

ACONDICIONAMIENTO BIOCLIMÁTICO Y LUMINICO DE UN CENTRO DE PROPAGACIÓN AGÁMICA DE PLANTAS EN INTA – CATAMARCA

V. García¹, A. Iriarte¹, S. Flores Larsen²

¹Grupo de Energías Renovables Catamarca, INENCO – CONICET
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca
M. Quiroga N° 93, 4700 – Catamarca, Argentina. victorgarcia958@gmail.com

²Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Universidad Nacional de Salta - CONICET, Avda Bolivia 5150, 4400 Salta, Argentina. E-mail: seflores@unsa.edu.ar

Recibido: 05-08-19; Aceptado: 04-11-19; Publicado en línea: 09-12-19.

RESUMEN.- Este trabajo describe el acondicionamiento bioclimático y lumínico de un edificio destinado a la producción agámica de plantas por cultivo invitro en la Estación Experimental del INTA Catamarca. Se realizaron monitoreos higrotérmicos, energéticos y lumínicos del edificio y simulaciones con el programa SIMEDIF desde el año 2008, para recomendar modificaciones con el objetivo de reducir los consumos energéticos y mejorar las condiciones edilicias. Con nuevas mediciones en aquellas zonas en que se realizaron remodelaciones, se verificó la reducción de las pérdidas de energías, disminuyendo el intercambio en el caso del techo en un 51%. Además, los cambios realizados en el techo y en las ventanas norte de la sala de lavados de frascos mejoraron el ingreso de luz natural. La incorporación de un sistema anidólico, y de nuevos estantes para micropogación, redujo el consumo de energía eléctrica y la temperatura en la sala de cría.

Palabras claves: acondicionamiento bioclimático, iluminación natural, propagación agámica

BIOCLIMATIC AND LIGHTING CONDITIONING OF AN AGAMIC PLANT PROPAGATION CENTER IN INTA- CATAMARCA

ABSTRACT.- The bioclimatic and lighting conditioning of a building intended for in vitro agamic plant production in the Experimental Station (INTA Catamarca) is described in this paper. Hygrothermic, energy and lighting monitoring of the building and simulations with SIMEDIF program since 2008 were carried out in order to suggest modifications so as to reduce energy consumption and to improve building conditions. With new measuring in the areas where remodeling was made, the reduction of energy loss was checked. In this way, an interchange in the roof was reduced in 51%. Besides, the changes in the roof and windows to the North of the jar washing room improved daylight entrance. The inclusion of an anidolic system and new micro propagation shelves reduced electric energy consumption and temperature in the breeding room.

Keywords: bioclimatic conditioning, daylight, agamic propagation.

1. INTRODUCCION

Según estudios realizados en los últimos años, los edificios son grandes consumidores de los recursos extraídos de la Tierra y por lo tanto, se plantea como una necesidad perentoria el uso de materiales y sistemas constructivos apropiados. La energía utilizada en edificios representa una importante proporción del total a nivel nacional, regional y local. Además, esta demanda energética depende fundamentalmente de su diseño y su resolución constructiva. La forma y orientación de los edificios, el tamaño, de las superficies vidriadas, los materiales y espesores de las capas aislantes tienen un fuerte impacto sobre el ambiente interior (Filippín, 2005). Este requerimiento energético ha aumentado considerablemente en los últimos años, y se ha enfatizado en la selección de materiales de acuerdo al análisis de su ciclo de vida, el cual incluye los costos internos y externos producidos durante la extracción, fabricación, uso y eliminación de los mismos.

Una manera de reducir el consumo energético de los edificios es a través del uso de tecnologías de acondicionamiento pasivo e híbrido. Estas tecnologías y estrategias no sólo pueden ser aplicados a edificios residenciales y comerciales, sino también pueden ser integrados en edificios de uso agroindustrial, en los que permiten mejorar las condiciones ambientales, como ser las lumínicas y las térmicas, disminuir el uso de recursos energéticos, el impacto ambiental y la dependencia de instalaciones de acondicionamiento artificial. El desarrollo y crecimiento de las plantas depende tanto de su constitución genética como del ambiente que la rodea. Este ambiente puede controlarse de varias formas, cada una de las cuales tiene sus ventajas e inconvenientes de acuerdo a los requerimientos energéticos de las especies a cultivar (Gilbert, Scott, F 2006).

En la provincia de Catamarca, se propuso incorporar estos conceptos a un local de propagación agámica denominado Centro de Propagación Agámica, (CEPA), adaptado para las multiplicaciones de plantas hortícolas, frutícolas y

autóctonas, de gran importancia para el desarrollo económico de la región. La construcción existente no respondía ambientalmente a los requerimientos necesarios para el funcionamiento como laboratorio, por lo que los usuarios terminaron introduciendo métodos artificiales de control ambiental, como medios de calefacción y aire acondicionado que funcionan con gas o con energía eléctrica, lo que eleva el consumo energético y genera una serie de inconvenientes por contaminación del ambiente.

En este trabajo se pretende, a partir de la evaluación del edificio utilizado como un laboratorio para la propagación agámica de plantas, determinar las posibles estrategias bioclimáticas con uso racional de energía, empleando desarrollos, sistemas y herramientas para el acondicionamiento higrotérmico y lumínico de viviendas o edificios de servicios, que pueden ser utilizados en el diseño de edificios de interés comercial y/o industrial, especialmente de clima cálido seco. Aun cuando la investigación se desarrolló en el Valle Central de la Provincia de Catamarca, se espera que los planteos presentados sean aplicables y transferidos a otras regiones con requerimientos y características ambientales similares.

2. CASO DE ESTUDIO

2.1. Descripción del edificio.

El edificio construido en la década del 50 como vivienda para los directores, se encuentra ubicado en el sector noroeste del campo experimental del Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA) en Sumalao – Valle Viejo Catamarca. En el año 2001, la Asociación Cooperadora del INTA. Catamarca y el Centro de Experimentación y Producción Agámica celebran un acuerdo para el uso del edificio como

laboratorio para la producción y comercialización de mini tubérculos de Papa c.v. *Espunta*, en invernáculo a partir de la producción invitro con plantas saneadas.

Posteriormente, se amplía el proyecto teniendo en cuenta un programa elaborado por técnicos del área de biotecnología y genética de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCa y el INTA, lo que requirió la ampliación del edificio, el que fue remodelándose de acuerdo a las necesidades de producción de especies libres de enfermedades, micropropagadas agámicamente por técnicas *in vitro*, para abastecer a los productores y/o semilleros que lo requirieran.

Finalmente, el edificio de tipología compacta tiene un área total de 111,4 m² y un volumen de 339 m³ (Figs. 1 y 2), sombreado por árboles durante la mayor parte del día. Consta de 9 espacios 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). Los detalles constructivos en general fueron descriptos en García et al. (2008, 2009).

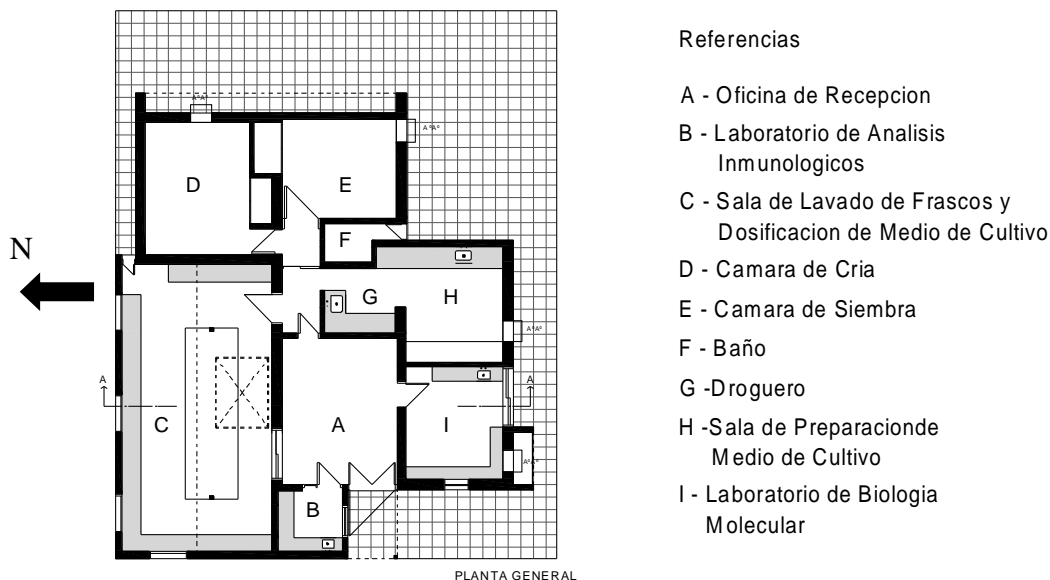


Fig. 1.- Esquema de la distribución de laboratorios dentro del CEPA

2.2.- Descripción constructiva del edificio.

Las paredes arrancan sobre cimientos construidos mediante el trabado de piedras. En la primera edificación (Muro 1), las envolventes son de ladrillo macizo de 0,30 m, las esquinas se realizaron formando las trabas entre ellos, sin columnas. Mientras que en la parte ampliada (B y C en el plano, Muro 2), fueron construidas con block de hormigón de 0,20 m y columnas de hormigón de 0,20 m x 0,20 m.

Presentan tres tipologías de acabados en la parte exterior: 1.- revoque con mortero y pintado de color amarillo, 2.- acabado de ladrillo visto natural y 3.- block sin revoque. Mientras en el interior se observan diferentes tipos de terminaciones de acuerdo al uso de las instalaciones, foto 3.3.- en los laboratorios se combinan paredes con revoques pintados de color blanco y azulejos de color blanco, otras paredes solo con revoque y pintada de color blanco, y ladrillos visto natural.

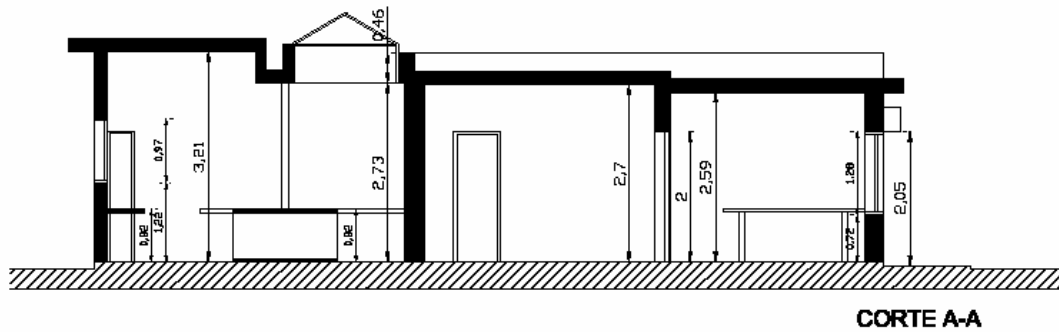


Fig. 2.- Corte del edificio.

Tres puertas metálicas comunicaban al exterior, en la entrada principal de doble hoja, en el baño y otra ubicada en la sala de lavado. En el interior las puertas son de dos tipos de materiales; de madera en las que conectan los locales A – I; el ingreso a los locales E y D y desde el pasillo a la oficina, mientras que la puertas restantes son metálicas

Todas las ventanas del edificio son de marcos metálicos en el caso de las colocadas en la última construcción tienen el vidrio sellado en cada estructura. Los locales A – C se comunican con una ventana corrediza. El local I tiene una ventana que se comunica con el exterior hacia el sur y una de menor tamaño hacia el oeste. En el local B tiene una ventana con celosía metálica en la pared sur. El local H posee un ventiluz.

El techo se diferencia tanto en su nivel como su forma constructiva, el más antiguo (Techo 1), está construido de

losa de hormigón, mientras que el otro de ladrillos cerámicos sujetos en viguetas, (Techo 2) foto 3.4.- ambos recubiertos con membrana aluminizada. El lucernario que se encuentra asentado en el techo del local C, tenía una forma piramidal con una estructura de hierro y placas de fibra de vidrio selladas en ellas, foto 3.5.- Además, en este local hay cuatro mesadas, una central, y las otras tres junto a las paredes, todas revestidas con azulejos de color blanco.

En el interior el cielorraso es de revoque más pintura de color blanco. Los pisos son de cerámicos asentados en una carpeta de cemento.

La ubicación geográfica y los datos climáticos característicos de la zona se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.- Datos climáticos área Catamarca (INTA)

LOCALIDAD	Sumalao Valle. Viejo	Temp. Media (°C)	12,8
PROVINCIA	Catamarca	Temp. máxima media (°C)	20,6
LATITUD	28,5 S	Temp. mínima media (°C)	6,4
LONGITUD	60,3 W	Temp. diseño invierno (°C)	1,9
ASNM	525 m	Grados días (base 18° C)	426
ZONA BIOAMBIENTAL	I Subzona Ia	Grados días (base 20° C)	694
		Grados días (base 22° C)	1000

2.3. Pérdidas térmicas del edificio en su estado inicial

El período seleccionado para calcular las pérdidas térmicas está comprendido entre el 9 y el 17 de enero de 2009. En la tabla 2 se muestran los valores mínimos, máximos, y promedio de temperatura, humedad relativa. Los valores de radiación estuvieron entre los 831 y 1100 W.m⁻².

Para el cálculo de las pérdidas de calor por transmisión; se consideró el calor que se pierde del interior del edificio; debido a la transmisión a través de los muros; los cerramientos (opacos y no opacos), el piso, y el techo y las pérdidas por infiltraciones de aire a través de carpinterías (NR= 1).

Tabla 2.- Temperaturas y humedades relativas entre 9 y 17 de enero 2009

Temperatura mínima [°C]	Temperatura máxima [°C]	Temperatura			
		Temperatura media [°C]	Amplitud térmica [°C]	H.R. mínima [%]	H.R. máxima [%]
14.8	44.4	28.3	30.5	14	99

Este estudio, nos permitió deducir que es importante retener la mayor cantidad de energía en forma de calor en el interior del edificio, y es válido para entender la importancia de contar con una cubierta que tenga un comportamiento apropiado a esos requerimientos. En relación directa con el diseño del edificio, el sector construido para la ampliación del edificio (sector C y D, muro 2 y techo 2), las paredes

norte con bloques de cemento es la de mayor superficie expuesta a la pérdida de calor por transmisión 212,22 W/m²°C. Esto lo podemos ver en la figura 3 analizando las pérdidas de calor de cada cerramiento, que esta nueva construcción realizada con block (muro 2), tiene un 34,60 %, de un total de 613,34 W/m²°C.

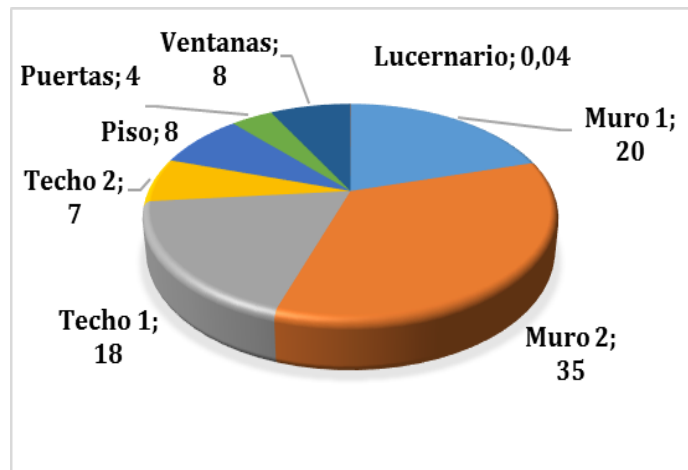


Fig. 3.- Pérdidas de calor de los cerramientos del edificio en por ciento.

Las pérdidas de calor volumétricas por infiltración y totales del edificio se muestran en las tablas 3 y 4. En la tabla 5, se muestra las pérdidas de calor volumétrico del edificio con un valor de 2,33 W/m³°C, mientras que el G admisible es de 1,7

W/m³°C. Dadas las características climáticas de la zona, con altas temperaturas en verano, es importante reducir las transferencias de calor en la envolvente para evitar sobrecalentamiento en los espacios interiores.

Tabla 3.- Pérdidas de calor volumétricas por infiltración

PÉRDIDAS VOLUMETRICAS POR INFILTRACION DE AIRE (0,35 x n)	N	Pérdida n W/m ³ °C
	1	0,35

Tabla 4.- Pérdidas totales.

Volumen del edificio	339 m ³
Pérdidas por transmisión + pérdidas por infiltración de aire	721,49 W/°C

Tabla 5. Cálculo de pérdidas de calor volumétrico por los cerramientos.

PERDIDA DE CALOR VOLUMÉTRICA POR LOS CERRAMIENTOS Y POR INFILTRACION		G = 2,33 Gad = 1,7
G= q/V G Admisible	W/m ³ °C	
	W/m ³ °C	

2.4. Análisis de condensación en muros y ventanas

Se examinó la influencia de la humedad del aire en las superficies de la envolvente del CEPA, en invierno, cuando la temperatura superficial o interior de las paredes y ventanas caen por debajo de la temperatura en el ambiente, con el riesgo de descender por debajo del punto de rocío.

Se comprobó utilizando las Normas IRAM 11625/10, que existe riesgo de condensación superficial para los dos locales que poseen mayor superficie vidriada: la sala de lavado de frascos y el laboratorio de biología molecular. Se calculó teniendo en cuenta la temperatura ambiente, humedades relativas y los coeficientes convectivos interior y exterior.

2.4.1. Condensación en superficies vidriadas

En la tabla 6 se detallan los datos utilizados para el cálculo de la temperatura superficial del vidrio.

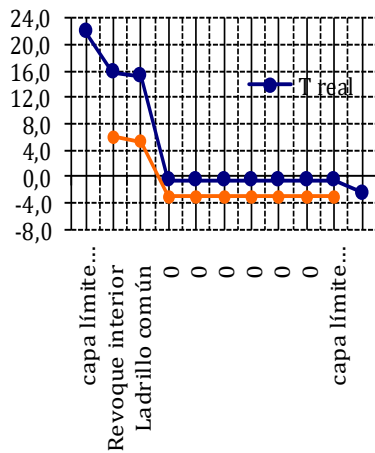
Tabla 6.- Temperatura superficial del vidrio y punto de rocío para sala de lavado de frascos y laboratorio de biología molecular

evidrio	kvidrio	hi	he	K	tint	ttext	Δt	Q	t _{sv}	t _r
Sala de lavado de frascos										
0,003	1,05	6	10	3,71	13,6	-2,4	-15,4	-57,14	3,48	8,6
Laboratorio de biología molecular										
0,003	1,05	6	10	3,71	11	-2,4	-13,4	-49,72	2,71	3,5

Se comprueba que en la sala de lavado de frascos la temperatura de la superficie del vidrio de la ventana se encuentra por debajo, 3,48 °C, que la temperatura de punto de rocío del ambiente del local, 8,6 °C, por lo que se observa condensación en el vidrio. Ocurre lo mismo en el vidrio de la ventana del laboratorio de biología molecular con una temperatura menor al que se calculó para la temperatura de rocío interior.

Esto hace que la carpintería de las ventanas, al ser metálicas sufran un proceso de oxidación, lo que requiere de un cuidado más continuo.

2.4.2. Condensación en mampostería



Se determinaron los riesgos de condensación de las paredes en contacto con el exterior de la cámara de cría y del laboratorio de biología molecular, para el día más frío de invierno (temperatura exterior de -2,4 °C y humedad relativa de 95,5%). Los resultados se muestran en las figuras 4 y 5.

En las paredes Norte y Este de la Cámara de cría, ambas con la misma estructura constructiva (bloque), se observa que no hubo condensación en ninguna de ellas para la temperatura interior prevista para este local de 22 °C y humedad relativa de 35 %. En el caso de las paredes Sur y Oeste del Laboratorio Biología Molecular, para temperatura ambiente interior del local de 11 °C y humedad relativa del 60 %, tampoco se detectó riesgo de condensación en ninguna de las paredes.

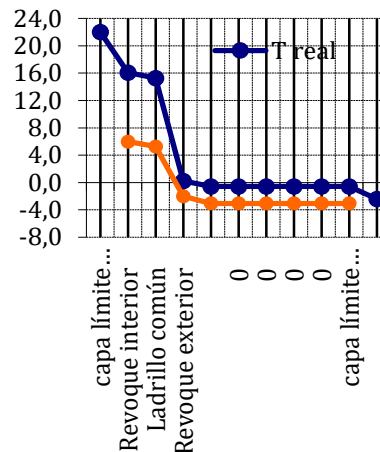


Fig. 4:- Comportamiento del riesgo de condensación de las Paredes Norte (izquierda) y Este (derecha) de la cámara de cría

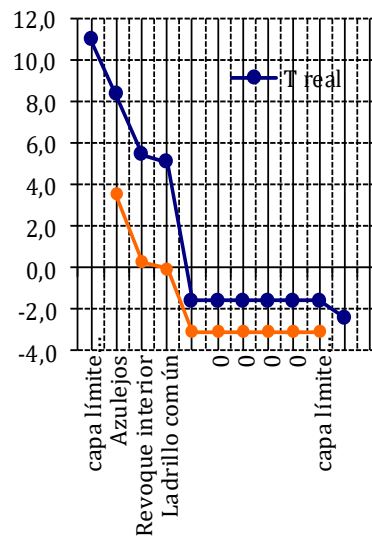
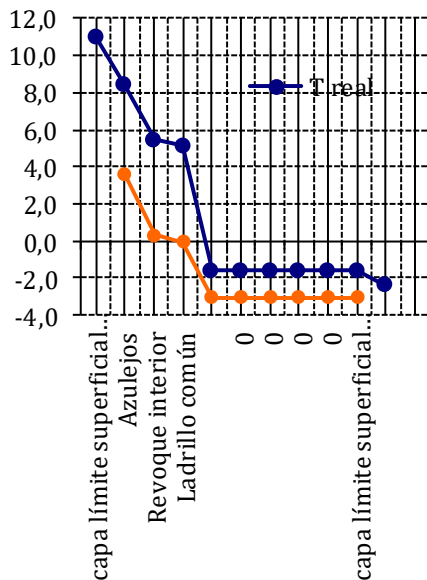


Fig. 5:- Comportamiento del riesgo de condensación de las paredes Sur (izquierda) y Oeste (derecha) del laboratorio de biología molecular

3. MODIFICACIONES REALIZADAS

Las modificaciones realizadas abarcaron dos aspectos: los aspectos térmicos y los lumínicos. Cada uno presenta

características particulares y métodos de estudio y simulación diferentes, por lo que se los describe a continuación por separado.

3.1. Modificaciones térmicas

3.1.1. Análisis por simulación de la incorporación de aislación térmica en techos y muros

Se plantean dos situaciones: la incorporación de aislación térmica en techos (poliestireno expandido de 0,25 kg/m³, de 0,05 m de espesor y conductividad térmica 0,033 W/m-K), y la incorporación de aislación térmica en techos y muros exteriores (0,05cm de aislación). Se estudia por simulación computacional el efecto de ambas incorporaciones. Las simulaciones fueron realizadas mediante el programa SIMEDIF. La validación del modelo se realizó contrastando las simulaciones con resultados experimentales obtenidos de monitoreos previos, los cuales fueron descriptos con detalle en García et al. (2008, 2009).

Las Figuras 6 y 7 muestran los resultados de las simulaciones para la Sala de lavado y el Laboratorio de microbiología en un día cálido, con temperaturas ambiente oscilando entre 21°C y casi 34°C. En la Sala de lavado se observa como el comportamiento de tres simulaciones: sin remodelación (T. S. de lav. [inicial]), con modificaciones en el techo ("con techo aislado"), y con modificaciones tanto en techo como en paredes norte y oeste ("con paredes aisladas"). Se observa que existe una diferencia de 0,5 °C de diferencia entre la situación inicial y la modificada, lo cual parecería indicar que la mejora no es demasiado sustancial. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este local tiene tres ventanas vidriadas orientadas hacia el Norte y otra hacia el oeste, de vidrio simple sin ningún tipo de protección, además de un lucernario en el techo.

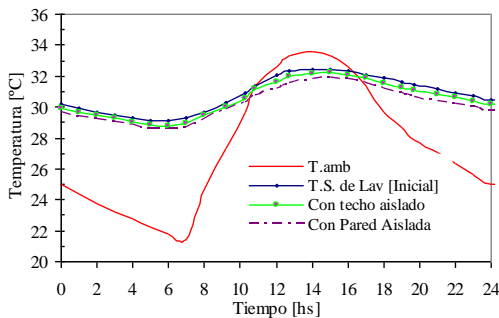


Fig. 6:- Temperaturas simuladas, y exterior de la Sala de Lavado

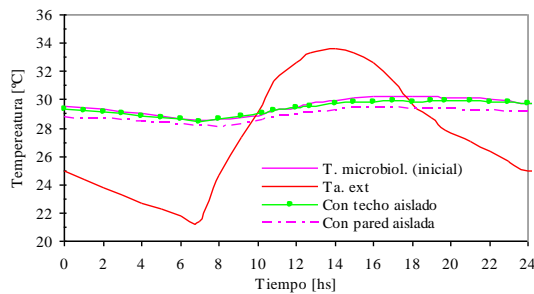


Fig. 7:- Temperaturas simuladas, exterior del Laboratorio de microbiología.

En la figura 7, se observa el comportamiento térmico del laboratorio de Microbiología, utilizado para realizar Análisis Inmunológicos. Este local fue el último en construirse. Tiene sus paredes expuestas al oeste y al sur. Se observa que existe una diferencia de entre 0,5 °C y 1,5 °C cuando se compara la situación inicial [T. microbiol. (inicial)] y las simulaciones con techo aislado y pared oeste aislada.

3.1.2. Propuesta de mejora e implementación en el edificio.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, en conjunto con el costo económico de las mejoras a implementar, se planteó como estrategia bioclimática recomendar la modificación del techo al que se agregaron, en toda su superficie, placas de poliestireno expandido de 0,25 kg/m³, de 0,05 m de espesor y conductividad térmica 0,033 W/m-K, protegido con una capa de mortero liviano (conductividad k = 0,89 W/m-K), baldosas cerámicas tipo bovedilla de 0.025 m de espesor (conductividad k = 0,76 W/m-K), como muestra la Figura 8.

En las fotos 1 y 2, se muestran las modificaciones realizadas.



Foto 1.- Construcción techo con aislación

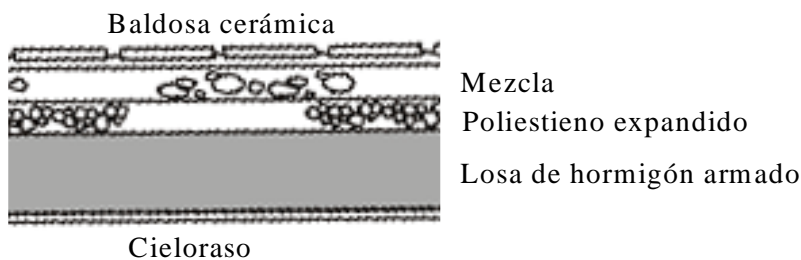


Fig. 8.- Techo modificado con inclusión de 5cm de aislación térmica.



Foto 2.- Terminación techo modificado

3.1.3. Modificaciones en la iluminación



Foto 3.- Ventanas de la sala de lavado orientadas hacia el Norte.

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:

3.1.4. Estantes en ventanas laterales



Fig. 9: Detalle de los estantes de control y redirección.

3.1.5. Lucernario

La segunda alternativa propuesta, fue reemplazar el lucernario, mediante el diseño de un colector solar con abertura lateral hacia el norte, limitando así la cantidad y

Teniendo en cuenta la ubicación, orientación y distribución de los laboratorios en el edificio se consideró apropiado realizar el estudio de modificación para la incorporación de sistema de iluminación natural en la sala de dosificación de medios de cultivos y en la cámara de cría.

La sala de dosificación tiene tres ventanas unilaterales vidriadas sin celosías ubicadas en la fachada norte, foto 3. Además en el techo existía un lucernario de 3.75 m², para aportar un mayor ingreso de luz al local, foto 4.

Todas estas aberturas, unilaterales y cenital, carecían de elementos de control de la iluminación directa, permitiendo en distintas estaciones del año y horas del día el acceso de radiación solar directa. Esto generaba riesgo de deslumbramiento, tanto fisiológico como psicológico, para los técnicos, además del malestar térmico debido a la radiación directa sin control estacional.



Foto 4.- Lucernario de la sala de lavado.

Para el control de la luz directa solar, ingresando sobre las ventanas ubicadas en la fachada norte, se construyeron siete estantes metálicos pintados de blanco sintético para cada ventana de 0,20 m de ancho, figura 9, amurados a la pared, foto 5.



Foto 5.- Ubicación de los estantes de luz en ventanas de la fachada norte.

priorizando la óptima orientación. Se realizó el estudio de los rayos solares que ingresarían al local obteniéndose el trazado que se muestra en la figura 10. La estrategia de control de la radiación directa, en este caso es la difusión

mediante una placa de policarbonato alveolar blanco traslúcido colocado en el interior del colector. En la foto 6, se muestra el sistema construido en el techo del edificio. Con esta modificación se logró reducir el riesgo de deslumbramiento sobre el campo visual de los usuarios.

3.2. Sistema de iluminación natural anidólico para la cámara de cría.

Los cultivos in vitro generalmente son incubados en salas de crecimiento o cría, en general, bajo condiciones de luz artificial a un régimen de luz y temperatura controlada. Las salas de cría son locales equipados con tubos fluorescentes con altos costos de consumo y mantenimiento. Su manejo puede frecuentemente ser interrumpido por cortes de

servicio eléctrico o por dificultades para reponer partes del servicio.

Ante esta situación se plantearon desarrollos tecnológicos tendientes a sustituir el consumo energético convencional se trabajó para construir un sistema de iluminación natural de tipo anidólico (Pattini et al., 2009) para reducir el consumo de electricidad dentro de la cámara de cría, y una estantería con nuevas bandejas y lámparas de bajo consumo.

Para realizar los primeros ensayos de un sistema anidólico a incorporar en la sala de cría del CEPA se utilizó un prototipo experimental ubicado en el predio de la Universidad Nacional de Catamarca, (28°45” Latitud Sur -65°78” Longitud Oeste).

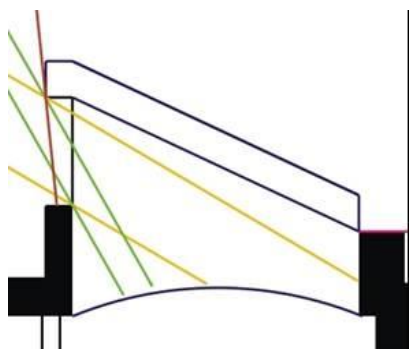


Fig- 10: Trazado de los rayos de incidencia sobre iluminación cenital propuesta



Foto 6.- Ingreso de radiación cenital norte..

Consiste en un local de 14 m², para los ensayos experimentales, se adaptó sobre el muro orientado al Norte, un sistema pasivo de iluminación natural de tipo anidólico, con una longitud de 4,00 m y una altura de 0,20 m que sobresale 0, 40 m fuera del plano de la fachada una vez

instalado, Foto 7. Las mediciones dentro de la sala experimental fueron tomadas variando las condiciones de iluminación utilizando un cielo raso suspendido como difusor, realizado con una placa de policarbonato alveolar de 8 mm de acabado transparente, Foto 8.



Foto 7.- Anidólico en el exterior de sala experimental



Foto 8.- Anidólico con difusor en interior de sala experimental

Los datos obtenidos se escribieron en la tabla 7, donde se muestran los resultados en lumens del aporte de luz natural del sistema al ambiente interior. A partir de estos resultados, y con el objetivo de evaluar cuál es el potencial de ahorro

energético generado, se calculó una instalación de tubos fluorescentes cuyo flujo lumínico sea equiparable los niveles de flujo aportados por el sistema anidólico.

Tabla 7.- Valores de flujo aportados por el sistema anidólico, expresados en lumens

Hora	Tipo de cielo Cubierto	Despejado
10	-	50751 lm
13	8269 lm	379473 lm

La comparación entre ambos sistemas permitió establecer una primera aproximación del ahorro en watts/hora factible de ser alcanzado. De esta manera, se determinó mediante catálogo que los tipos de tubos a utilizar, adecuados por su distribución espectral, poseen una eficiencia aproximada de 38,7 lm/W. (OSRAM, 2008).

En la tabla 8, se puede ver para cada flujo registrado la cantidad de tubos fluorescentes necesarios para lograr un flujo equivalente, el flujo entregado individualmente por cada fuente, y el consumo de la instalación en Wh.

Si bien el cálculo propuesto no contempla el consumo de los sistemas de balastos, necesarios para el funcionamiento de las fuentes fluorescentes, o el consumo eléctrico generado por posibles estrategias de refrigeración que permitan mantener el interior del recinto de la sala de Cría dentro del rango de temperaturas adecuado para el desarrollo de los tejidos vegetales, podemos ver claramente que, aún en las situaciones lumínicas exteriores más desfavorables como son las de los meses de invierno, la aplicación de un Sistema Pasivo de Iluminación Natural permitiría un ahorro estimado del consumo eléctrico destinado a iluminación de entre 213 Wh y 9781 Wh.

Tabla 8.- Consumos estimados para instalaciones de iluminación artificial con entrega de flujos equivalentes

Flujo	Fuente	Lumenes por unidad	Consumo unitario (W)	Cantidad necesaria	Consumo total (W/h)
8269	Fluora L58 W/77	2250	58	3,67	213
50751	Fluora L58 W/78	2250	58	22,5	1308
379473	Fluora L58 W/79	2250	58	168,65	9781

3.2.1. Estantes con luz para la cámara de cría

En general el cultivo *in vitro* se lleva a cabo en salas de cultivos, aisladas, con buena iluminación, fotoperiodo controlable y un buen sistema de control de temperatura, estanterías para la colocación de los frascos con un sistema de iluminación adecuado cuyos costos dependerán de la cantidad de estantes y de la cantidad y tipo de luminaria que se utilice.

La foto 9, muestra una estantería en la cámara de cría, con estantes de madera y tubos de luz fluorescentes lo que produce un gran consumo y el uso de una importante cantidad de arrancadores y balastos con su correspondiente cableado.

Se propuso un nuevo sistema de estantería para los frascos con una estructura de madera mientras que los estantes fueron reemplazados por vidrios de 3 mm de espesor colocándose en el medio de cada uno de ellos lámparas de FLUORA T8 OSRAM L 36 W/77, lámparas fluorescentes tubulares 26 mm, con casquillo G13. Foto 10. Estas lámparas, son utilizadas para el cultivos de plantas pues favorecen los procedimiento fotobiológicos siendo importante para su crecimiento, también se las puede utilizar en edificios públicos, oficinas, comercios etc. Son de bajo consumo con las que se logra un importante ahorro de mantenimiento tanto económico (se prescinde de los arrancadores y balastos y su correspondiente cableado) como en trabajo.



Foto 9.- Estanterías en la cámara cría de vidrio y madera.



Foto 10.- Estantería propuesta con lámparas FLUORA

4. CONCLUSIONES

Después de haber realizado las evaluaciones de las posibles estrategias bioclimática y utilizando desarrollos, sistemas y herramientas para el mejoramiento higrotérmico y lumínico, se llega a la conclusión de que es posible la remodelación del edificio utilizado como Centro de Propagación Agámica reduciendo el consumo energético de combustibles convencionales y apto para la obtención de plantas de alta calidad.

El uso de SIMEDIF permitió realizar un análisis del comportamiento térmico del edificio en su estado inicial, así como analizar las posibles alternativas de mejora y eficiencia energética. El buen ajuste entre datos medidos y simulados asegura que el modelo térmico obtenido es adecuado para evaluar la tipología y la estructura del edificio de acuerdo a las características climáticas del lugar y para otras estaciones del año. Las condiciones térmicas y lumínicas que se llegan a alcanzar en los espacios para el uso de los técnicos, evidencian que las alternativas utilizadas son válidas a considerarse en el diseño de edificios bioclimáticos mejorando el confort durante las horas de trabajo. A partir de la identificación y comprensión de los fenómenos que giran alrededor del desempeño energético de un edificio bioclimático, es posible proponer alternativas y detalles concretos que permitan transformar laboratorios de las características enunciadas más agradables y confortables, con consumo eficiente de energía.

NOMENCLATURA

e_{vidrio} : Espesor del vidrio [m]

k_{vidrio} : Conductividad del vidrio [W/K.m²]

h_i : Coeficiente convectivo interior [W/K.m²]

h_e : Coeficiente convectivo exterior [W/Km²]

K : Transmitancia máxima admisible [W/m²K]

t_{int} : Temperatura interior [°C]

t_{ext} : Temperatura exterior [°C]

t_{sv} : Temperatura superficial del vidrio [°C]

t_r : Temperatura punto de rocío [°C]

REFERENCIAS

- Filippín C. (2005). Uso eficiente de la energía en edificios. Ediciones Amerindia, Santa Rosa, La Pampa.
- 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, Sección 2, pp. 29 – 36. ISSN 0329-5184. Argentina.
- García, V; Iriarte, A.; Flores, S., Lesino, G. y Mendoza, S., (2009). Auditoría y Simulación Térmica de un Edificio para Producción Agámica de Plantas, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 13, Sección 2, pp. 19 – 25. ISSN 0329-5184. Argentina.
- Gilbert, Scott, F 2006. Biología del desarrollo. 7ª edición. Trad José Luis Ferrán. Editorial panamericana. Buenos Aires.
- Pattini, A.; Villalba, A.; García, V.; Ferrón, L.; Iriarte, A. y Lesino, G., (2009). Diseño de un Sistema de Iluminación Natural Anidólico para el Centro de Propagación Agámica INTA-Catamarca, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 13, Sección 5, pp. 121 – 126. ISSN 0329-5184. Argentina.