C}$, valor límite superior máximo establecido por el termostato que pone en funcionamiento el sistema de enfriamiento.

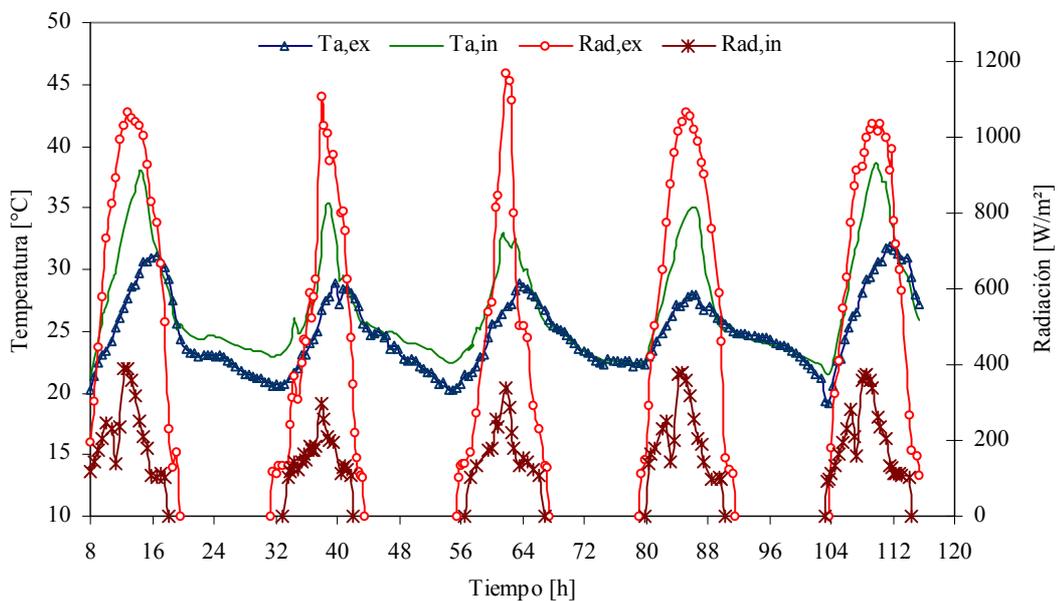


Figura 3.- Temperatura y radiación interior y exterior de la cámara sin media sombra con sistema de enfriamiento.

En la figura 4 se observan las mediciones de temperatura y radiación en el interior y exterior de la cámara, con la media sombra colocada sobre la cubierta sin enfriamiento evaporativo durante cinco días del mes de febrero. Del análisis de los datos se desprende que el porcentaje de radiación que ingresa a la cámara es del orden de un 20 % con respecto a la radiación exterior horizontal. Por otro lado el incremento máximo de la temperatura del ambiente interior ($T_{a,in}$) con respecto a la temperatura del ambiente exterior ($T_{a,ex}$) fue de $5 \text{ }^\circ\text{C}$, lo que comprueba que el uso de la media sombra permitió reducir la temperatura interior de la cámara pero produciendo una notable disminución en el nivel de iluminación, ya que en este caso el valor máximo alcanzado fue de 6.000 lux.

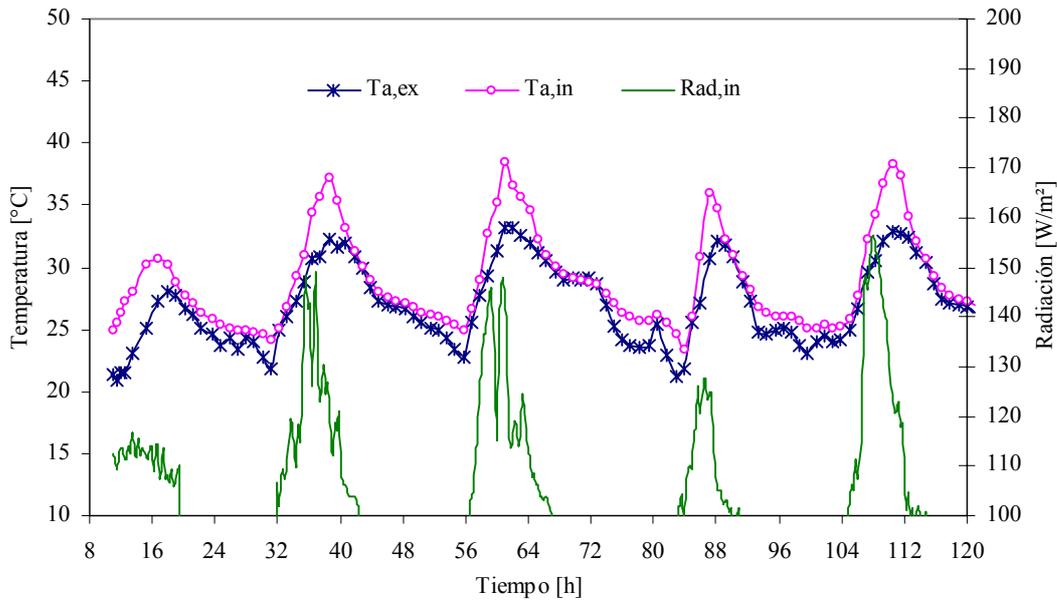


Figura 4.- Temperatura interior y exterior y radiación interior de la cámara de injertación.

En la figura 5 se muestran las variaciones de las temperaturas interior y exterior de la cámara y la variación de la radiación solar incidente sobre superficie horizontal en el interior y exterior de la misma para los ensayos realizados con cobertura de media sombra exterior y con enfriamiento evaporativo. La temperatura en el interior, cuando se pone en funcionamiento el sistema de enfriamiento oscila entre 15 y 30 °C, notándose en los dos últimos días que ésta se encuentra por debajo de la temperatura ambiente exterior. Durante los días en que se realizaron estas mediciones la radiación máxima sobre superficie horizontal alcanzó valores próximos a 1.100 W m⁻² al medio día solar con excepción del tercer día en que el máximo valor fue de 800 W m⁻².

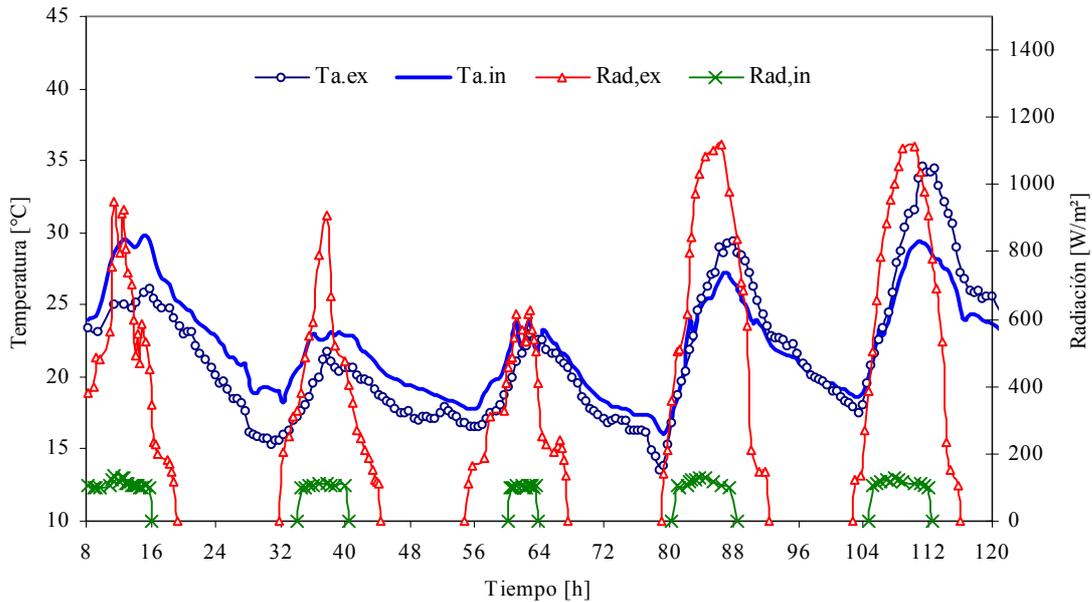


Figura 5.- Temperatura y radiación interior y exterior con media sombra y sistema de enfriamiento.

SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CAMARA

La simulación de la cámara se realizó mediante el programa SIMEDIF para Windows para situación en que la cámara funcionaba sin cobertura exterior y sin enfriamiento evaporativo, para cuatro días consecutivos del mes de Abril. Como la cámara es considerada como un edificio liviano fue suficiente utilizar tres días previos de simulación a fin de entrar en régimen y ajustar los datos iniciales de monitoreo. Se la considero como un único local de 140,93 m³ siendo las variables de ajuste el área irradiada y las renovaciones horarias de aire.

La radiación solar que ingresa al edificio y la que incide sobre las paredes externas se describen mediante los índices de radiación y las áreas de radiación. En la modelización de la cámara de microinjertación se utilizaron cuatro paredes, seis

tabiques y una puerta, cuyas características se resumen en la tabla I. Se fijaron los coeficiente convectivos interiores sobre paredes, piso, techo y tabiques sin ganancia solar en $6 \text{ W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ y en $8 \text{ W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ para los asoleados. Los coeficientes convectivos externos se fijaron en $10 \text{ W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Los valores que mejor ajustan los datos experimentales son 1 renovación de aire por hora y 27 m^2 de área de radiación del piso. En esta área de radiación del suelo se excluye la sombra de las mesadas que componen las camas de enraizamiento.

Componentes	Superficie [m^2]	Área de radiación	Nº de capas
<i>Paredes</i>			
Lateral Este	13,5	3	3
Lateral Oeste	13,5	2,5	3
Frontal Sur	9,91	0	3
Piso	46,67	27	2
<i>Tabiques</i>			
Techo	46,67	23,34	
Lateral Este	13,27	3	
Lateral Oeste	13,27	2,65	
Hydrocooling	4,86	4,86	
Frontal Norte	4,26	4,26	
Puerta	0,70	0	
<i>Puerta</i>			
Puerta Sur	0,70		

Tabla 1: Elementos utilizados en SIMEDIF para Windows para la descripción de la casa de vegetación.

En la figura 6, se muestra el comportamiento térmico de la cámara de injertación donde se grafica la temperatura ambiente obtenida de la simulación en contraste con la temperatura del ambiente interior experimental [Ta,in (Ex)] y la temperatura ambiente exterior. Del análisis de los datos se observa que la temperatura del ambiente interior medida experimentalmente tiene un comportamiento similar a la obtenida utilizando el programa SIMEDIF. Durante el periodo ensayado se observa que la temperatura ambiente exterior oscila entre los 9 y 20 °C, mientras que en el interior se midieron valores comprendidos entre los 10 y 30 °C.

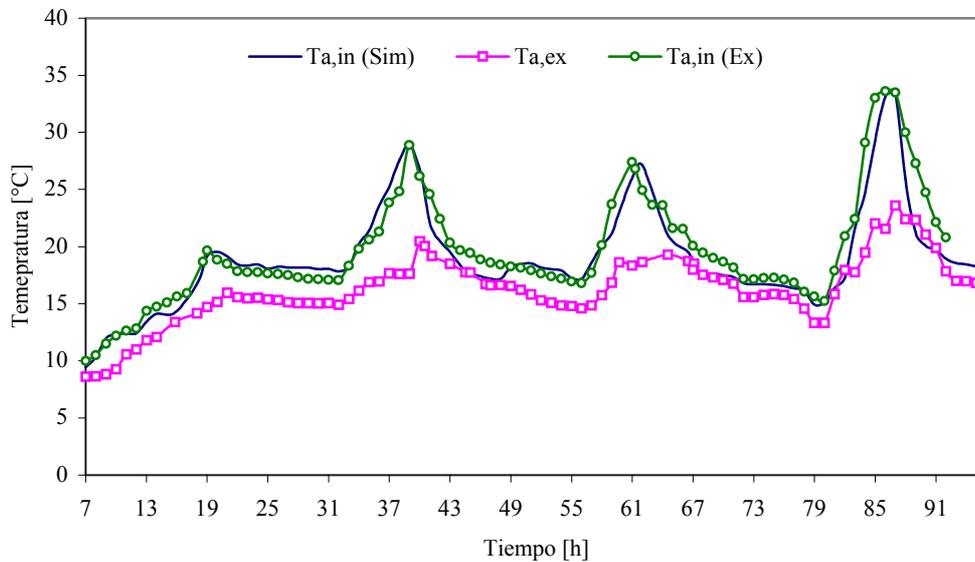


Figura 6.- Temperatura interior, interior simulada y ambiente exterior de la cámara de injertación

CONCLUSIONES

Los niveles de temperatura, radiación e iluminación aún no son los más adecuados para cumplir con los requisitos del método para lograr plantines injertados. En el caso de la temperatura se debe tener en cuenta que cuando el sistema esté funcionando a pleno la cámara tendrá aportes de calor y humedad provenientes de las distintas mesadas.

La estructura de la cubierta de la cámara presentó una serie de problemas estructurales que se han visto magnificados con las operaciones de mantenimiento provocando un aumento en las infiltraciones, especialmente en las superficies vidriadas y algunos sectores de la cobertura de fibra de vidrio. Las modificaciones y reparaciones no cumplieron con las expectativas y solo permitieron realizar las primeras mediciones que corresponden a la simulación presentada.

La simulación numérica realizada con el SIMEDIF para Windows muestra una correspondencia con los obtenidos experimentalmente lo que nos indica la posibilidad de utilizar este programa para la simulación de la cámara de microinjetación y predecir su comportamiento.

En función de los resultados obtenidos y de los problemas surgidos será necesario instalar una cobertura interior de plástico de larga duración térmica, con tratamientos UV del tipo LDT para mejorar la estanqueidad del recinto (disminuir las infiltraciones producidas por rotura) y lograr refrigerar, mediante el sistema de enfriamiento evaporativo, la cara interna de la cubierta de fibra de vidrio (cámara de aire entre las dos coberturas), como una forma de disminuir su influencia sobre las plantas que se encuentran en las mesadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alderete Salas, S. (1999). Cadena agroalimentaria de la nuez para la Provincia de Catamarca. Informe E.E.A. Catamarca.
- Avanzato D. y Tamponi, E. (1987). L'innesto a marza del noce (*Juglans regia* L.): una nuova técnica. Revista di Frutticoltura N° 12 pp. 23 - 26.
- García V., Iriarte A. y Flores S. (2002). Simulación del comportamiento térmico de una casa de vegetación para la producción de plantas frutales. Avances en energía renovables y medio ambiente. Vol. 6, N° 2.
- Kuniyuki, H. y Ford H. I. (1981). Propagation In: Walnut orchard management 38 - 46. Coop. Ext. University of California.
- Moraldi M. y Lanzi, P. (1993). Il riscaldamento localizzato dell' innesto nella produzione vivaistica del noce. Rivista di Frutticoltura, N° 1, pp 53 – 556.
- Radicati y Meo, G. (1986). Further experiment on different grafting and budding methods of walnut in the northern Italy. HorSci. Vol 21 (3).
- Sitton B. G. (1993). Vegetative propagation of the black walnut, Tech. Bul., N° 119, Mich. State Univ., pp 119.

ABSTRACT

To obtain high quality walnut trees, in particular appropriate varieties for consumption, it is necessary to adapt the environment in order to improve the germination and micro-grafting. Taking into account this problem, a chamber was built using an old glass greenhouse. It was conditioned to achieve temperature, humidity and illumination adequate for the production of grafted plants. The results of the preliminary monitoring are presented under different conditions: cover with and without sunshade and with and without hydrocooling. The thermal behaviour simulation was done with de SIMEDIF (by Windows) computer program and simulation results were compared with experimental data.

Key words: micro-grafting chamber, walnut trees, simulation, thermal behaviour