

INCIDENCIA DE LA CALIDAD DE LA LUZ EN LAS VARIABLES FISIOLÓGICAS DE CRECIMIENTO DE LECHUGA (*Lactuca sativa L.*) VARIEDAD LOLLO ROSSO PRODUCIDA BAJO INVERNADERO EN TRÓPICO ALTO

Javier Barreto-Rodríguez¹, Giovanna Quintero-Arias², John Fabio Acuña C³

RESUMEN

La generación de cubiertas plásticas con aditivos permite la modificación de sus propiedades térmicas y ópticas, brindando a la producción bajo invernadero condiciones climáticas particulares y específicas, que generan diferentes respuestas en los procesos de crecimiento de las plantas. En este trabajo se evaluó la respuesta de la de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Lollo Rosso a las condiciones de luminosidad generadas por dos tipos de cubiertas plásticas. Las pruebas se desarrollaron en dos módulos de invernadero ubicados en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá (4°38'8"N 74°4'58"W). Las películas plásticas empleadas como cobertura cuentan con diferentes niveles de transmisión de luz y de filtro UV. Se realizaron análisis estadísticos para determinar la variación de los niveles de luminosidad en los dos módulos de invernadero. Igualmente se realizó el seguimiento y análisis de la tasa de crecimiento relativo, color de la superficie de la hoja y eficiencia fotosintética en plantas tomadas al azar en cada uno de los invernaderos, empleando la prueba de significación de la distribución t de Student. Se evidenciaron diferencias significativas en la luminosidad medida en los dos invernaderos que se refleja en la calidad y niveles productivos del cultivo en estudio.

Palabras Clave— Variaciones, intensidad lumínica, invernaderos, plasticultura, lechuga (*Lactuca sativa L.*), cultivo.

ABSTRACT

The generation of plastic covers with additives allows modification of their thermal and optical properties, providing the greenhouse production under particular and specific climatic conditions, which generate different responses in growth processes of plants. In this paper the response of lettuce (*Lactuca sativa L.*) Lollo Rosso variety of lighting conditions generated by two types of plastic covers was evaluated. The tests were developed in two modules of greenhouse located at the Universidad Nacional de Colombia, campus Bogotá (4 ° 38.8 'N 74 ° 4'58 "W). Plastic films used as hedges have different levels of light transmission and UV filter. Statistical analyzes were performed to determine the variation of the light levels in the two modules greenhouse. Also monitoring and analysis of the relative growth rate, color of leaf surface and photosynthetic efficiency in plants taken at random from each of the greenhouses was conducted using the test of significance of the Student t-distribution. Significant differences were found in the measured brightness in both greenhouses reflected in the quality and production levels in the culture study.

Keywords: Variations, light intensity, greenhouses, plasticulture, lettuce crop.

INTRODUCCIÓN

Colombia cuenta con más de 2500 hectáreas (ha) cubiertas bajo invernaderos destinadas al desarrollo cultivos hortícolas con diversos niveles de tecnificación (Acuña, 2009). Esta tendencia es similar en otras latitudes, como en Almería (España), donde algunos autores reportan 52.170 ha de invernaderos dedicados a la producción hortícola en esa provincia (Kacira, 2011). Espí et al., (2006) reportan que la producción en ambientes protegidos presenta un aumento a nivel mundial de aproximadamente un 20% por año.

El manejo adecuado de los niveles de luz dentro de los invernaderos ha impulsado el desarrollo de películas de polietileno que, gracias a los aditivos y procesos a los cuales se someten, presentan características particulares que permiten manejar de una mejor manera el estrés en las plantas, tanto de tipo biótico como abiótico, teniendo en cuenta las modificaciones espectrales de luz incidente, las cuales se traducen en cambios en el crecimiento y la productividad de los cultivos (Paul et al., 2005).

El uso de películas térmicas especializadas se presenta como una herramienta para el manejo del clima dentro de las estructuras de invernadero que, adecuadamente manejadas, pueden generar incrementos en la producción. Actualmente en el país se impulsa el uso de este tipo de cubiertas para aumentar la producción, cubrir la demanda actual y disminuir los efectos nocivos generados por la variabilidad climática.

La intensificación de la producción bajo ambientes protegidos, requiere que se conozca el microclima y el comportamiento del cultivo para determinar las limitaciones a las que puede conllevar dicha implementación. En el caso de la lechuga variedad Lollo Rosso, las variaciones en la calidad de la intensidad luminosa afectan los niveles de antocianinas presentes en sus hojas, las cuales son responsables de la coloración morada típica de esta variedad (Cadwell & Britz, 2006). Estos pigmentos, al ser fotoprotectores, son altamente sensibles a las variaciones del espectro lumínico y pueden no expresarse cuando los niveles de radiación UV no son los adecuados (Quintero, 2015).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, se presenta esta investigación con el fin de evaluar la incidencia de las películas plásticas en la variación de factores abióticos para producción de lechuga en ambientes protegidos, en este estudio en particular se comparó la respuesta de la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Lollo Rosso al cultivo bajo dos materiales de cubierta (térmico vs convencional).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos invernaderos establecidos en de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, ubicada a 4°38'8" grados latitud norte, 74°4'58" grados longitud oeste y a una elevación de 2650 msnm. Cada invernadero cuenta con un área de 27 metros cuadrados (m²), con una altura a nivel de canal de 1,7 metros, de cumbrera 2,86 metros. Su estructura está compuesta por columnas en guadua con cerchas en madera tradicional y solo cuentan con ventilación natural.

El material de cubierta corresponde a dos tipos de películas transparentes coextruidas de polietileno de baja densidad con las siguientes características: Térmica: película plástica térmica de filtro total, con valores de termicidad de 87%, transmisión de luz total de 81%, transmisión de luz difusa de 30% y filtro UV a 380 nm. Convencional: película plástica no térmica sin filtro UV, con valores de termicidad de 50%, transmisión de luz total de 86%, transmisión de luz difusa de 18%.

El material vegetal empleado correspondió a lechuga (*Lactuca Sativa*) tipo gourmet, variedad Lollo rosso. En las parcelas se instaló cobertura plástica (Mulch), de color gris con el objeto de controlar arvenses, aumentar la temperatura del sustrato y disminuir la evaporación del agua de riego. El sustrato empleado fue una mezcla de suelo orgánico (80%) y cascarilla de arroz (20%). El sistema de siembra fue a tres bolillo con una separación entre plantas de 25 centímetros, el seguimiento se realizó a un total de 60 plantas distribuidas en 6 parcelas dentro de cada unidad experimental.

El seguimiento del cultivo se realizó durante ocho semanas después del trasplante del material vegetal. Las mediciones se realizaron para dos ciclos de producción de ocho semanas cada uno, comprendidos entre los meses de mayo a julio y septiembre a noviembre.

Durante los dos ciclos de cultivo y con el objeto de caracterizar cada unidad, se tomaron diariamente los valores de intensidad luminosa con un luxómetro Extech® referencia HD450 en tres horas diferentes del día (07:00; 13:00 y 17:00). Para evaluar el nivel de luz obtenido en cada unidad experimental, se transformó la intensidad luminosa (lux) en Luz Diaria Integrada (DLI), empleando la metodología presentada por Torres y López (2010),

Para analizar la respuesta fisiológica correspondiente a las variables de crecimiento, se realizó un diseño experimental completamente al azar, donde se seleccionaron 3 plantas por unidad a las cuales, a partir de la segunda semana después del trasplante se registraron los datos de eficiencia fotosintética con intervalos de 15 días a la misma hora (14:00) en una hoja de la misma edad por planta, las cuales permanecieron en oscuridad durante 20 minutos con los clips foliares del equipo. Se realizaron un total de 12 mediciones de máximo rendimiento cuántico del PS II evaluado con el parámetro F_v/F_m , este índice fue tomado con un fluorómetro portátil Hansatech Instruments Ltd.

Así mismo, para analizar la respuesta fisiológica a partir de los parámetros área foliar, peso fresco, Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), eficiencia fotosintética y la respuesta de expresión de color a la intensidad luminosa, se seleccionaron 3 plantas al azar y se realizaron las mediciones con intervalos de 15 días a partir de la segunda semana después del trasplante. Los datos de eficiencia fotosintética se registraron a la misma hora (14:00) en una hoja de la misma edad por planta, las cuales permanecieron en oscuridad durante 20 minutos con los clips foliares del equipo. Se realizaron un total de 12 mediciones de máximo rendimiento cuántico del PS II evaluado con el parámetro F_v/F_m , tomado con un fluorómetro portátil Hansatech Instruments Ltd®. El color de la hoja fue medido con un cromómetro Konica Minolta® y analizado en el espacio de color CiEI Lab, las diferencias presentadas a lo largo del ciclo productivo fueron analizadas a partir del parámetro Índice de Color.



PARAMETRO

DESCRIPCIÓN

FORMULA

UNIDADES

TCR

Tasa de crecimiento relativo

$(1/w)(dW/dt)$

$g\ g^{-1}\ d^{-1}$

IC

Índice de color

$A*100/L*b$

Adimensional

W: materia seca total (g); dW/dt: variación de la masa seca en función del tiempo;

El análisis estadístico se realizó a partir de comparaciones de medias entre poblaciones empleando la prueba de significación de la distribución t de Student para evaluar las diferencias presentadas entre invernaderos con el programa estadístico Statistix 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de Luz Diaria Integrada (LDI) presentados en la gráfica 1, indican que la cubierta convencional acumula mayor cantidad de energía lumínica que la cubierta térmica (expresada como radiación PAR), esto es una consecuencia de la reducción del espectro lumínico incidente en la cubierta térmica, filtro UV a 380nm. La diferencia en los valores de LDI entre cubiertas en esta investigación fue de 9,8% (1,53 mol·m-2·d-1). Kittas et al. (2004), han demostrado que la LDI afecta el área foliar de las plantas. Cada cultivo tiene una intensidad lumínica optima que le permite maximizar la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas (Torres & Lopez, 2010), los valores bajos de LDI que se presentan es este estudio indican que a pesar de que las plantas se noten más grandes, su calidad se ve afectada por los bajos resultados en el aumento de peso fresco (Faust et al., 2005)

La respuesta fisiológica de las plantas se presenta en el gráfico 2. El mayor crecimiento de área foliar bajo la cubierta convencional se presenta entre los 25 y 39 días después del trasplante, mientras que en la cubierta térmica se presenta entre los días 39 y 53 después del trasplante (DDT), (gráfica 2A), estudios realizados por De Grazia et al. (2001) y Carranza et al.(2009) en lechuga revelan que el crecimiento de área foliar bajo cubierta térmica es menor que bajo la cubierta convencional.

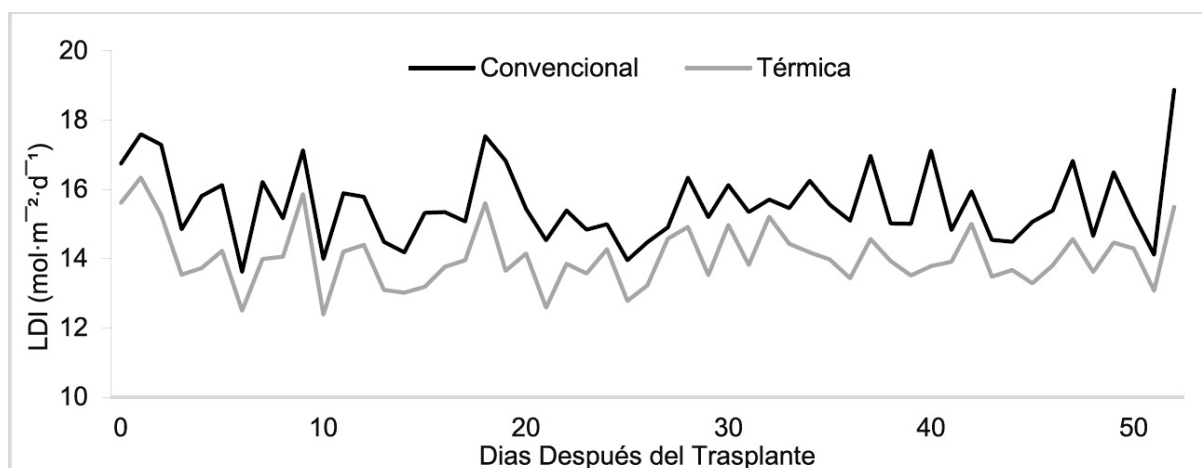
En la gráfica 2B se presenta la ganancia de peso fresco a lo largo de la investigación. La mayor acumulación de biomasa presentada como peso fresco de las plantas se incrementa en las dos cubiertas entre los días 39 y 53 después del trasplante. A partir del día 39 las plantas bajo cubierta térmica se encuentran aptas para la venta según la norma técnica colombiana 1064 la cual establece que para las variedades gourmet el peso mínimo comercializable es de 200g (ICONTEC ,1994). Aunque las plantas bajo cubierta térmica alcanzan el peso mínimo requerido más rápido que la cubierta convencional, las plantas bajo ésta última obtienen un mayor peso final a partir del día 43 después del trasplante. El incremento de peso en la cubierta convencional es mayor en comparación al presentado en la cubierta térmica.

Los valores generados para el coeficiente Tasa De Crecimiento Relativo (TCR) se presentan en la gráfica 2C, apreciando un comportamiento típico para este índice en los tipos de cubierta. En la cubierta térmica se observa que la velocidad de crecimiento es mayor entre los días 11 y 25 después del trasplante, mientras que en la cubierta convencional se observa que el crecimiento, aunque menor, es más constante. Archila et al. (1998) encontraron mayores valores de TCR que los

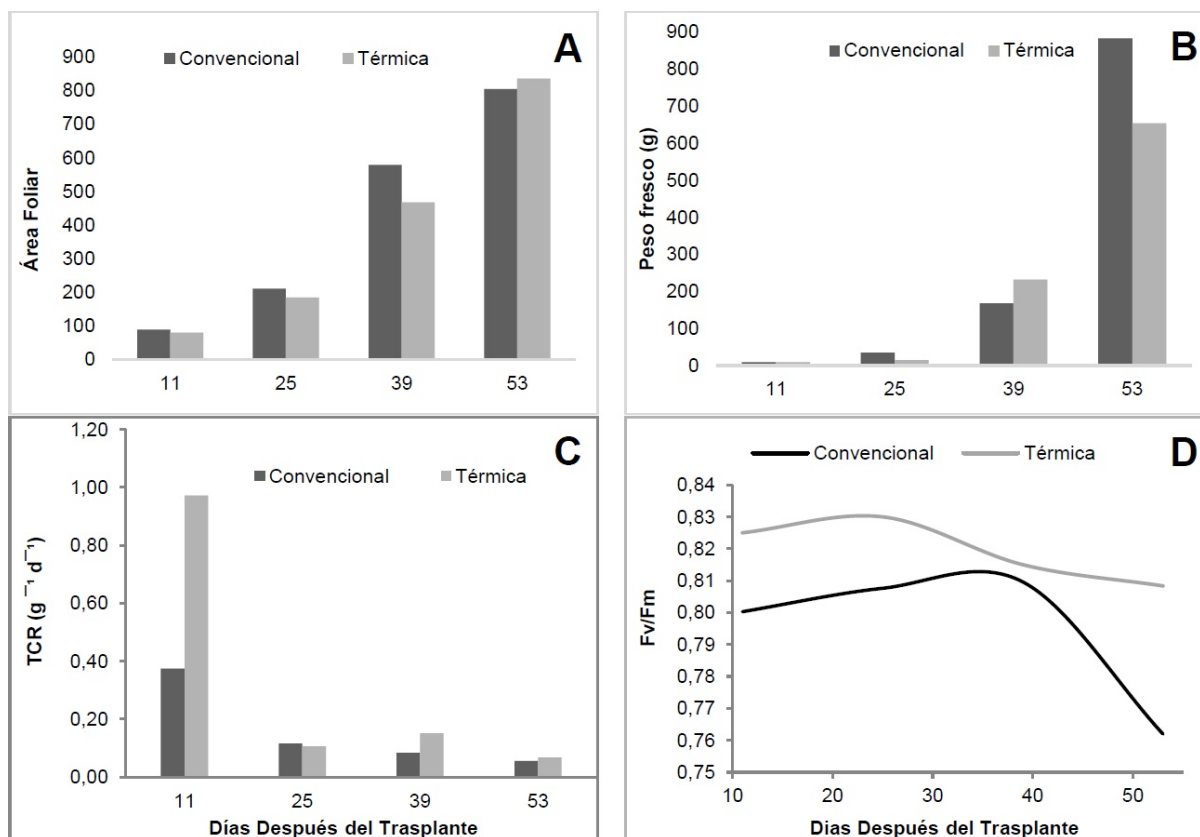
presentados en este estudio para cultivos de lechuga bajo cubierta convencional. Esto es debido a las diferencias en los valores de brillo solar de los dos estudios.

En cuanto a la eficiencia fotosintética presentada bajo el índice Fv/Fm (gráfica 2D) se observa que los valores registrados para las dos cubiertas se encuentran dentro de los rangos óptimos documentados por Ritchie (2006). En la cubierta térmica el índice de eficiencia fotosintética mantiene una tendencia a disminuir pero ésta se mantiene más constante en comparación con la cubierta convencional, que tiene una disminución fuerte a partir del día 39 después del trasplante. Esto debido a la activación de las antocianinas como pigmentos de la planta, disminuyendo la cantidad de clorofila.

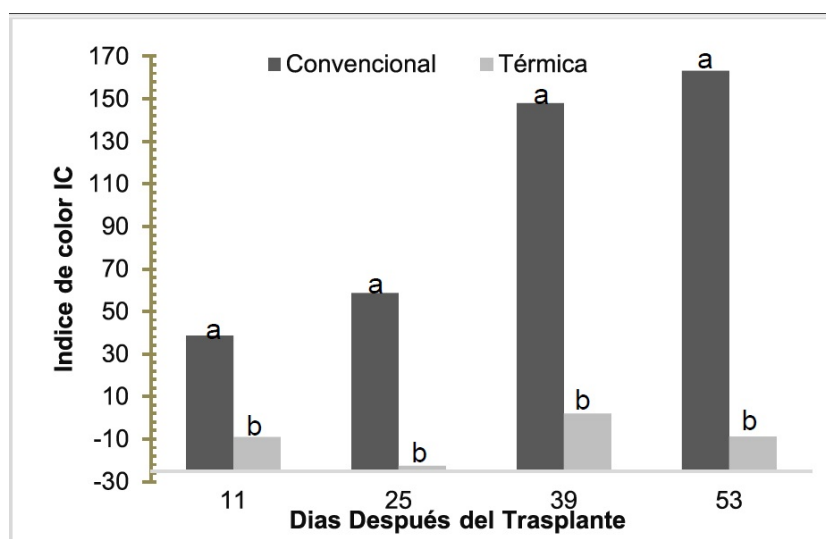
El análisis del índice de color observado por el método CIELab (Gráfica 3) indica que la cubierta convencional posee mayores valores del parámetro a* lo que indica un color rojizo en las plantas, por el contrario los valores de la cubierta térmica tienden a valores de b* negativos que tienden a colores verdosos, estos datos se ven reflejados en las hojas de las plantas en las cuales las que se encuentran bajo la cubierta convencional, obtuvieron el color rojizo característico de su variedad en comparación con las que estaban bajo la cubierta térmica, cuya coloración típica no se vió expresada, estos resultados coinciden con estudios realizados por Tsormpatsidis et al. (2008) y Quintero-Arias (2015) los cuales indican que el color rojizo de la variedad Lollo Rosso se relacionan con la cantidad de antocianinas presentes en las hojas, las cuales disminuyen en la cubierta térmica debido al filtro UV.



Gráfica 1. Valores de Luz Diaria Integrada registrada en los invernaderos. Valores t de la prueba de significancia de Student: $-8,03\ddagger$ y $-5,38\ddagger$ (\ddagger valores de $P < 0,001$)



Gráfica 2. Respuesta fisiológica de lechuga (*lactuca sativa*) a la calidad de la luz. **A.** Área Foliar; **B.** Peso fresco; **C.** Tasa de crecimiento relativo; **D.** Eficiencia fotosintética



Gráfica 3. Análisis del índice de color de la superficie de hoja. Letras distintas representan diferencias significativas (LSD $p < 0,05$)

CONCLUSIÓN

Las diferencias de LDI presentadas entre las cubiertas fueron de 9,8%, siendo este un valor significativo que puede afectar los valores de crecimiento en la planta. El uso de cubiertas convencionales influye en la ganancia de peso al momento de cosechar. Los fotoprotectores como antocianinas dan el color rojizo a la planta y esta coloración puede ser tomada como un índice de calidad en los cultivos de lechuga gourmet, estos fotoprotectores afectan la eficiencia fotosintética de la planta.

Se recomienda que para el cultivo de lechuga variedad Lollo Rosso el uso cubiertas sin filtro UV, permitiendo que su color rojizo característico se manifieste, además de la diferencia considerable de peso en el momento de la cosecha.

TRABAJOS CITADOS

- Acuña, J. F. (2009). Grupo de Investigación en Tecnología de Invernaderos y Agroplasticultura. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Archila, J., Contreras, U. H., Pinzón, H., Laverde, H., & Corchuelo, G. (1998). Análisis de crecimiento de cuatro materiales de lechuga (*Lactuca sativa*). *Agronomía Colombiana*, 16(1), 68-75.
- Cadwell, C. R., & Britz, S. J. (2006). Effect of supplemental ultraviolet radiation on the carotenoid and chlorophyll composition of green house-grown leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 637-644.
- Carranza, C., Lancho, O., Miranda, D., & Chaves, B. (2009). Análisis de crecimiento de lechuga (*Lactuca Sativa* L) "batavia" cultivada en un suelo salino de la sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 27(1), 41-48.
- De Grazia, J., Tiftonell, P., & Chiesa, A. (2001). Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Investigación Agraria*, 16(3), 355-366.
- Departamento de Engenharia Química e Biológica (DEQB). (s.f.). Palmira's ars Scientia. (I. S. Técnico, Editor, & U. T. Lisboa, Productor) Recuperado el marzo de 2015, de <http://web.ist.utl.pt/palmira/antocianinas.html>
- Espí, E., Salmerón, A., Fontecha, Y., & García Real, A. I. (2006). Plastic films for agricultural applications. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, 22, 85-102.
- Faust, J., Holcombe, V., Rajapakse, N. C., & Layne, D. (2005). The effect of daily light integral in bedding plants growth and flowering. *HortScience*, 654-649.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC -. (1994). Norma Técnica Colombiana NTC 1064. Furtas y hortalizas frescas, lechuga. (I. h. Comité técnico 111003 Frutas, Ed.) Bogotá D.C., Colombia: ICONTEC.
- Kacira, M. (2011). The University of Arizona Agricultural & Biosystems Engineering. Recuperado el 3 de junio de 2015, de <https://ag.arizona.edu/ceac/sites/ag.arizona.edu.ceac/files/WorldGreenhouseStats.pdf>
- Kittas, C., Papaioanou, C., Obeid, D., Katsolas, N., & Tchamitchan, M. (2004). Effect of two new UV-absorbing greenhouse-covering films on growth and yield of tomatoe soilless crop. *Symposium of the CIGR in new trends in Farm buildings*. Evora, Portugal.
- Paul, N. D., Jacobson, R. J., Taylor, A., Wargent, J. J., & Moore, J. P. (2005). The use of wavelength-selective plastic cladding materials in horticulture: understanding of crop and



fungal responses through the assessment of biological spectral weighting functions. *Photochemistry and Photobiology*, 81, 1052-1060.

- Quintero-Arias, G. (2015). Efecto de dos condiciones de protección de cultivo sobre los índices de crecimiento y producción (Lactuca sativa) tipo gourmet en la sabana de bogotá. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ritchie, G. A. (2006). Chlorophyll Fluorescence: What it is and What Do the numbers mean? *Proceedings RMRS-P-43. Rocky Mountain Research Station Publications*.
- Samaniego, C. E., Quezada, M. M., Rosa, I. M., Munguía, L. J., Benavides, M. A., & Ibarra, J. L. (2002). Producción de plántula de tomate y pimiento con cubiertas de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero. *Agrociencia*, 36(3), 305-318.
- Torres, A. P., & Lopez, R. G. (2010). Medición de Luz Diaria Integrada en Invernaderos. Purdue University. Departamento de horticultura y arquitectura de áreas verdes. Purdue extension.
- Tsormpatsidis, E., Henbest, R. G., Davis, F. J., Battey, N., Hadley, P., & Wagstaffe, A. (2008). UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in lollo rosso lettuce "revolution" grown under polyethylene films. *Environmental and experimental Botany*, 232-239.