

## CAMARA DE CULTIVO PARA ENSAYO DE MATERIALES DE CUBIERTA DE INVERNADEROS

H. Bárcena, P. Robredo, M. Quiroga, R. Echazú  
INENCO<sup>1</sup>  
Universidad Nacional de Salta  
Buenos Aires 177 - 4400 Salta, Argentina  
FAX 54-387-4255489, e-mail : [quirogam@ciunsa.edu.ar](mailto:quirogam@ciunsa.edu.ar)

### RESUMEN

Se presentan el diseño y las primeras mediciones realizadas en una cámara de cultivo destinada a evaluar distintos materiales empleados como cubierta de invernaderos y a realizar experiencias de cultivo simulando diferentes condiciones de iluminación y de temperatura. Para lograr un equipo de bajo costo, la cámara se construyó reciclando un antiguo gabinete de heladera. Para la iluminación artificial se emplean tubos fluorescentes y lámparas convencionales y como filtros, para las primeras evaluaciones, se ensayaron láminas de celofán coloreadas. En los primeros ensayos realizados, se midieron la distribución de iluminación en el recinto de cultivo, la intensidad y la composición espectral de la luz, con y sin materiales filtrantes coloreados, analizándose la conveniencia de la utilización de estos materiales y se realizó un cultivo de prueba de lechuga para evaluar el comportamiento del equipo.

### INTRODUCCION

Las principales variables ambientales que inciden en el crecimiento y desarrollo de las plantas son temperatura ambiente, temperatura de raíces, humedad, cantidad y calidad de luz, (irradiancia, composición espectral ) y concentración ambiente de CO<sub>2</sub>.

La importancia de la luz en las plantas no se limita solo a la captación de energía a través de fotosíntesis. Estas poseen mecanismos diversos mediante los que detectan las variaciones cualitativas, de intensidad, dirección y períodos de luz. Barceló Coll *et al.* (1993) produciendo respuestas adaptativas.

La luz controla el desarrollo y crecimiento de las plantas a través de los procesos de:

- fotosíntesis, cuya tasa de conversión de energía luminosa en energía química está determinada fundamentalmente por la intensidad de radiación en el espectro visible (400 – 700 nm).
- fotorrespiración, que se produce en algunas especies vegetales y que constituye una vía de degradación de materia orgánica y una pérdida de energía para la planta. La fotorrespiración se produce solamente en presencia de luz y su tasa depende, entre otros factores, de la intensidad luminosa.
- procesos fotomorfogénicos ( floración, dormición, desarrollo vegetativo etc) dependen de:
  - la duración relativa de los períodos de luz y de oscuridad (fotoperíodos).
  - la composición espectral de la luz, que es percibida, entre otros, por el sistema del Fitocromo que puede presentarse en dos formas activas conocidas como Pr y Pfr. Estas formas activas cambian de una a otra, según reciban luz roja con máximo de absorción en 660 nm (Pr) o rojo lejano con máximo de absorción en 730 nm (Pfr). Cada forma desencadena respuestas fisiológicas diferentes, dependiendo de la relación entre luz roja y roja lejano. Murakami *et al.* (1996)

La temperatura tiene a su vez una relevante influencia en todos los procesos fisiológicos.

Cada especie vegetal presenta requerimientos característicos de temperatura para cumplir adecuadamente su ciclo. Estos requerimientos están caracterizados por un valor óptimo y límites máximos y mínimos, deteniéndose los procesos fisiológicos cuando las temperaturas se encuentran fuera de esos límites. No sólo importa el valor absoluto de la temperatura sino las relaciones entre la temperatura diurna y nocturna y entre las de raíz y follaje. Por otro lado, una gran cantidad de especies, sobre todo frutales y florales, responden a sumas de horas de frío o calor (con temperaturas superiores o inferiores a un valor determinado, característico para cada especie) desencadenando diferentes procesos fisiológicos como la floración.

La humedad del ambiente debe mantenerse dentro de un determinado rango de valores para el funcionamiento óptimo de las plantas. Su influencia se verifica fundamentalmente sobre los mecanismos de apertura y cierre de estomas, que determinan a su vez las tasas de transpiración y de fotosíntesis.

---

<sup>1</sup> INSTITUTO UNSa – CONICET

Los niveles de CO<sub>2</sub> tienen influencia sobre la tasa fotosintética, ya que su concentración afecta directamente la actividad de las enzimas responsables de la captación y conversión del mismo en materia orgánica.

Todos los factores mencionados se encuentran en constante interrelación y se hace dificultoso estudiar el efecto de cada uno de ellos aisladamente. Para su estudio es valioso contar con elementos que permitan medir o controlar de manera independiente cada una de las variables. Para ello, en diversos lugares del mundo, se emplean dispositivos especiales llamados fitotrones, o cámaras de ambiente controlado, que permiten controlar varios factores ambientales en forma simultánea y donde puede ser analizado el cambio de un factor aisladamente, de una manera que no es posible en campo o en invernadero.

En un invernadero con luz natural es dificultoso el control del nivel de radiación y como el fotoperíodo depende de la estación (y la latitud), tiene una limitada posibilidad de control. En una cámara de cultivo el uso de luz artificial permite, además de fijar el fotoperíodo, establecer la composición espectral, usando distintos tipos de lámparas o filtros.

Para el estudio ambiental de los invernaderos, en el marco de experiencias que se vienen realizando en INENCO, resulta valioso poder analizar separadamente los efectos de luz, temperatura y nutrición. Para ello se ha diseñado y construido una cámara de cultivo, a modo de un modesto fitotrón. En las secciones siguientes se detalla el trabajo realizado hasta la fecha.

### CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

Se utilizó como gabinete para el equipo un mueble de madera de una antigua heladera comercial, de 0.6 m<sup>3</sup>, con aislación térmica de lana de vidrio y con un frente de vidrio de aproximadamente 3 mm de espesor. La figura 1 muestra esquemáticamente el diseño del aparato.

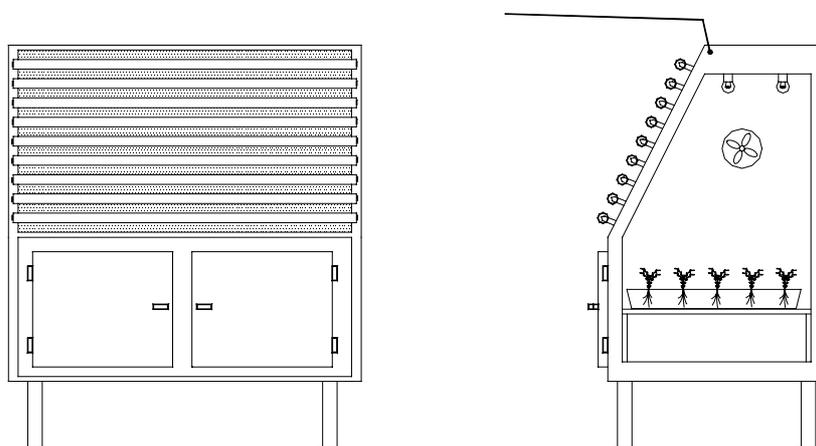


Figura 1 Esquema del aparato

Para el control de la temperatura en niveles superiores a los del laboratorio, se instaló un sistema termostático, constituido por una resistencia eléctrica de 300 W y circulación forzada de aire con un ventilador sincrónico de 35 W. El encendido de la resistencia conjuntamente con el ventilador está controlado por un circuito a termistor. En una segunda etapa, para el uso del equipo en verano, se instalará un sistema de enfriamiento convencional, con ciclo de freón, de capacidad menor al original de la heladera.

Para la iluminación, se instalaron en el interior del recinto, en la parte superior, dos lámparas incandescentes de 25 W y por el lado externo, 9 tubos fluorescentes de 40 W que iluminan las plantas a través del vidrio. Cabe aclarar que la función fundamental de las lámparas incandescentes no es la iluminación, sino la contribución en la radiación para longitudes de onda cercanas al rojo, ya que los tubos fluorescentes contribuyen muy poco en este rango, necesario para las plantas. Por lo limitado del espacio interior se ubicaron los tubos fluorescentes por fuera y para compensar la absorción en el vidrio se agregó un reflector rebatible de chapa de aluminio de alta reflexión, por detrás de los tubos.

Las distintas intensidades de luz en la cámara se logran variando la cantidad de lámparas. La variación en la composición espectral se obtiene mediante el uso de materiales comerciales de cubierta para invernaderos y otros materiales coloreados, que actúan a modo de filtros. Los diferentes fotoperíodos se logran mediante llaves interruptoras.

La cámara se empleará principalmente para evaluar efectos biológicos de diferentes materiales de cubierta para invernaderos, particularmente aquéllos que producen variaciones en la calidad de luz. Las experiencias incluirán especies hortícolas y florales de usual cultivo bajo invernadero en la zona.

Además se realizarán experiencias variando la intensidad, la composición espectral de luz, (con particular énfasis en la proporción de rojo/rojo lejano) y la duración relativa de los períodos de luz y de oscuridad (fotoperíodo), con el fin de encontrar las condiciones adecuadas para cada especie en ensayo.

## RESULTADOS DE LOS PRIMEROS ENSAYOS

Se midió la distribución de luz dentro de la cámara, tomando medidas de intensidad de radiación en 7 puntos del plano a 0.30 m del piso del equipo, que es la altura normal de ubicación de las plantas, para comparar las variaciones porcentuales en intensidad de radiación respecto al punto central, obteniéndose entre los puntos una diferencia del 10 %.

Por otro lado se evaluó el efecto en la cantidad de luz incidente en la cámara, producido por el agregado del reflector, el cual aumento el nivel de radiación recibida en un 36 % . Estas primeras medidas se realizaron con un piranómetro LI-COR, Modelo LI-200SA, para contar con una primera aproximación.

Las medidas de radiación espectral en el interior del "fitotrón" se realizaron con un espectrorradiómetro LI-COR 1800, con una resolución de 2 nm y ancho de banda de 6 nm. El rango de medida de este instrumento es de 300 a 1100 nm, pero por dificultades con la calibración, no se consideró el rango de 300 a 400, el cual, de todos modos no es de interés en esta aplicación.. Todas las mediciones se realizaron manteniendo los 9 tubos fluorescentes y las 2 lámparas incandescentes encendidas. Los materiales coloreados empleados fueron láminas de celofán translúcidos de colores rojo, azul y amarillo. Bistoni *et al.* (1995). En la figura 2 se muestra el resultado de estas medidas.

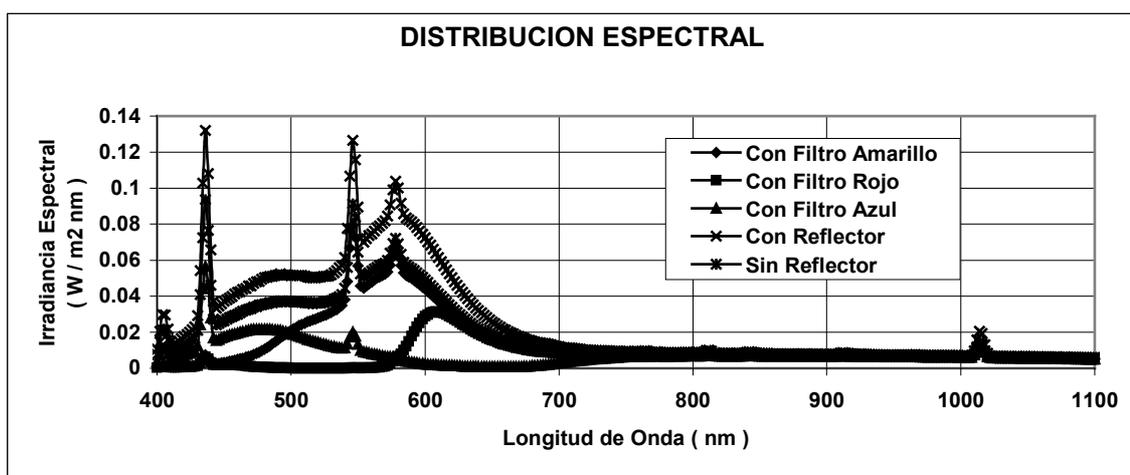


Figura 2. Distribución espectral dentro del equipo.

El filtro rojo elimina prácticamente todas las longitudes de onda menores a 574 nm. A partir de este valor, permite el paso atenuado de amarillo, con un máximo en 618 nm. Para longitudes de onda mayores a ésta prácticamente no tiene efecto, ya que su espectro es semejante al de los tubos fluorescentes y las lámparas incandescentes sin filtros.

El filtro amarillo atenúa la radiación correspondiente a longitudes de onda menores que 534 nm. Por encima de este valor prácticamente no tiene efecto.

El filtro azul, al igual que el amarillo, atenúa la radiación correspondiente a longitudes de onda menores que 588 nm. Este filtro elimina casi totalmente la banda comprendida entre 588 y 680 nm, permite el paso atenuado de la radiación comprendida entre 680 y 700 nm y por último no tiene efecto alguno para mayores longitudes de onda.

Tanto el filtro amarillo como el rojo permiten una relación rojo/rojo lejano prácticamente igual a la obtenida con los tubos y las lámparas. Por otro lado, el filtro azul atenúa más el rojo que el rojo lejano, por lo que podría utilizarse para estudios de efecto de rojo lejano.

Así mismo, los materiales analizados reducen la incidencia del azul lo cual no es deseado, pues podría afectar los procesos fotosintéticos, o los de desarrollo, o ambos simultáneamente.

Se realizó un primer cultivo de ensayo con plantas de lechuga tipo Grand Rapid Var "Waldmans Green" en las que se analizó el comportamiento en dos rangos diferentes de temperatura 23°C y 28°C respectivamente, manteniendo la iluminación constante y sin emplear materiales coloreados filtrantes. Esta experiencia inicial tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de cámara y cultivo durante un período de 30 días.

Durante el período de ensayo, los dispositivos de control mantuvieron prácticamente constante la temperatura de la cámara, presentando las plantas crecimientos perfectamente normales a 23°C. Sin embargo, cuando la temperatura se modificó a 28°C se produjo prematuramente el alargamiento típico de las plantas para florecer "bolting"

En otro ensayo, se analizó el comportamiento térmico de la cámara, para caracterizar la calidad del sistema de aislación, del que se tenía escasa información, dado que se usó un gabinete en desuso. Para esto, luego de estabilizar la Cámara a 24 °C, se

la desconectó., registrándose la temperatura en el interior durante un día. La constante de tiempo obtenida es de 104 minutos, lo que permite diseñar ensayos con un margen razonable de seguridad.

## CONCLUSIONES

Se ha logrado un equipo de bajo costo, que permite independizar para su estudio algunos de los factores que inciden en los resultados de un cultivo, como son intensidad, composición espectral y duración de luz (fotoperíodo), de interacción compleja y difíciles de analizar independientemente en condiciones normales de cultivo. El equipo constituye un valioso elemento de estudio para evaluar diferentes condiciones de iluminación proporcionada por materiales de cubierta de reciente difusión como plásticos coloreados, de interferencia y fluorescentes. Permitirá además inferir para las especies en estudio, cuales son las condiciones ideales de cultivo respecto a la composición espectral de la iluminación, información que por otra parte en este momento es escasa.

Los niveles de iluminación obtenidos en la cámara se encuentran dentro de los rangos indicados por la bibliografía para este tipo de instrumentos; este resultado se corroboró por el hecho de que las plantas cultivadas en la cámara mostraron una respuesta fotosintética y crecimiento normales, sin síntomas de deficiencia de luz.

El uso del reflector posibilita el trabajo con especies vegetales de mayores requerimientos de radiación, como algunas flores cuyo cultivo se inicia en los invernaderos hidropónicos de INENCO.

## REFERENCIAS

- Barceló Coll J., Nicolás Rodrigo G., Sabater García B. y Sanchez Tamés R. (1992) *Fisiología Vegetal*, 6ta Edición, pp 491 – 508. Ediciones Pirámide S.A., Madrid.
- Bistoni S., Iriarte A., Saracho M., Luque V., (1995). Materiales Coloreados para Calentamiento de Invernadero e influencia de los mismos en el crecimiento de las plantas. En *Actas de la 18 a Reunión de la Asociación Argentina de Energía Solar*, pp 01.29 - 36, San Luis, Argentina
- Murakami K., Cui H., Kiyota M., Yasuo T., Ryu O. and Aiga I. ( 1996) Covering materials to control plant growth by modifying the spectral balance of daylight. En *Plasticulture* **110**, 2, 2 – 14.