

## EVALUACION HIGROTÉRMICA Y LUMÍNICA DE UN RECINTO DE PREPARACION DE MEDIOS DE CULTIVOS PARA PRODUCCION DE PLANTAS\*

V. García, A. Iriarte<sup>1</sup>, A. Pattíni<sup>1,3</sup>, L. Ferron<sup>3</sup>, A. Villalba<sup>3</sup>, S. Flores<sup>1,2</sup>, G. Lesino<sup>1,2</sup>

Grupo de Energías Renovables Catamarca, INENCO – CONICET  
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca  
M. Quiroga N° 93, 4700 – Catamarca, Argentina. [vogarcia958@hotmail.com](mailto:vogarcia958@hotmail.com)

## HYGROTHERMAL EVALUATION AND LIGHT OF AN ENCLOSURE MEDIA PREPARATION FOR CROP PRODUCTION PLANT

**Key words:** hygrothermal monitoring, natural lighting, agamic propagation.

In the province of Catamarca, Argentina, passive and hybrid conditioning technologies are intended to be added to an agamic propagation facility adapted for high quality plants multiplication, in order to improve the lighting and thermal conditions for reducing energy resources use. The objective of this study is to record the hygrothermal and lighting behaviour from data related to the modifications in the building used as culture media dosage so as to improve the design of bioclimatic strategies. The building temperature, internal humidity and lighting were measured with automatic dataloggers. Monitoring results during July this year are shown.

### RESUMEN

En la provincia de Catamarca, Argentina, 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 de este trabajo, es registrar el comportamiento higrotérmico y lumínico a partir de la toma de datos de las modificaciones realizadas en un sector del edificio, utilizado como sala de dosificación de medios de cultivo, con el propósito de mejorar su diseño con estrategias bioclimáticas. Se realizaron mediciones de temperatura, humedad interna e iluminación del local con dataloggers automáticos. Se muestran los resultados del monitoreo durante el mes de julio del presente año.

**Palabras claves:** Monitoreo higrotérmico, iluminación natural, producción agámica.

### INTRODUCCION

Los diseños y desarrollos de sistemas de acondicionamiento pasivo e híbridos, así como las herramientas para iluminación natural de viviendas o edificios de servicios, pueden ser utilizados en locales de interés agroindustrial destinados a la producción de plantas, para mejorar las condiciones lumínicas y térmicas, para disminuir considerablemente el empleo de los recursos energéticos y el impacto ambiental.

---

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

1 Investigador del CONICET

2 INENCO, UNSa. – CONICET

3 LAHV INCIHUSA, CONICET, Mendoza

La iluminación natural, provista por una fuente de energía renovable, constituye una alternativa válida para la iluminación de interiores y su aporte es valioso no solo en la relación a la cantidad sino también a la calidad de la iluminación (Pattini, 2000). Bien diseñada, puede cumplir con los requerimientos de iluminancia de un local interior donde se realicen tareas visuales de mediana complejidad, entre un 60 – 90% del total de horas de luz natural, lo que tiene un potencial de ahorro en energía eléctrica de hasta un 90% en edificios de uso diurnos.

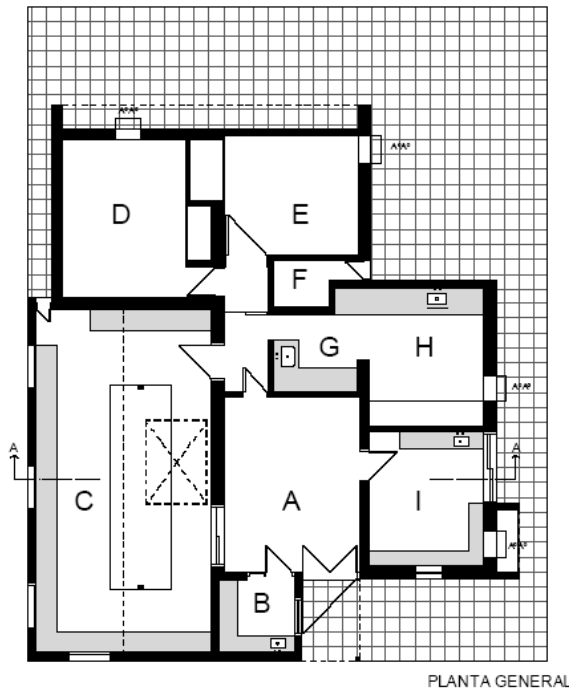
Otra ventaja, es que puede proporcionar niveles elevados de iluminancia en las horas diurnas para una considerable parte del año, obteniéndose iluminancia homogénea interior de alrededor de 1000 lux de iluminación natural. Además, la luz solar directa introduce menos calor por lumen que la mayoría de las fuentes de iluminación artificial. (Pattini, 2002).

También, la luz natural al hacer visible el entorno asegura una conexión con el ambiente exterior, las radiaciones externas, y las condiciones de cielo, efecto que en general es muy bien recibido por el usuario de la iluminación, favoreciendo sus necesidades biológicas y psicológicas de su ritmo natural. (Hansen et al., 2002)

En este trabajo se muestran las primeras mediciones del comportamiento higrotérmico y lumínico de un sector del edificio del local utilizado para la dosificación de medios de cultivos y para la propagación de plantas, con la incorporación de los nuevos sistemas de iluminación natural, cenital y estantes de control y redirección de la luz en las ventanas, para evaluar los niveles de iluminación en las zonas de trabajo. Se grafica además, la temperatura y la humedad en el interior de la sala con la incorporación de material aislante en el techo.

## **MATERIALES Y METODOS**

El edificio utilizado, de tipología compacta posee un área de 114 m<sup>2</sup>, se encuentra ubicado en la EEA – INTA - Sumalao sobre la Ruta Provincial N° 33 km 4 en el departamento Valle Viejo, Catamarca, (García et al., 2008 y García et al., 2009). Consta de 9 ambientes, los cuales se referencian en la (Figuras 1), según su uso se agrupan en dos áreas: 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).



### 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 1. Planta general del centro experimental.

### Descripción de la sala de dosificación de medios de cultivos

La sala de dosificación y medios de cultivo, en la que también se realizan los lavados y esterilización de frascos para ser utilizados en la propagación agámica, se encuentra en el área de micropropagación.

Este sector es el que posee la mayor iluminación, tiene tres ventanas unilaterales vidriadas sin celosía ubicadas en la fachada norte, (Figura 2), otra hacia el oeste y una puerta de emergencia, además en el techo se ha construido un ventiluz de 3.75 m<sup>2</sup>, que aporta un ingreso de luz adicional al local, Figura 3.

Estas aberturas (unilateral y cenital), carecen de elementos de control de la iluminación directa, permitiendo el acceso de radiación solar directa en distintas estaciones del año y horas del día. Esto genera riesgo de deslumbramiento (tanto fisiológico como psicológico) para los usuarios que deben desempeñar sus tareas visuales diurnas en las mesadas ubicadas unas contiguas a las ventanas laterales y otras bajo el lucernario. También está presente el discomfort térmico asociado a la radiación directa sin control estacional.



Fig. 2. Ventanas fachada Norte

Fig. 3. Foto del lucernario

En la Figura 4, se muestra el trazado de los rayos correspondientes a la altitud solar para las estaciones de verano ( $84^\circ$  color rojo) de primavera-otoño ( $62^\circ$  color verde) y de invierno ( $38^\circ$  color naranja). Puede observarse que la penetración de la radiación solar directa, produce deslumbramientos sobre el campo visual de los usuarios, en particular en aquellos que realizan sus tareas en las mesadas de trabajo ubicadas bajo las ventanas laterales en la estaciones de otoño, invierno y primavera. En verano reciben iluminación difusa ya que el alero evita el acceso de la directa sobre la mesada de trabajo, pero la visión al exterior puede ocasionar molestias visuales por los elevados contrastes de luminancia.

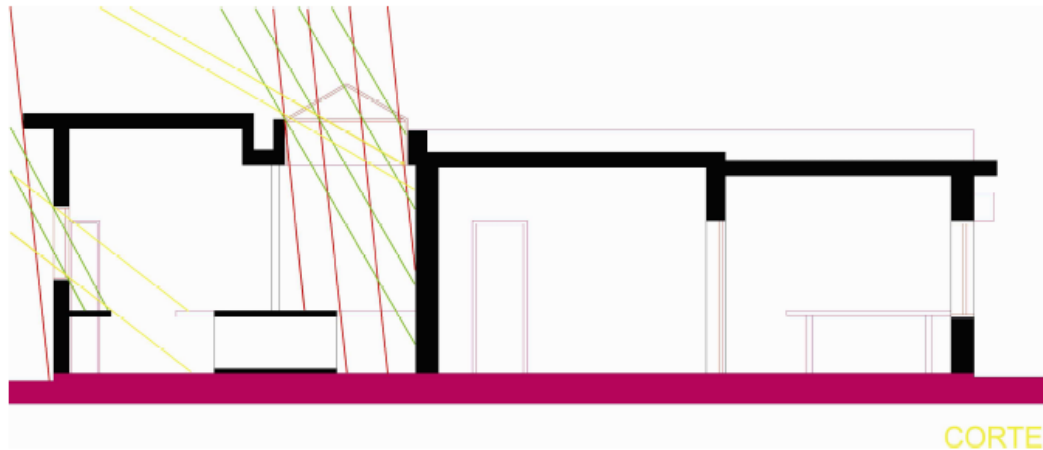


Fig. 4. Trazado de rayos para distintas estaciones

En cuanto al lucernario, vemos que provoca discomfort visual la falta de control de la iluminancia directa en el verano y estaciones intermedias, siendo menor el riesgo de incomodidad visual en invierno, ya que la mancha solar no se produce en el campo visual de los trabajadores

### Modificaciones realizadas

A los efectos de resolver los riesgos de discomfort visual de los usuarios de la sala de lavado y a su vez con el objetivo de mejorar las condiciones de aprovechamiento energético de la luz natural, se diseñaron dos estrategias específicas:

#### Ventanas laterales

Para el control de la luz directa proveniente del sol, que ingresa sobre las ventanas ubicadas en la fachada norte, se dimensionaron estantes de luz exteriores al vidrio, (Figura 5), que según el estudio del trazado de los rayos incidentes que se muestran en la Figura 6, bloquearán la radiación directa por redireccionamiento de los mismos hacia el cielorraso. Estos estantes colocados en las ventanas de la fachada norte, son metálicos de 0.20 m de ancho, y están pintados con esmalte sintético blanco brillante, Figura 7.



Fig. 5. Estantes de control y redirección de la luz del sol

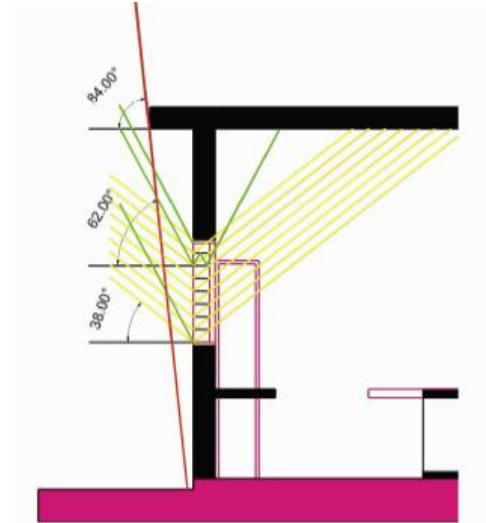


Fig. 6. Dibujo de rayos incidentes y redirección de la iluminación solar directa



Fig. 7. Ubicación de estantes en la ventanas fachada norte

### Lucernario

Para reemplazar el lucernario cenital se construyó sobre el techo de la sala de dosificación un block con aberturas vidriadas en sus laterales este – oeste y frontal norte. De esta manera si bien se limitó la cantidad de luz que ingresa se priorizó la orientación bioclimática óptima.

Como estrategia para el control de la radiación directa, en este caso, se eligió la difusión de la misma mediante una placa de policarbonato alveolar blanco translúcido. La figura 8, muestra detalles del conjunto diseñado y sus dimensiones, en la figura 9, se ve el estudio de los rayos de incidencia sobre el sistema cenital antes de su construcción y en la figura 10, se observa la construcción terminada.

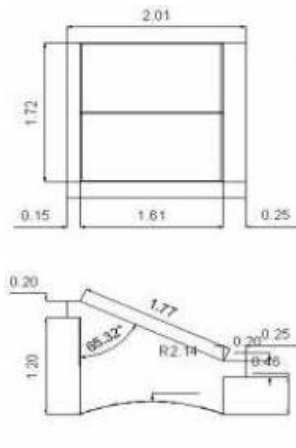


Fig. 8. Detalle del conjunto diseñado

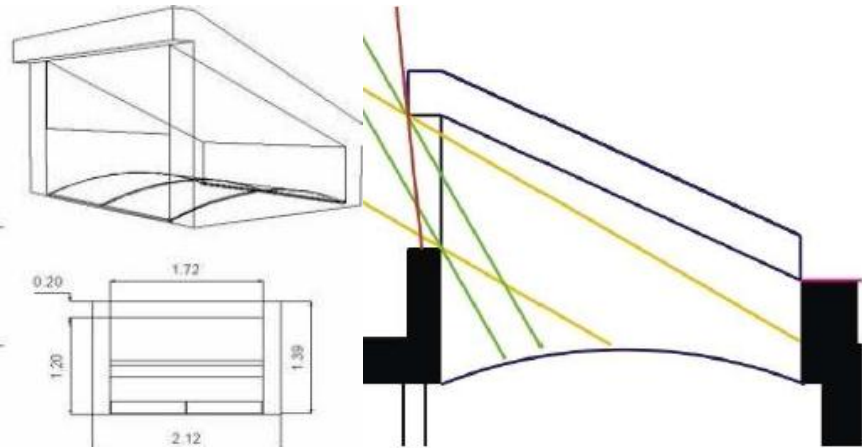


Fig. 9. Estudio de los rayos de incidencia sobre sistema cenital propuesto



Fig. 10. Lucernario terminado

Las dos estrategias de control de iluminación directa, se diseñaron en función de las necesidades de iluminación para los respectivos puestos de trabajo y condicionadas al acceso de la luz natural preexistente. Una de ellas corresponde a la redirección (estantes de luz) que se realizó sobre ventanas laterales para mejorar la distribución de niveles de iluminación hacia el interior, aumentando la componente reflejada del interior. La segunda estrategia es de difusión la luz solar directa, mediante el panel difusor de policarbonato translucido del lucernario. En la figura 11, se muestra el corte de las estrategias diseñadas con el trazado de los rayos de luz para las distintas estaciones.



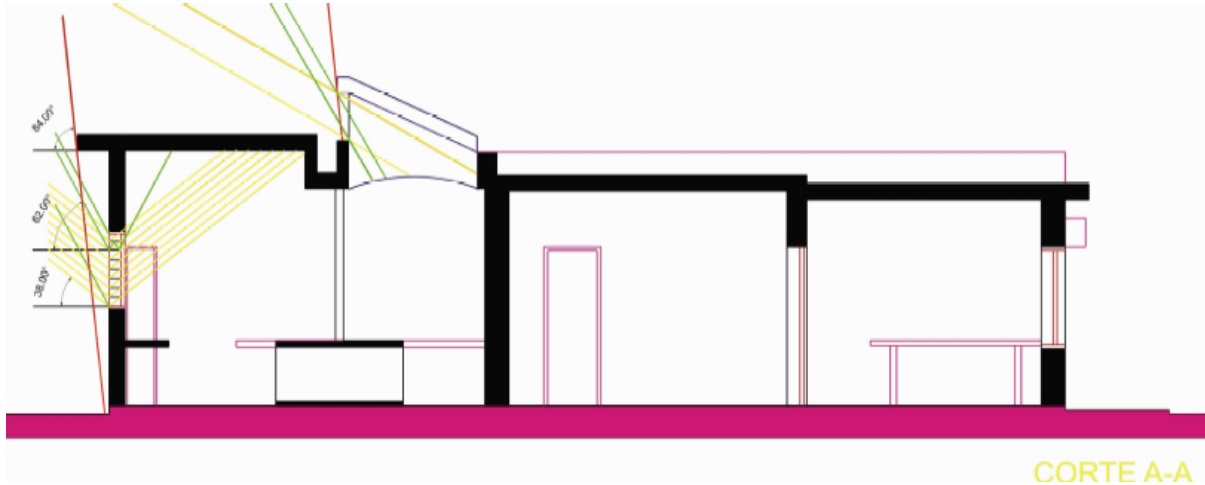


Figura 11: Corte del edificio con modificación e incorporación de sistemas de iluminación natural.

El monitoreo térmico y lumínico de la sala de dosificación se realizó durante el mes de julio del 2010, registrándose las mediciones cada 900 segundos. Se utilizó un sensor tipo HOBO U12 Temp/HR con medidor de iluminación incorporado, con rangos comprendidos entre  $-20$  y  $70$  °C y  $5\%$  y  $95\%$  de temperatura y humedad relativa respectivamente, colocado a  $1,00$  m del techo. Las medidas de iluminación sobre las mesadas se realizaron con un medidor marca LICOR.

El medidor LICOR, se colocó equidistantes en distintos lugares sobre las zonas de trabajo de las mesadas, que están ubicadas junto a la pared norte y en el centro del local, Figura 12. Estas mediciones fueron realizadas durante las horas en que se desarrollan las actividades en el laboratorio.



Fig. 12: Ubicación del medidor de iluminación en mesada central

Los datos del ambiente exterior son 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.

### **RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS**

Las modificaciones de realizadas el techo y en las ventanas de la sala de dosificación finalizaron los primeros días del mes de Julio. Con el sensor HOBO se midieron los valores de la iluminación una finalizada la construcción del sistema cenital sin el policarbonato durante tres días registrándose valores de hasta 2000 lux y luego con el difusor las medidas alcanzaron los 4000 lux. Figura 13.

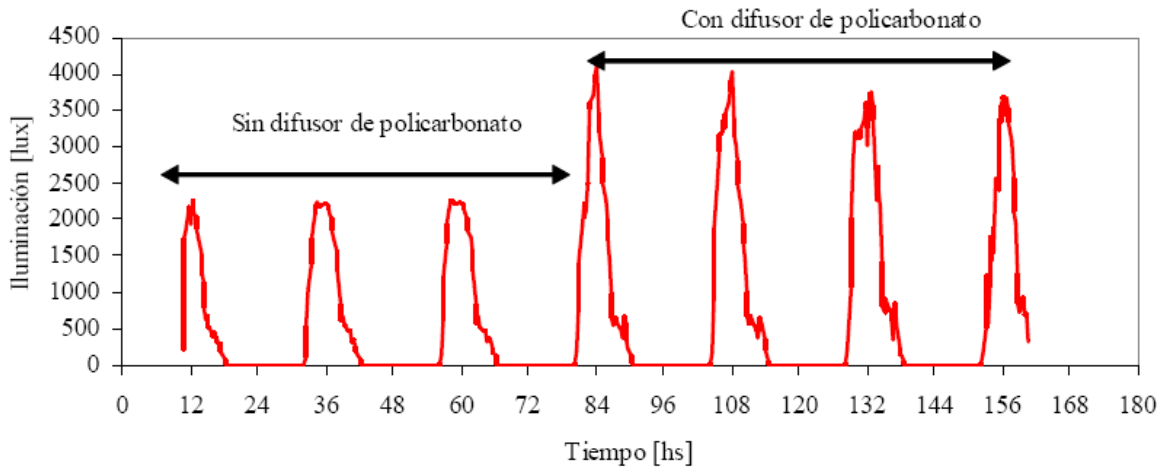


Fig. 13: Iluminación en la sala de dosificación

Los valores registrados con el medidor LICOR, en el interior y exterior para un día despejado en las mesadas de la sala de dosificación se muestran en la Tabla 1 para la ubicada en el centro, mientras que en la Tabla 2, se encuentran las medidas tomadas sobre la mesada que se encuentra junto a la pared norte.

También se realizaron mediciones de iluminación para un día nublado obteniéndose los valores que se muestran en las Tablas 3 y 4.

Hora	1	2	3	4	5	6	Exterior
9	397	412	432	316	516	568	2616
10	789	860	763	743	1070	934	3986
11	990	1113	950	903	1270	959	10746
12	1142	1100	1009	1060	1312	1054	18493
13	1303	1250	1024	1028	1300	1059	20600

Tabla 1: Iluminación en mesada central de sala de dosificación y exterior en lux.

Hora	1	2	3	Exterior
9	640	760	568	2616
10	787	941	730	3986
11	965	1038	830	10746
12	983	1069	955	18493
13	1042	1130	989	20493

Tabla 2: Iluminación en mesada norte de la sala de dosificación y exterior en lux.

Hora	1	2	3	4	5	6	Exterior
------	---	---	---	---	---	---	----------



9	19	28	17	25	33	17	468
10	49	50	53	53	76	28	766
11	71	86	87	87	129	48	1082
12	87	106	108	108	138	51	978
13	92	133	105	105	161	68	1016

Tabla 3: Iluminación en mesada central de sala de dosificación y exterior en lux

Hora	1	2	3	Exterior
9	32	33	27	468
10	41	46	36	766
11	81	90	70	1082
12	85	91	75	978
13	117	134	108	1016

Tabla 4.- Iluminación en mesada norte de la sala de dosificación y exterior en lux

De las mediciones realizadas, se observa que para días claros, los valores de iluminación que se alcanza en las mesadas, en horas de trabajo, cumplen satisfactoriamente con los requeridos por las norma IRAM-AADL J 2006 para la iluminación para superficies horizontales, comprendidas entre los 200 y 400 lux para tareas a realizar en este tipo de laboratorio, sin la necesidad de utilizar fuentes de iluminación eléctrica.

Mientras que la iluminación durante el día nublado, no alcanza lo niveles sugeridos con valores máximos de 134 lux al medio día, por lo que es necesario la utilización fuentes de energía artificial en el plano de trabajo.

En la figura 14, se muestra las variaciones de la temperatura ambiente exterior para días claros, entre los días 23 y 29 de julio del 2010, durante estos días se registraron los valores más bajo de temperatura de hasta  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , las temperatura máxima medida para este periodo experimental fue de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la amplitud térmica para el día más frio fue de  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con radiación sobre superficie horizontal de hasta  $550\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

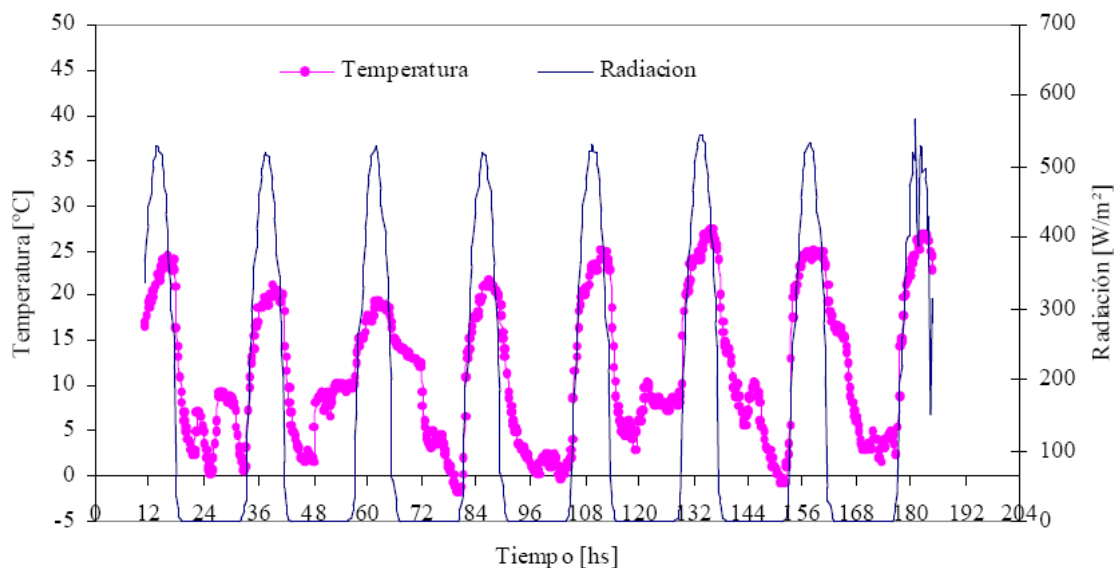


Fig. 14. Temperatura y radiación exterior.

En la figura 15, se muestran los valores medidos de temperatura y humedad relativa en el interior de la sala de dosificación. Se observa una temperatura mínima fue de 11 °C a las 6 a.m. en el tercer día, mientras que la máxima temperatura alcanzada fue de 15 °C a las 2 p.m, con una amplitud térmica de 4 °C. La humedad relativa en el interior de la sala estuvo comprendida entre el 35 y 48 %.

En las Figuras 16, y 17 se exponen las fotos del interior del local iluminado a través de las ventanas y del nuevo sistema cenital.

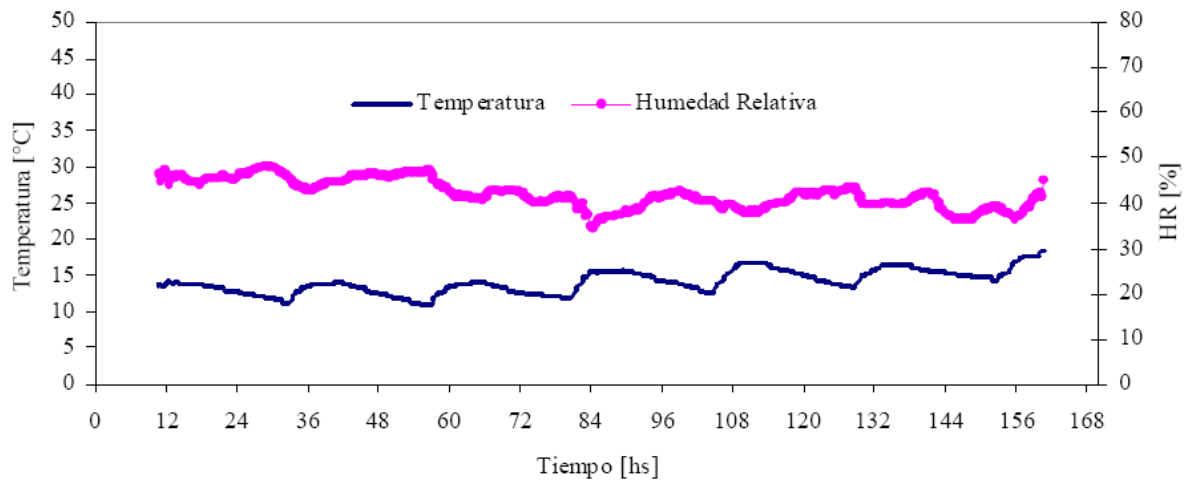


Fig. 15. Temperatura y humedad relativa en la sala de dosificación.



Fig. 16: Foto del interior de la sala con iluminación desde ventanas norte.



Fig. 17: Foto del interior de la sala con iluminación desde sistema cenital

## CONCLUSIONES

De acuerdo a las recomendaciones de las normas IRAM, los resultados obtenidos en las mediciones se desprende que las modificaciones realizadas en el sistema de iluminación natural fueron las correctas logrando reducir el riesgo de deslumbramiento sobre el campo visual de los usuarios, obteniéndose valores óptimos de iluminación en las mesadas en donde se realizan los trabajos para la producción de plantas

La incorporación de aislación en el techo y la disminución de entrada de radiación directa al local disminuyen la amplitud térmica.

Como trabajo futuro se prevé seguir buscando nuevas estrategias en el diseño bioambiental de las envolventes, incorporar nuevos sistemas de iluminación natural en la cámara de cría a fin de adecuarlo a los requerimientos bioclimáticos para producción agámica de plantas, para disminuir el consumo de energía eléctrica, y brindar un apropiado confort y bienestar a las personas que trabajan en el laboratorio.

## BIBLIOGRAFIA

DECRETO 351/79 – Reglamento de la Ley 19.587 de Higiene y seguridad en el trabajo: Anexo IV. Publicación B.O.: 22/5/79-Bs. As., 5/2/79

- [http://www.me.gov.ar/spu/guia\\_tematica/infraestructura\\_u/doc/Decreto\\_351.pdf](http://www.me.gov.ar/spu/guia_tematica/infraestructura_u/doc/Decreto_351.pdf)

García V., Iriarte A. Flores S. y Lesino G. (2008). Monitoreo higrotérmico de un edificio acondicionado para propagación agámica de plantas. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 12, Pag. 2.29 – 2.35. ISSN 0329-5184. Argentina

García V, Iriarte A., Flores S., Lesino G., Mendoza S. (2009) Auditoria y simulación térmica de un edificio para producción agámica de plantas Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13. Impreso en la Argentina. ISSN 0329- 5184

Hansen V., Pattini A., Esteves A.. (2002) Passive solar systems for heating, daylighting and ventilation for rooms withot an equator – facing façade. G. Journal: Renewable energy. ISSN: 0960-1481 Número: 26 Páginas: 91-111 Editorial: Pergamon - Elsevier Science Ltd. NY, USA.

Norma IRAM-AADL J (2002) Título: Iluminación natural en edificios. Condiciones generales y requisitos especiales.

Norma IRAM-AADL J (2006) Título Luminotecnia. Iluminación artificial de interiores. Niveles de iluminación.