

AUDITORIA Y SIMULACION TERMICA DE UN EDIFICIO PARA PRODUCCION AGAMICA DE PLANTAS*

V García, A. Iriarte¹, S. Flores^{1,2}, G. Lesino^{1,2}, S. Mendoza
Grupo de Energías Renovables Catamarca, INENCO – CONICET
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca
M. Quiroga N° 93, 4700 – Catamarca, Argentina. yogarcia958@hotmail.com
Tel 54 3833 435955 int 119; 54 3833 15575701

RESUMEN: En la provincia de Catamarca, se pretende incorporar tecnologías de acondicionamiento pasivo e híbridos a un local de propagación agámica adaptado para la multiplicación de plantas de alta calidad, que permitan mejorar las condiciones lumínicas y térmicas para disminuir el uso de recursos energéticos. El objetivo del trabajo, es analizar el comportamiento térmico y lumínico del edificio con el propósito de adecuar su diseño con estrategias bioclimáticas. Se realizaron mediciones de temperatura, iluminación y humedad interna en diferentes sectores del edificio con dataloggers automáticos, durante un año. Se muestran los resultados del monitoreo durante dos periodos seleccionados entre los meses más críticos de invierno y verano, y la simulación térmica utilizando el programa SIMEDIF para Windows.

Palabras claves: Auditoria, simulación, producción, agámica

INTRODUCCION

Las tecnologías de acondicionamiento pasivo e híbrido integrados en edificios de uso agroindustrial permiten mejorar las condiciones lumínicas y térmicas, disminuir el uso de recursos energéticos, el impacto ambiental y la dependencia de instalaciones de acondicionamiento artificial. En la provincia de Catamarca, se pretende incorporar estos conceptos a un local de propagación agámica adaptado para la multiplicación de plantas de alta calidad, de gran importancia para el desarrollo económico de la región.

Las técnicas más empleadas son la propagación por estacas, por injertos, por acodamiento, y la micropropagación por cultivo de tejidos (propagación *in vitro*). Las operaciones básicas de este último proceso son la preparación de medios, la esterilización de utensilios y medios, la obtención de material vegetal, la esterilización del material vegetal y la puesta en cultivo. Hudson J. P (1967); Hartmann H., et al. (1972).

Ante la necesidad de promocionar y fomentar el desarrollo tecnológico en la Provincia de Catamarca en el año 1991 se propone la creación de un Centro de Experimentación y Propagación Agámica (CEPA). El edificio utilizado es una casa que se encuentra ubicado en el predio de la EEA – INTA - Sumalao sobre la Ruta Provincial N° 33 km 4 en el departamento Valle Viejo, y fue adaptado con esos fines (Figura 1).

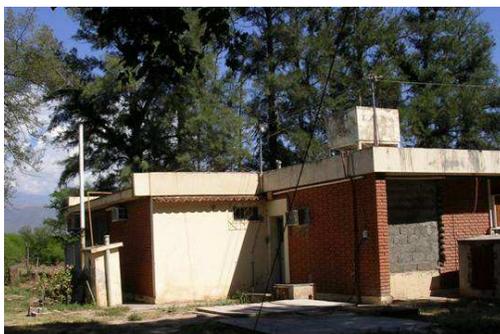


Figura 1. Vista del edificio utilizado como laboratorio de propagación agámica

En este trabajo se analiza el comportamiento higrotérmico y lumínico de un edificio acondicionado para el uso como laboratorio de propagación agámica de plantas, se muestran las gráficas de temperatura experimental y simulada para los días más críticos de los meses de junio y enero, con el propósito tener una evaluación de las posibles mejoras y adecuar las técnicas de diseño del edificio hacia nuevas estrategias bioclimáticas para la producción de plantas.

*Parcialmente financiado por: PICTO 32140, UNCa, INTA.

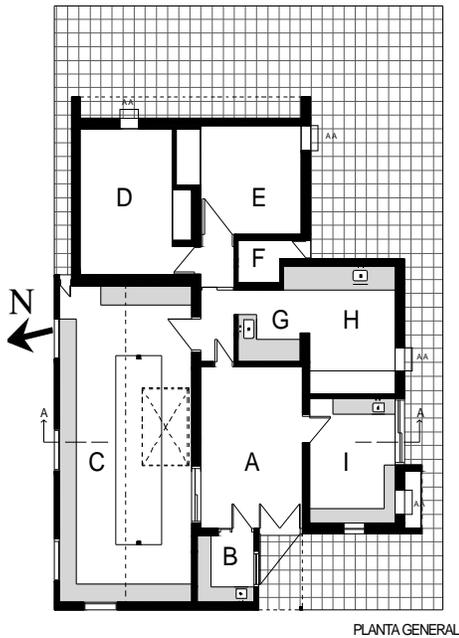
¹ Investigador del CONICET

² INENCO, UNSa. - CONICET

BREVE DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Para el Centro Experimental, se remodeló una oficina que el INTA poseía en el sector noroeste del predio, de acuerdo a las necesidades de producir especies libres de enfermedades de importancia regional, micropropagadas agámicamente por técnicas in vitro. El edificio, de tipología compacta, consta de 9 espacios (Figuras 2 y 3) que se agrupan según su uso en dos áreas: el **área de recepción**, que consta de un hall de entrada, un baño y una oficina de recepción en la zona central, en la que se concentra la mayor actividad de las personas que trabajan en el laboratorio (de lunes a viernes de 9 a 13 hs), y el **área de micropropagación**, constituida por una sala de lavado de frascos y dosificación de medios de cultivos (C), un local para la práctica in-vitro llamada cámara de cría (D), una cámara de siembra (E), una sala de preparación de medios de cultivo, de almacenamiento de drogas e instrumental (H y G), un laboratorio de análisis inmunológicos (B) y un laboratorio de biología molecular (I) (García et al 2008).

Las figuras 2 y 3 muestran la planta general y un corte del edificio, este posee un área de 114 m² y un volumen de 309 m³. Como se construyó por etapas, la estructura inicial fue realizada con ladrillos de 0.13 m de espesor revocadas y pintadas, la envolvente de la nueva construcción se completó con bloques de cemento de 0.15 m. Las fundaciones del edificio poseen cimientos corridos con zapatas de hormigón, con una profundidad de 0.60 m. El techo fue construido con losa cerámicas de 0,10 m de espesor está revestida con una membrana de 3 mm de espesor. La carpintería es de aluminio standard.



Referencias

- A - Oficina de Recepción.
- B - Laboratorio de Análisis Inmunológicos.
- C - Sala de Lavado Frascos y Dosificación de Medio de Cultivo.
- D - Cámara de Cría.
- E - Cámara de Siembra.
- F - Baño.
- G - Droguero.
- H - Sala de Preparación de Medio de Cultivo.
- I - Laboratorio de Biología Molecular.

Figura 2. Planta general del centro experimental.

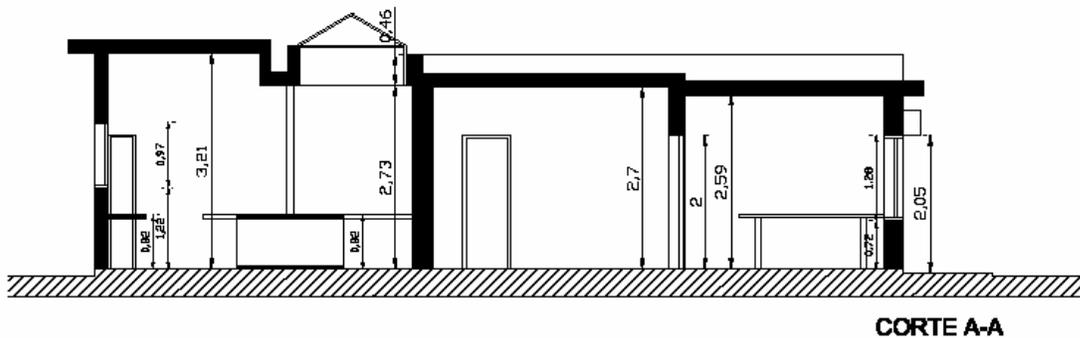


Figura 3. Corte del edificio.

MATERIALES Y METODOS

El monitoreo térmico del edificio se realizó durante un año (desde el 01 de mes de Abril de 2008) registrándose las mediciones cada 15 minutos. Los aparatos de medición utilizados son HOBO U12 Temp/HR con rangos de medición entre -20 y 70 °C y 5 % y 95 % de temperatura y humedad relativa respectivamente. En total se ubicaron 7 sensores en interior de la casa: en la oficina de recepción, en los laboratorios de biología molecular y de análisis inmunológicos, en la sala de preparación de medios de cultivo, en las cámaras de siembra y de cría, y en la sala de lavados de frascos. En los dos últimos locales, además, de la temperatura y humedad relativa los sensores miden iluminación.

Los datos del ambiente exterior se los obtienen de una estación meteorológica ubicada a 50 m del edificio con un sistema de adquisición de datos tipo HOBO, con lecturas de temperatura, humedad, radiación y velocidad de viento programado para registrar los datos cada 900 segundos.

En la tabla se muestran los registros de los días más fríos y calurosos de los meses de invierno (junio a setiembre de 2008) y verano (diciembre de 2008 a marzo de 2009). Se puede ver que los meses más críticos de invierno y verano fueron Se seleccionaron los meses de junio y enero, respectivamente, periodos que se utilizaron para el análisis de los datos experimentales y simulados.

MES y AÑO	DÍA	Tmin [°C]	Tmax [°C]	MES y AÑO	DÍA	Tmin [°C]	Tmax [°C]
Junio - 08	16	-2,4	26,7	Diciembre - 08	26	24,0	45,4
Julio - 08	01	1,8	29,1	Enero - 09	17	22,8	46,4
Agosto - 08	09	1,2	28,3	Febrero - 09	02	19,4	45,9
Setiembre - 08	05	-1,1	26,3	Marzo - 09	01	18,9	44,9

Tabla 1.- Temperaturas mínimas y máximas: invierno 2008 y verano 2008 -2009

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para el análisis se seleccionaron dos periodos en particular: 1) 8 al 17 de Junio de 2008, y 2) 9 al 17 de enero de 2009.

Primer periodo: Invierno

En la figura 4, se muestra las condiciones ambientales externas para el primer periodo seleccionado. Fueron días claros con radiaciones sobre superficie horizontal comprendidas entre 519 y 555 $W.m^{-2}$ y temperaturas mínimas entre -2,4 °C y 3,7 °C. La máxima temperatura se registró en el quinto día con 30 °C. La amplitud térmica durante el día más frío del año (16 de junio) fue de 29 °C.

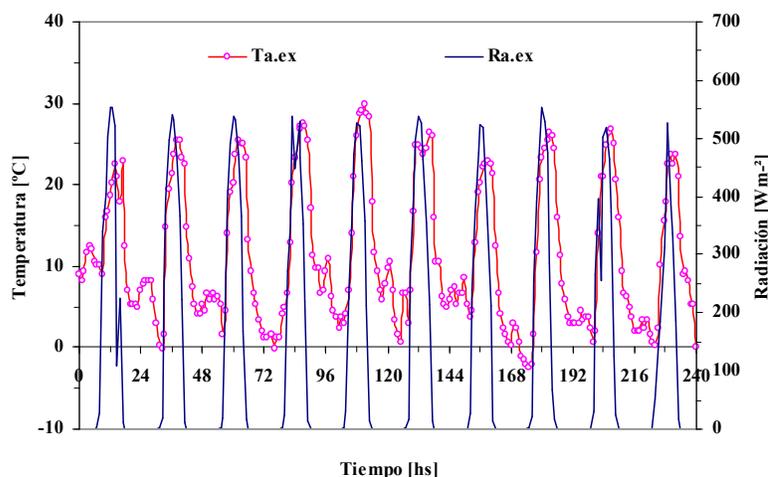


Fig. 4. Temperatura y radiación exterior para el primer periodo.

En la figura 5 se puede analizar los resultados del monitoreo para cuatro locales de la casa entre el 9 y 18 de junio.

En la sala de lavado de frascos y dosificación de medios de cultivos, [Ta. S.L (E)], se observa la influencia de la radiación en el interior debido a la ganancia que ingresa por las ventanas que se encuentran hacia el norte y por el lucernario ubicado en el techo. La temperatura mínima fue de 13,9 °C a las 6 a.m. del séptimo día, mientras que la máxima temperatura alcanzada fue de 20 °C a las 2 p.m, con una amplitud térmica de 5,5 °C. La humedad relativa en el interior de la sala estuvo comprendida entre el 46 y 70 %. La iluminación del ambiente registró valores entre 210 lux, 193 lux durante las 9 hs a.m. y 6 hs p.m., respectivamente los valores máximos alcanzados para días claros fue de 2900 lux al medio día.

En la cámara de cría, [Ta, C.C. (E)], se observa que la temperatura se mantiene entre los valores requeridos para su funcionamiento (entre 19 y 20 °C), con humedad relativa entre los 32 y el 50 %, estas condiciones ambientales son las aportadas por un aire acondicionado que funciona durante todo el día. La iluminación aportada por las lámparas durante este periodo estuvo alrededor de los 1300 a 1500 lux, siendo los valores requeridos para este local de 1800 a 3000 lux.

La sala de preparación de medios de cultivo [Ta, M.C. (E)], no posee ventanas ni puertas hacia el exterior, en este local, se registraron temperatura entre 14 y 17 °C de mínima y máxima durante los días medidos con una amplitud térmica de 3 °C. Los valores de máxima temperatura se registraron en las horas de trabajo del personal. Con respecto a la humedad relativa los valores registrados estuvieron entre 43 y 63%

El laboratorio de biología molecular [Ta, B.M. (E)], ubicado en el sector sur, registra temperaturas mínimas de 11 °C entre las 8 y 9 a.m. y máximas de 16 °C a las 4 pm. Se observa que las temperaturas máximas alcanzadas se encuentran por debajo de las temperaturas mínimas de los otros locales, debido a las pérdidas por la ventana vidriada de la pared sur. La humedad relativa medida estuvo entre 45 y 60%

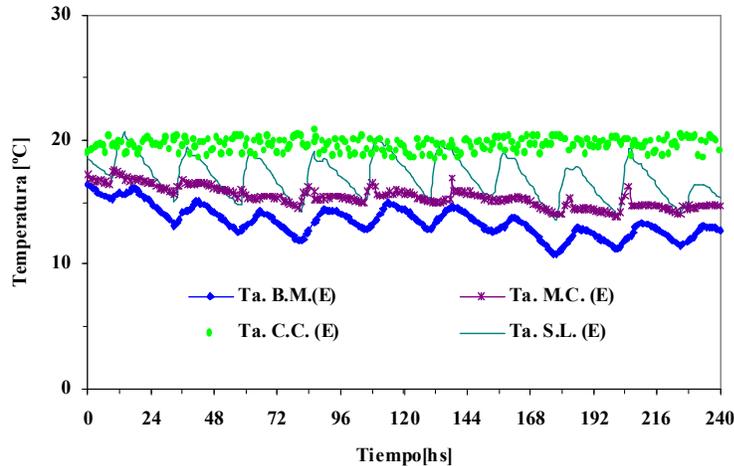


Fig. 5. Temperatura de los locales monitoreados en el mes de Junio.

Segundo periodo: verano

El segundo periodo seleccionado se muestra en la figura 6, fueron días claros y calurosos, con temperaturas máximas entre 33 y 44 °C y amplitudes térmicas diarias de hasta 26 °C. La radiación máxima al mediodía solar estuvo entre los 831 y 1100 Wm^{-2} .

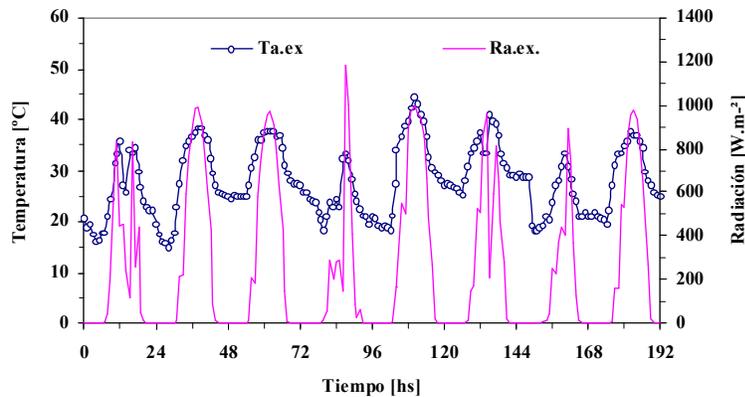


Fig. 6. Temperatura y humedad relativa exterior para el segundo periodo

Las mediciones de la temperatura en el interior se muestran en la figura 7. Se observa que el control de la temperatura en la cámara de cría no funcionó durante los días de monitoreo manteniéndose la temperatura entre los 28 y los 32 °C, aproximadamente valores superiores a los requeridos para la producción de plantas, (21 – 25 °C). La humedad relativa estuvo comprendida entre 35 y 60 %. En este periodo no se registraron valores de iluminación.

En la sala de preparación de medios de cultivos se registró una diferencia entre la temperatura mínima y máxima de 7 °C. Los locales con mayores amplitudes térmicas fueron la sala de lavados de frascos y dosificación de medios de cultivo y el laboratorio de biología molecular de hasta 7 y 3 °C respectivamente. Los demás locales al no tener ganancia ni pérdidas directas se comportaron entre los rangos de temperatura mostrados en la figura.

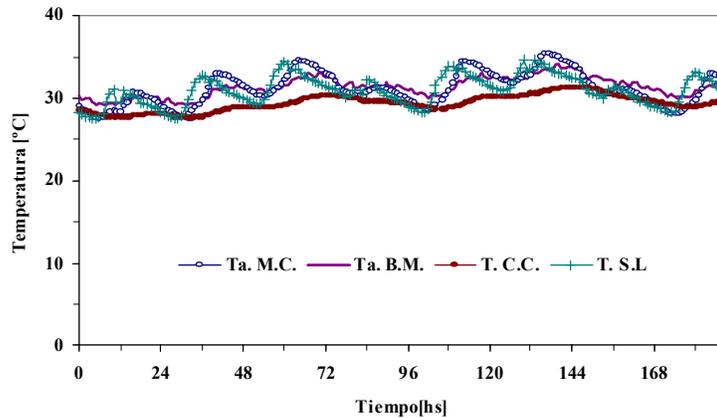


Fig. 7. Temperaturas internas del edificio para el segundo periodo

SIMULACION CON SIMEDIF

Para predecir el comportamiento del edificio durante los dos periodos se realizó la simulación utilizando el programa SIMEDIF para WINDOWS (Flores Larsen y Lesino, 2000; 2001a). Los elementos con que trabaja este software para la modelización son paredes, tabiques, muros de agua, ventanas y ventanillas. Mayor detalle del modelo térmico del programa se encuentra en Flores Larsen y Lesino (2001b; 2001c; 2002a; 2002b).

Para realizar la simulación del edificio en estudio se definen once locales, cincuenta paredes, 2 tabiques, 6 ventanas y nueve puertas. Se destaca que los techos y pisos de todos los locales son considerados como paredes, debido a su estructura masiva, mientras que el lucernario y el área de techo construida con ladrillos cerámicos se considera como tabique. Debido a que en el entorno del edificio existen obstáculos apreciables (cortinas de árboles), y construcciones cercanas una de las variables de ajuste de la simulación es el área de radiación, la segunda variable de importancia es la renovación de aire de cada uno de los locales.

Primer periodo simulado

La Figura 8 muestra los resultados de la temperatura ambiente interior simulada y experimental para la oficina [Ta.Of (S)], [Ta.Of (E)] y la del laboratorio de biología molecular [Ta. B.M. (S)], [Ta, B.M.(E)] y la temperatura ambiente exterior [Ta,ex]. Se observa un buen ajuste de las temperaturas medias y amplitudes térmicas simuladas y medidas, como así también el establecimiento de las horas en que se producen los máximos y mínimos de temperatura.

Al comparar los datos medidos y simulados del laboratorio de biología molecular se observa que ambas curvas se ajustan con una diferencia del orden de 1 °C, con una amplitud levemente inferior en la curva simulada durante la tarde y superior en los últimos días y un desfase temporal de una hora.

En las curvas de las temperaturas experimental y simulada de la oficina, se observa un buen ajuste durante todo el periodo, destacándose notablemente las horas de presencia del personal que para alcanzar el confort térmico, encienden una estufa a gas, ocasionando con este aporte de calor un desfase de hasta 10 °C.

En la figura 9, se muestran las temperaturas simulaciones y experimentales correspondientes a las cámaras de cría [Ta. C.C.(S)], [Ta. C.C.(E)] y siembra [Ta. C.S.(S)], [Ta. C.C.(E)] y la temperatura ambiente exterior. Recordando, que la temperatura ambiente en la cámara de cría es regulada entre los 19 y 23 °C observamos el desfase de lo simulado con lo obtenido experimentalmente de hasta 6 °C, esta temperatura es aportada por el aire acondicionado que funciona mientras se realiza trabajo en el local.

En el caso de la cámara de siembra el ajuste de ambas curvas es bueno con una diferencia de temperatura menor de 0,5 K, con excepción de los últimos días en que esta diferencia aumento a 1 K. También se observa en el aumento de la temperatura experimental en el cuarto y séptimo día debido al realizar trabajos con sistemas que aportan calor.

Segundo periodo simulado

En la figura 10 se muestra los resultados de la simulación y los datos experimentales de las temperaturas para la oficina [Ta,of(S)], [Ta,of(E)] y la del laboratorio de biología molecular [Ta, B.M.(S)], [Ta, B.M.(E)] y la temperatura ambiente exterior [Ta,ex]. Durante este periodo, la actividad del personal en el edificio fue reducida. En ellas se observan un buen ajuste de las temperaturas medidas experimentalmente y simuladas, como así también el establecimiento de las horas en que se producen los máximos y mínimos de temperatura. El desfase de ambas curvas es entre 0,5 y 1,5 °C para la temperatura y de una hora en el tiempo.

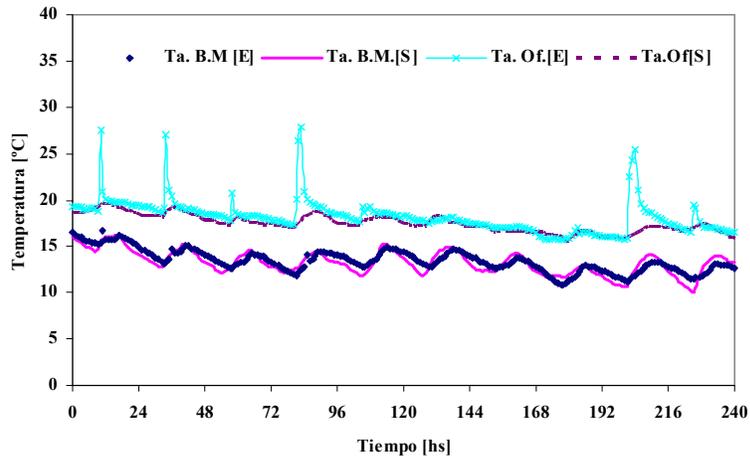


Fig. 8 Temperatura experimental y simulada de laboratorio de biología molecular y oficina

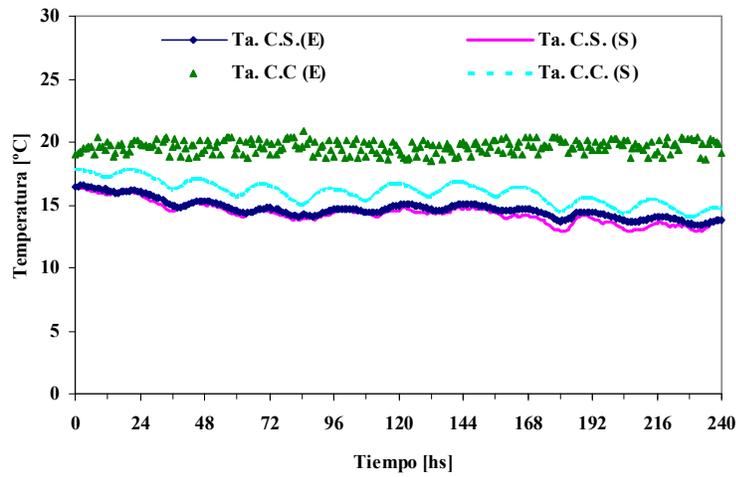


Fig. 9 Temperatura experimental y simulada de las cámaras de siembra y de cría

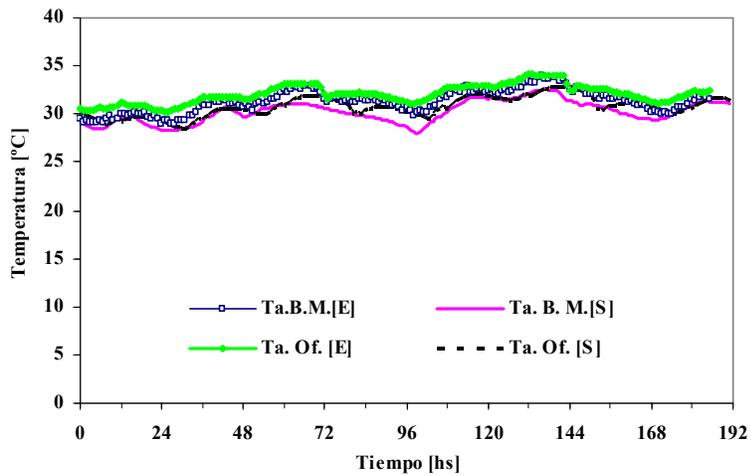


Fig. 10. Temperatura experimental y simulada del laboratorio de biología molecular y oficina

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el monitoreo higrotérmico del edificio propuesto como laboratorio de micropropagación agámica, se pueden extraer las conclusiones descriptas a continuación.

Cuando las condiciones climáticas externas de temperatura y humedad son rigurosas, días fríos (primer periodo) o calurosos (segundo periodo), el edificio requiere un aporte auxiliar de energía utilizando sistemas de enfriamiento o calentamiento, especialmente en los locales de biología molecular, medios de cultivos y oficina de recepción. Los resultados experimentales indican con mayor frecuencia el uso de sistemas de calefacción en los locales ubicados el sector sur (oficina de recepción, laboratorio de medios de cultivos, sala de lavados), en los días más fríos para alcanzar una temperatura óptima de confort. Mientras que en los días más calurosos, es necesario la apertura de ventanas y puertas del edificio además del funcionamiento de ventiladores.

El monitoreo del edificio en periodos de no ocupación por parte del personal técnico permitió analizar con mayor detalle su respuesta dinámica ante la apertura y cierre de puertas y ventanas, el uso de sistemas de calentamiento y enfriamiento y todos aquellos aparatos que ocasionalmente varían el medio ambiente.

El uso de SIMEDIF resultó apropiado para la simulación de los datos medidos, con diferencias de entre 0,5 y 1,5 °C entre medición y simulación en locales. Debido a la masa del edificio fue necesario realizar la simulación de su comportamiento térmico durante cinco días previos a fin de lograr el régimen estacionario bajo condiciones iniciales de temperatura medidas.

Como trabajo futuro se prevé realizar simulaciones completas del edificio, con la incorporación de nuevas estrategias de diseño, a fin de adecuarlo a los requerimientos bioclimáticos para producción agámicas de plantas, y brindar un apropiado confort y bienestar a las personas que trabajan en el laboratorio. La incorporación de sistemas de iluminación natural en el local de la cámara de cría posibilitará la disminución del consumo de energía eléctrica.

REFERENCIAS

- Hartmann H., Hudson L. y Kester D. (1972). Propagación de plantas. Principios y prácticas. Traducido por A. Ambrosio. México, Ed. Continental S. A.
- Hudson J. P. (1967) Control del medio ambiente de la Planta. Actas de la Universidad de Nottingham. Ediciones Omega Barcelona
- Flores Larsen S. y Lesino G., 2000, "SIMEDIF 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 4, 2, pp. 8.53-8.58.
- Flores Larsen S. y Lesino G., 2001a, "A new code for the hour-by-hour thermal behavior simulation of buildings". *Seventh International IBPSA Conference on Building Simulation*, pp. 75-82, ISBN 8590193942, Río de Janeiro, Brasil.
- Flores Larsen S. y Lesino G., 2001b, "Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios". *Revista Energías Renovables y Medio Ambiente* 9, pp.15-24, ISSN 0328-932X, Argentina.
- Flores Larsen S. y Lesino G., 2001c, "Incorporación de módulos de enfriamiento evaporativo e intercambiadores tierra-aire al programa SIMEDIF". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 5, pp. 08.31-08.36. ISSN N° 0329-5184, Argentina.
- Flores Larsen S. y Lesino G., 2002a, "Modelización de la transferencia de calor en edificios". Actas del 9° Congreso Latinoamericano de Transferencia de Calor y Materia LATCYM 2002, pp. 66, Puerto Rico. ISBN 0-9726071-0-2.
- Flores Larsen S. y Lesino G., 2002b, "Programa de diseño y simulación de edificios". Actas del XI Congreso Ibérico y VI Congreso IberoAmericano de Energía Solar, Portugal.
- García V., Iriarte A. Flores S. y Lesino G. MONITOREO HIGROTÉRMICO DE UN EDIFICIO ACONDICIONADO PARA PROPAGACION AGÁMICA DE PLANTAS *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 12, 2008.Pag. 2.29 – 2.35. ISSN 0329-5184. Argentina*

ABSTRACT

Hybrid and passive conditioning technologies are expected to be incorporated in the province of Catamarca to an agamic propagation premises adapted for high quality plant multiplication which can improve the light and thermal conditions to diminish the use of energy resources. The aim of this work is to analyse the light and thermal behavior of the building so as to adapt the design with bioclimatic strategies. Temperature, light and internal humidity were measured in different sectors of the building using automatic dataloggers during one year. Results are shown of the monitoring during two periods chosen from the most critical months in Winter and Summer, and of the thermal simulation using the SIMEDIF for Windows program.

Keywords: Audit, simulation, production agamic