

## **AHORRO ENERGÉTICO EN ILUMINACIÓN DE SALAS DE CRÍA PARA LA PROPAGACIÓN AGÁMICA DE PLANTAS**

**Ferrón, Leandro** – lferron@mendoza-conicet-gob.ar<sup>1</sup>

**García, Víctor** – victorgarcia958@gmail.com<sup>2</sup>

**Pattini, Andrea** – apattini@mendoza-conicet-gob.ar<sup>1</sup>

**Iriarte, Adolfo** – iriarteadolfo@gmail.com<sup>2</sup>

**Villalba, Ayelen** – avillalba@mendoza-conicet-gob.ar<sup>1</sup>

**Lesino, Graciela** – lesino@gmail.com<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda – INCIHUSA CCT CONICET

<sup>2</sup>GERCa. - INENCO – CONICET- Fac. de Ciencias Agrarias, UNCatamarca

<sup>3</sup>INENCO – CONICET – UNSalta

**Resumen.** Se presentan los resultados lumínicos obtenidos a partir de la aplicación de un sistema de iluminación natural anidólico en una sala de propagación agámica de plantas. Se evaluaron, por una parte, la distribución de iluminancias dentro de la sala, para tres diferentes alturas y tres distintos momentos del día, y por otra parte, el aporte lumínico en flujo del sistema anidólico instalado. Finalmente, se calculó cuál es el posible ahorro energético que el sistema generaría a partir su uso para la complementación de iluminación artificial. Los resultados mostraron la utilización de un Sistema Anidólico en aplicaciones de producción agámica de plantas puede redundar en un importante ahorro de la energía eléctrica utilizada diariamente por los sistemas de iluminación artificial.

**Palabras clave:** Iluminación natural, Producción agámica de plantas, Ahorro energético

### **1. INTRODUCCIÓN**

La explotación económica de cultivos basada en la producción de plantas es una de las principales actividades industriales de algunas regiones de Argentina. Este tipo de producciones se realiza generalmente aplicando técnicas como la propagación por estacas, propagación por injertos o por acodamiento, o por micropropagación por cultivo de tejidos (propagación in vitro).

En los cultivos producidos industrialmente por medio de micropropagación agámica, los tejidos vegetales son incubados en salas de cría bajo condiciones de luz artificial cuyos regímenes de iluminación y temperatura son cuidadosamente controlados. Las instalaciones se proyectan en base al uso de tubos fluorescentes por tratarse de fuentes de luz fácilmente controlables, aunque con altos costos de consumo y mantenimiento, y quedando sujetas además a interrupciones por cortes de servicio o por demoras en la reposición de fuentes rotas o depreciadas. Por otra parte, la utilización de estas tecnologías implica para la Argentina profundizar un modelo económico con un fuerte componente de utilización de importaciones, ya que los materiales, conocimientos y recursos implementados poseen una dependencia económica directa de productos extranjeros (Govil and Gupta, 1997). En contraposición, trabajos realizados por Kodim (2011) exponen que el uso de Sistemas Iluminación Natural en edificios de uso agroindustrial permite obtener resultados óptimos de cantidad y calidad de luz, disminuyendo además el empleo de energía eléctrica para iluminación y el impacto ambiental asociada a la misma.

El uso de iluminación natural presenta claras ventajas frente a las instalaciones iluminación artificial, aún considerando las altas exigencias de cantidad y la calidad de luz que la técnica de micropropagación agámica requiere: en primer lugar no posee consumos energéticos por tratarse de una fuente de energía renovable, sin emisiones contaminantes asociadas, en segundo lugar, la composición del espectro lumínico entregado posee todos los componentes de la radiación fotosintéticamente activa (PAR), hecho que convierte a la iluminación natural en un recurso más eficiente en relación a los procesos de crecimiento de las plantas y, en tercer lugar, la introducción de calor al espacio es menor por cada lumen aportado lumen que la mayoría de las fuentes de iluminación eléctrica, lo que podría representar una disminución de la energía destinada al acondicionamiento térmico de la sala de cría.

Este trabajo contó con el financiamiento del proyecto PICTO 32140 UNCa - INTA, y expone los resultados lumínicos alcanzados mediante la aplicación de un Sistema Anidólico en un edificio utilizado para la propagación agámica de plantas. Se muestran los valores registrados durante la temporada otoñal para una sala de cría experimental construida por el GERCA, UNCa - CONICET, en la provincia de Catamarca. Con el fin de evaluar el posible ahorro energético derivado de la instalación del sistema experimental, se realizó un cálculo el consumo eléctrico requerido para equiparar los resultados de flujo lumínico aportados mediante el proyecto de una instalación de tubos fluorescentes.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Sala de Cría Experimental y Sistema Anidólico

La sala de cría sobre la que se realizaron las mediciones consiste en un recinto de 4m x 4m, con una única puerta de acceso ubicada sobre el muro sur, y cuyas superficies de muros y techo interiores poseen una reflectancia de 0.79%. Este prototipo experimental fue construido en la provincia de Catamarca, República Argentina, y está ubicado en los 28°45' Latitud Sur - 65°78' Longitud Oeste. Debido al hecho de que inicialmente la iluminación del recinto fue proyectada para ser aportada mediante de tubos fluorescentes, el mismo posee entradas de luz natural. Para la experimentación con luz natural, se propuso adaptar sobre la pared orientada al Ecuador un sistema anidólico, que redireccione y concentre los haces colectados hacia el espacio interior. Posee una longitud de 4 m y una altura de 0,20 m. En la Fig. 1, se puede ver el aspecto exterior del dispositivo, que sobresale 0,40 m fuera del plano de la fachada.



Figura 1- Izquierda, vista de la ubicación; Derecha, exterior de la fachada norte. Sobre la parte superior se ve el sistema anidólico; la ventana que se encuentra debajo fue clausurada.

El colector anidólico desarrollado es un sistema pasivo de iluminación natural construido sobre los principios de funcionamiento de un concentrador parabólico compuesto (CPC). Éste se fabricó mediante el uso de dos reflectores especulares simétricos parabólicos, enfrentados entre sí de modo que todos los rayos que penetran en el CPC son transmitidos luego, al interior por al menos una reflexión (Courret, Paule et al. 1996). La Fig. 2, se presenta un esquema de diseño y del corte de la instalación del Sistema en la Sala de Cría. También se representa sintéticamente el trazado de rayos para las alturas solares de invierno y verano.

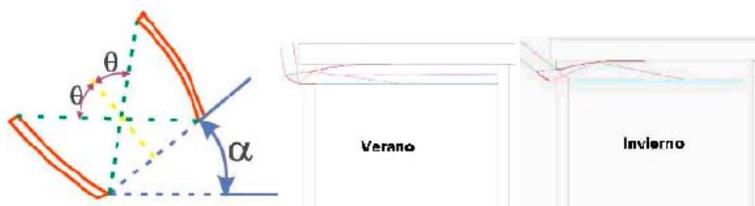


Figura 2- Izquierda, esquema del sistema anidólico utilizado; Derecha, trayectoria de rayos

### 2.2 Distribución de luz en el espacio

Para evaluar la distribución de la iluminación en el interior de la Sala se trazó una grilla de 28 puntos sobre los que se tomaron valores de iluminancia en tres alturas diferentes, correspondientes a las alturas aproximadas donde se ubicarían los recipientes esterilizados con material vegetal (1,88 m; 1,44 m; 0,425 m) lo que sumó un total de 84 por cada medición. Se utilizaron para los registros de iluminancia un radiómetro LI-COR 189 y un sensor fotométrico LI-210 SB con base niveladora 2003S (Fig. 3). Los datos se tomaron durante los días 19 y 20 de Marzo y 4 de Abril de 2012, a las 10 am, 13:20 pm y 16 pm aproximadamente. Las condiciones lumínicas de cielo durante las evaluaciones fueron de cielo despejado (CIE, 2003). Como control se tomaron los valores de iluminancia exterior al comienzo y a la finalización de cada medición, verificando una fluctuación máxima de  $E_h$  de +/- 5%.



Figura 3- Equipamiento; Columna con alturas pre-fijadas y sensor fotométrico LI-210 SB.

### 2.3 Flujo de iluminación natural

Se midió el flujo lumínico aportado por el Sistema Anidólico a través de la técnica TIP-HDRI, presentada en 2009 por investigadores de la universidad de Monfont, UK y el MIT, USA (Mardaljevic, et. al., 2009). Esta técnica se basa en la extracción de la información de luminancias contenidas en imágenes de alto rango dinámico (HDR). Mediante la captura de imágenes con una cámara digital (en este caso, una Cannon A570IS) con sensor de semiconductores de óxido de metal (CMOS por su siglas en ingles), es posible determinar el flujo luminoso emitido por dispositivos de grandes áreas, como pueden ser ventanas o lumiductos. Para su aplicación, fue necesario conocer el valor del coeficiente de transmisión de luminancia en el espectro visible de un material difuso (q), en este caso, una lámina de papel blanco, de 80 gr, que fue colocada en el área de emisión del sistema anidólico. Se tomaron diferentes series de fotografías del papel, con una apertura de diafragma f4 y velocidad de obturación variable, desde 1/2000 s hasta 1/5 s (Fig. 4). Finalmente, para obtener los valores de luminancias de cada pixel de la imagen, se compusieron imágenes HDR a través de la herramienta on line WebHDR (<http://www.jaloxa.eu/webhdr/>)



Figura 4- Izquierda, modelo de cámara utilizado; Derecha, muestra de fotografías tomadas con diferentes velocidades de obturación.

Los resultados obtenidos luego del procesamiento de los datos de luminancias de las imágenes fueron operados mediante la Ec. 1.

$$F = E \times A = q^{-1}(L_w - L_r) \times A \quad (1)$$

Donde q-1 es el coeficiente de transmisión de luminancia en el espectro visible de un material difuso (sr-1), Lw y Lr son el promedio de luminancia registrado a través del papel y el promedio de la luminancia reflejada por el papel hacia el sensor de la cámara respectivamente (Cd/m<sup>2</sup>) y A es el área de emisión del dispositivo evaluado (m<sup>2</sup>).

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Fotometría del espacio

Las mediciones dentro de la Sala de Cría fueron tomadas durante la estación de otoño, los meses de Marzo y Abril de 2012. La Fig. 5 muestra la condición lumínica general del espacio evaluado.



Figura 5- Situación interior con y sin cielo raso difusor (izquierda y derecha).

Los resultados lumínicos obtenidos en el interior de la Sala de Cría pueden verse en las series de Figs. 6, 7 y 8. En cada uno de ellos se muestran los registros en lux para las tres alturas de medición 1,88 m, 1,44 m y 0,425 m.

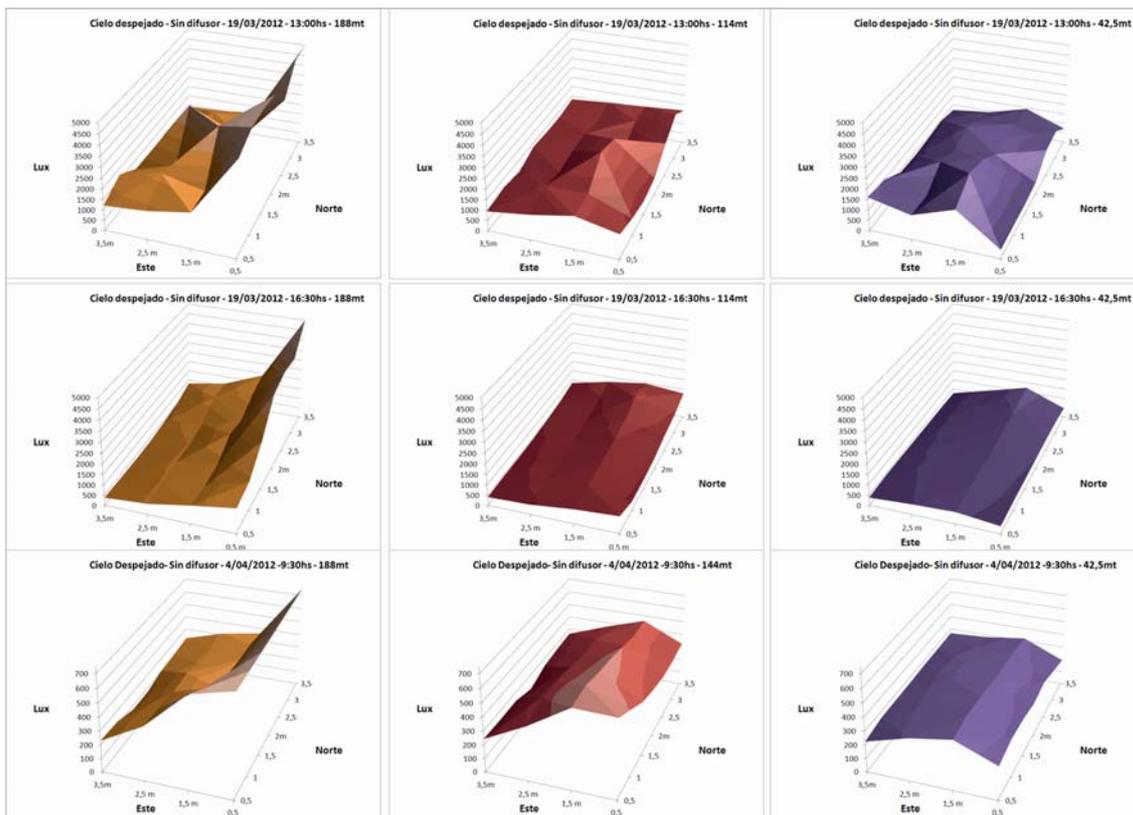


Figura 6- Distribución de iluminancias, cielo despejado sin difusor, 1,88 m, 1,44 m y 0,42 m; fila superior 13 hs, fila central 16:30 hs, fila inferior 9:30 hs.

En la Fig. 6 presenta la situación lumínica en el interior de la Sala de Cría para mediciones realizadas los días 19 de Marzo y 4 de Abril, con cielo despejado sin la utilización de cielorraso difusor, con iluminancias globales exteriores ( $E_{h_{ext}}$ ) en el orden de 105830 lux en horas del mediodía solar y 74165 lux en horas de la tarde (16 hs). Los valores de las iluminancias medidas en el interior del recinto alcanzaron en el horario de mayor altitud solar un promedio de 1814 lux, con un valor mínimo registrado de 427 lux y máximo de 9302 lux. La uniformidad de la distribución lumínica fue de  $U = 0,19$ . En términos de eficiencia, el nivel de iluminancia media alcanzado representa un 1,72% de la iluminancia global exterior. Durante el horario de tarde los niveles interiores alcanzados promediaron los 902 lux, con una uniformidad  $U = 0,22$ ; esto es, un porcentaje promedio de aprovechamiento respecto de la iluminancia global de 1,21%. Por otra parte, por razones de clima luminoso exterior, los registros de iluminancias del horario matutino con cielo despejado debieron ser tomados el día 4 de Abril, constatando que los niveles interiores alcanzados tuvieron una media de 432 lux, con una uniformidad  $U = 0,15$ ; representando un porcentaje promedio de aprovechamiento respecto de la iluminancia global exterior de 1,03%. A partir de la observación del comportamiento de las superficies de datos de los gráficos, se determinó que, probablemente debido a la orientación hacia el ecuador del sistema anidólico, en todas las series de datos los niveles de iluminación registrados durante las horas de la mañana y de la tarde podían ser considerados simétricos.

En la Fig. 7 se pueden ver los valores de iluminancia interior obtenidos durante la medición bajo condiciones de cielo cubierto, sin cielorraso difusor, para el día 20 de marzo de 2012. La  $E_{h_{ext}}$  media fue de 14792 lux, 35570 lux y 15763 lux para las 9:30 hs, 14 hs y 17 hs respectivamente. Durante el medio día solar el promedio de iluminancia registrado en el interior del recinto fue de  $E_{h_{med}} = 505$  lux, con un valor mínimo registrado de 144 lux y un máximo de 2230 lux. La uniformidad de la distribución de intensidades fue de  $U = 0,25$ . La eficiencia promedio del sistema anidólico bajo estas condiciones de cielo fue de 1,35%. En cuanto a los valores registrados en horas de la mañana y la tarde, los niveles medios de iluminancia alcanzados fueron de  $E_{med} = 147$  lux y 182 lux respectivamente, con mínimos de 45 lux y 52 lux, y máximos de 480 lux y 616 lux para cada horario. La uniformidad  $U$  fue de 0,3 durante la mañana y de 0,29 en la tarde. El aprovechamiento de la iluminancia global tomando como parámetro el promedio de iluminancias registrado fue de 1,07%.

Finalmente, la Fig. 8 expone la situación lumínica en el interior de la Sala de Cría durante las mediciones realizadas con cielo despejado con el agregado de un cielorraso difusor. Las iluminancias globales exteriores registradas estuvieron en rango promedio de 96845 lux en horas del mediodía solar a los 14192 lux en horas de la mañana (9 am). Los valores interiores de iluminancia alcanzaron en el horario de mayor altitud solar un promedio de 1659 lux, con un valor mínimo registrado de 232 lux y máximo de 9270 lux. La uniformidad lumínica resultante fue de  $U = 0,18$ . La eficiencia en función del nivel de iluminancia medio alcanzado fue de un 1,71% de la iluminancia global exterior. Durante el horario de tarde los niveles interiores alcanzados promediaron los 377 lux, con una uniformidad  $U = 0,16$ ; esto es, un porcentaje promedio de aprovechamiento de la iluminancia global de 0,91%. Los registros de iluminancias

del horario matutino tuvieron una media de 250 lux, con una uniformidad  $U = 0,20$  y una eficiencia porcentual promedio de 1,69%.

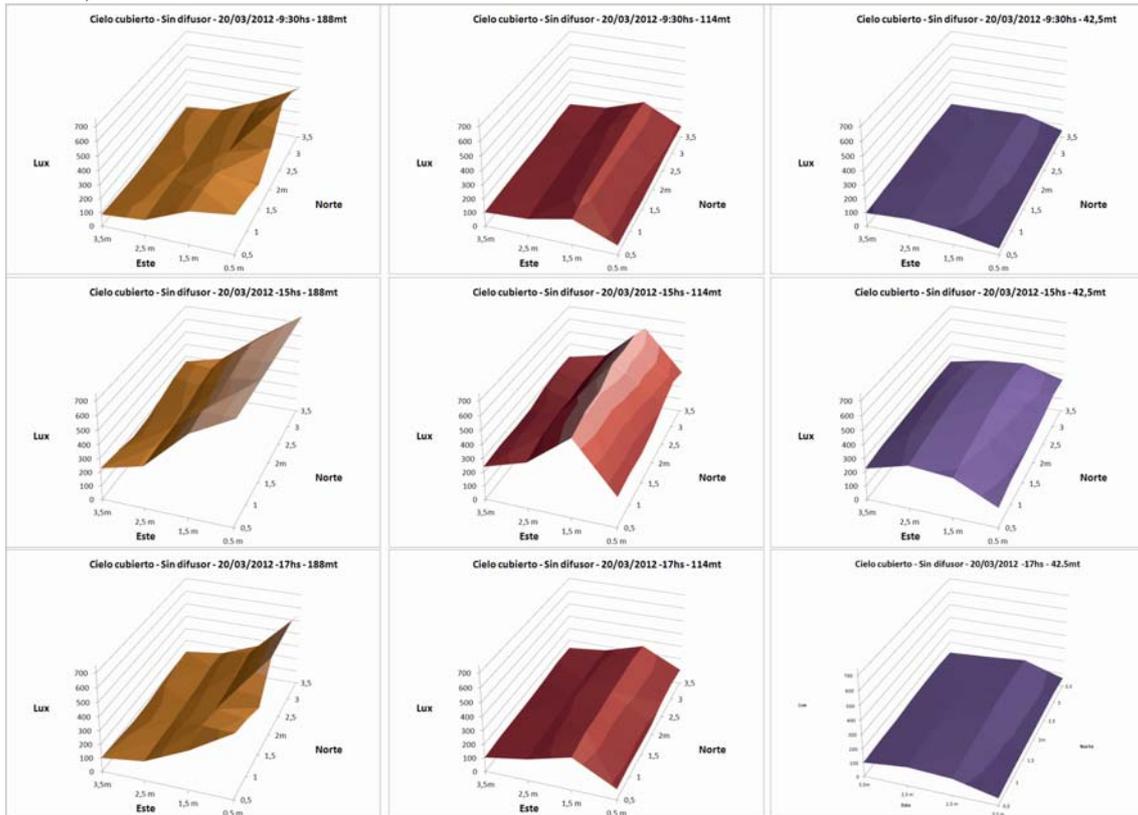


Figura 7- Distribución de iluminancias, cielo cubierto sin difusor, 1,88 m, 1,44 m y 0,42 m; fila superior 9:30 hs, fila central 15 hs, fila inferior 17 hs.

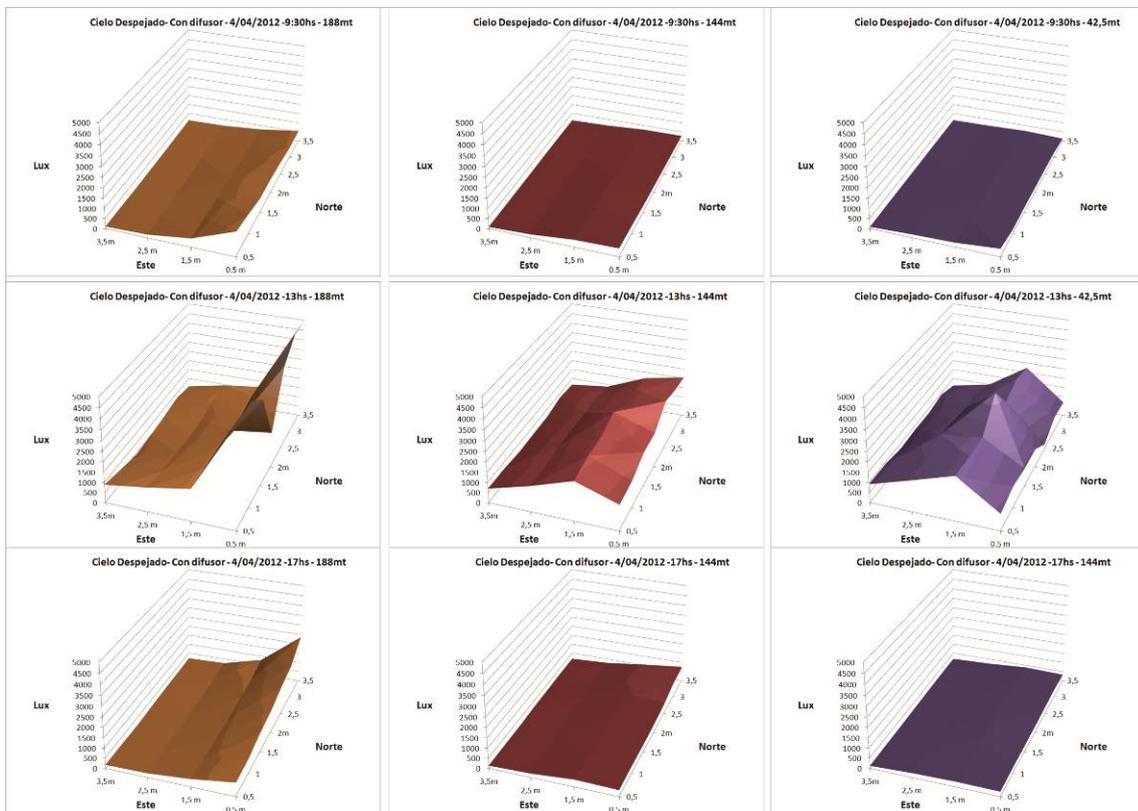


Figura 8- Distribución de iluminancias, cielo despejado con difusor, 1,88 m y 0,42 m; fila superior 9:30 hs, fila central 13 hs, fila inferior 17 hs.

A partir de la utilización del cielorraso difusor y de observación empírica de una iluminación ambiental interior evidentemente más uniforme respecto de la situación sin difusor, se decidió analizar la distribución de iluminancias para cada altura de medición de manera independiente, esto es, evaluar de forma aislada los valores de uniformidad obtenidos en los planos de 1,88 m; 1,44 m y 0,425 m. De los valores resultantes (compilados en la Tab. 1) se desprende que el comportamiento en la uniformidad adquiere independencia respecto de las condiciones lumínicas exteriores. Sin embargo, esta uniformidad se presenta estratificada en dos zonas claramente diferenciables: Una zona superior, donde las iluminancias muestran un registro irregular; y una zona media/inferior, donde la distribución lumínica se torna altamente uniforme.

Tabla 1. Valores de uniformidad obtenidos en los planos de 1,88 m; 1,44 m y 0,425 m, para situaciones de cielo despejado con y sin difusor y cielo cubierto sin difusor.

Altura del plano	Despejado S/D	Cubierto S/D	Despejado C/D
U promedio 1,88	0,26	0,36	0,24
U promedio 1,44	0,59	0,56	0,52
U promedio 0,425	0,57	0,72	0,51

La situación percibida en cuanto a la falta de uniformidad en el plano de 1,88 m se hace evidente tras la observación de la primera columna situada a la izquierda en las Figs. 6, 7 y 8, en donde la superficie de datos muestra una marcada elevación de sus valores sobre el muro donde está instalado el sistema anidólico, y cuya zona de emisión se encuentra espacialmente ubicada muy cercana a la zona de ubicación de los sensores de iluminancia.

### 3.2 Flujo Lumínico

Utilizando de la técnica TIP-HDRI se evaluó el flujo lumínico aportado al recinto por el Sistema Anidólico. Se tomó registro de cuatro situaciones lumínicas: el flujo entregado por el sistema a las 9:30 hs y las 13 hs tanto con cielo despejado como con cielo cubierto, en todos los casos durante el mes de Marzo.

Los datos obtenidos para las mediciones con cielo despejados fueron flujos de 135862 lumen y 596276 lumen para las horas de la mañana y el mediodía solar respectivamente.

En el caso de cielos cubiertos, los valores registrados fueron de 12717 lm a las 9:30 am y de 19732 lm a las 13 hs.

Con el objetivo de evaluar cuál sería el potencial ahorro energético que podría generar la utilización de sistemas de iluminación natural para la complementar la iluminación artificial en salas de propagación agámica de plantas, se calculó una instalación de tubos fluorescentes de flujo lumínico equivalente a los niveles de flujo aportados por el dispositivo anidólico. Se seleccionaron las fuentes artificiales más adecuadas según características fotométricas específicas tales como lúmenes emitidos, consumo en Watt y distribución espectral. Se realizó el cálculo para el uso de lámparas tipo "Fluora", comercializadas por la empresa OSRAM, con una eficiencia aproximada de 38,7 lm/W según catálogo. (OSRAM, 2008)

Tabla 2. Consumos estimados en Watt para instalaciones de iluminación artificial con entrega de flujos equivalentes.

Cielo	Hora	Flujo Anidólico	Fuente	Lúmenes por unidad	Consumo unitario (W/h)	Cantidad necesaria	Consumo de la instalación (W/h)
Despejado	09:30	135862	Fluora L58 W/77	2250	58	60	3502
	13:00	596276	Fluora L58 W/77	2250	58	265	15371
Cubierto	10:00	12717	Fluora L58 W/77	2250	58	6	328
	13:00	19732	Fluora L58 W/77	2250	58	9	509

La Tab. 2, muestra en sus columnas el tipo de cielo al que corresponden los datos de flujo, la especificación de la fuente utilizada para el cálculo, los lúmenes entregados por cada lámpara y su consumo en Watt-h, la cantidad de tubos fluorescentes necesarios para lograr un flujo de iluminación artificial equivalente al aportado por el sistema anidólico y el consumo de la instalación en Watt-h.

Puede verse que aún en las situaciones lumínicas exteriores más desfavorables como son las de cielos cubiertos, la aplicación del Sistema Pasivo de Iluminación Natural permitiría un ahorro estimado del consumo eléctrico destinado a iluminación de entre 328 Watt-h y 509 Watt-h.

Por otra parte, en condiciones de cielo claro, los flujos aportados por el dispositivo anidólico representarían un potencial ahorro de energía de entre 3502 Watt-h a 15371 Watt-h

El cálculo propuesto no contempla el consumo de los sistemas de balastos, también 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 adecuadas para el

desarrollo de los tejidos vegetales. Sin embargo, los resultados obtenidos indican que sería posible complementar la iluminación artificial con el aporte del sistema anidólico durante aproximadamente el 50% de su uso durante las horas del día.

Si establecemos que para un óptimo crecimiento algunas especies vegetales requieren de un régimen de iluminación de entre 6 hs y 12 hs diarias, y asumiendo que las condiciones de heliofanía por estación alcanzan un 50% de días despejados y 50% de días cubiertos, podemos predecir que durante el trimestre otoñal sería factible alcanzar un promedio de ahorro de consumo eléctrico destinado a iluminación de 221737 Watt para la sala de cría ensayada.

#### 4. CONCLUSIONES

Se relevaron los niveles de iluminancia horizontal entregados por un Sistema Anidólico para tres diferentes alturas dentro de una Sala de Cría para la propagación agámica de plantas. Para la época otoñal, durante los meses de Marzo/Abril, el funcionamiento óptimo del colector fue alcanzado durante las horas cercanas al mediodía solar de jornadas con condiciones de cielo despejado, sin la utilización de cielorraso difusor, llegando a niveles iluminación promedio de 1814 lux, que representa una eficiencia de 1,72% aproximadamente.

Por otro lado, para el caso de mediciones realizadas con cielorraso difusor de policarbonato alveolar, este valor se mantuvo cercano al orden del 1,71%, pero descendió a 0,91% del total de la iluminancia global exterior durante las horas de la tarde, cayendo el promedio de iluminancias en el interior del recinto a los 1659 lux. Esto representa un 9% menos de eficiencia respecto de la situación sin difusor, por lo que podemos decir que el diseño del sistema de iluminación de la sala de cría alcanza un rendimiento óptimo bajo la incidencia de luz solar directa y sin difusión de haces al interior del recinto.

La distribución de iluminancias mostró altos índices de uniformidad, superiores a 0,4, para los valores registrados hasta el plano de 1,44 m de altura. Sin embargo, para los datos medidos sobre los 1,88 m de altura, este índice bajó hasta 0,25 aproximadamente, a causa de los altos niveles de iluminancia relevados en la zona cercana a la superficie de emisión del sistema anidólico. Este resultado sugiere que sería posible optimizar la distribución de iluminancias del plano superior del espacio, mediante alguna estrategia que redirija los haces inmediatamente cercanos al sistema anidólico.

En cuanto al flujo lumínico aportado por el Sistema, se corroboró analíticamente que las instalaciones de iluminación artificial necesarias para producir los niveles de flujos equivalentes a los aportados por el dispositivo anidólico, generarían consumos eléctricos en el orden de los 328 Watt-h hasta los 15371 Watt-h. Si bien debemos considerar que la composición espectral de la luz fluorescente no es la más eficiente para el crecimiento vegetal, la comparación entre ambos sistemas permitió establecer una primera aproximación del ahorro en Watt/hora factible de ser alcanzado gracias a la complementación de la iluminación artificial con luz natural. Para el trimestre comprendido dentro de la estación otoñal, se calcula que este ahorro podría ser de 221,7 KWatt aproximadamente.

Los resultados obtenidos muestran que el diseño e instalación de sistemas pasivos de iluminación natural, proyectados para su uso en salas de producción vegetal por propagación agámica, puede redundar en un importante ahorro de la electricidad utilizada durante horas del día por los sistemas de iluminación artificial. El estudio de la eficiencia de los sistemas anidólicos durante el resto de las estaciones del año, el aporte y correlación de los datos de iluminancias relevados con datos regionales de heliofanía, así como también el estudio del aporte calórico de los sistemas al interior de las salas y la viabilidad de automatizar el aporte conjunto de sistemas de iluminación natural y artificial son líneas para la prosecución del trabajo realizado.

#### REFERENCIAS

- CIE (2003) Spatial Distribution of Daylight, CIE Standard General Sky, ISO 15469:2004 (E) / CIE S 011/E: 2003.
- Cárter, D., 2002. The measured and predicted performance of passive solar light pipe systems. *Lighting Research and Technol.*,
- Evans JM, Fernandez Xifra M.V., 2002 Sistemas innovativos para el direccionamiento de luz natural. Películas holográficas y lumiductos *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 6, N° 2, 2002. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184, pp. 09.01 – 09.06
- Ferrón, L.; Pattini, A. y Lara, M., 2005 Disponibilidad comercial de sistemas de transporte de luz natural, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*; Lugar: Salta; Año: 2005 vol. 9 pp. 18 - 21.
- Govil, S. and Gupta, S.C., 1997, Commercialization of plant tissue culture in India, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 51(1): 65-73. 25.
- Institut für Licht und Bautechnik FH Köln, 2000 Systematic zu Tageslicht systemen Fachhochschule Köln, Colonia.,
- Kodym, a. H., s. Zapata-arias, f. (2001). Cost reduction in the micro propagation of banana by using tubular skylights as source for natural lighting. In *In Vitro Cellular & Developmental Biology. Plant* Vol. 37, No. 2 (Mar. - Apr., 2001), pp. 237-242
- Mardaljevic, J., Painter, B., Andersen, M. (2009) Transmission illumination cepoxy HDR imaging: A new technique to quantify luminous flux *Lighting Research and Technology*, 41 (1) pp. 27-49
- Pattini, Andrea; García, Víctor; Iriarte, Adolfo; Ferrón, Leandro; Villalba, Ayelén; Flores Larsen, Silvana; Lesino, Graciela Evaluación de la iluminación natural, temperatura humedad en una sala de preparación para producción

agâmica de plantas IV Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES\_CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII- SPES)

### **LIGHTING ENERGY SAVING FOR PLANTS AGAMIC PROPAGATION ROOMS**

**Abstract.** *This work shows the lighting results obtained thanks the application of an Anidilic Daylighting System in a room for agamic propagation of plants. Was evaluated on the one hand, the characteristics of illuminance distribution into the room for three different heights and different hours, and on the other hand, the luminous flux contribution of the system to the room. Finally, we calculated the electric energy savings generated by the system. The results showed that the use of daylighting systems applied on agamic plant production can result in significant savings in electricity used daily by artificial lighting.*

**Key words:** *Daylighting, Agamic plants production, Energy save*