



## EFFECTO DEL MANEJO CULTURAL Y SOMBREO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DEL PEPINO (*Cucumis sativus* L.)

EFFECT OF MANAGEMENT ACTIVITIES AND SHADING ON CUCUMBER (*Cucumis sativus* L.) PRODUCTIVITY

G. Ramírez Medina, E. Rico García\*, A. Mercado Luna, R. Ocampo Velázquez, R.G. Guevara González y G.M. Soto Zarazúa. C.A. Ingeniería de Biosistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. Centro Universitario, Cerro de Las Campanas s/n Col. Las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, México.

H. Godoy Hernández, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Celaya.

**Autor para correspondencia:**

\* ricog@uaq.mx

Fecha de recepción: 26/04/2012

Fecha de aceptación: 31/05/2012

### Resumen

Se compararon tres sistemas de manejo de poda y aclareo del cultivo de pepino variedad Paraíso bajo dos condiciones de sombreado en invernadero, encalado y malla sombra. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Las plantas fueron conducidas a un tallo y despuntadas a los cuatro meses después de la siembra. Las variables evaluadas durante el ciclo de cultivo fueron: rendimiento, peso de fruto y variables climáticas; a cada una de las variables se le realizó un análisis de varianza y prueba de medias (Tukey  $p < 0.05$ ), estos estadísticos se obtuvieron utilizando el programa Origin Pro 8. Para el factor de sombreado se determinó al encalado como el sombreado más adecuado para este cultivo. Referente al factor de manejo cultural, se identificó al tratamiento B3 como el de mejor rendimiento con 21.2 kg/m<sup>2</sup> para la zona de encalado.

**Palabras clave:** Pepino, Sombreado, Manejo cultural.

### Abstract

The aim of this work was to compare three ways of plant trimming (leaves and fruits) in the cucumber crop variety Paraiso under two shading conditions in a greenhouse, whitening and shading mesh. The experiment was developed at the Campus Amazcala of Queretaro State University, Querétaro, Mexico. The experiment was a complete random arrangement with four replications. All plants were conducted at a single stem and apex trimmed at four months after been sown. The measured variables were yielding, fruit weight and climatic variables, solar radiation, temperature and relative humidity. All variables were analyzed by ANOVA analysis and Tukey tests ( $p < 0.05$ ) using the program Origin 8. The results showed that for the shading factor the best was the whitening. While for the cultural management the treatment with the largest yielding was the B3 with 21.2 kg/m<sup>2</sup> for the whitening zone.

**Keywords:** Cucumber, Shading, Cultural management.

## INTRODUCCIÓN

Para la economía agrícola del país la producción de hortalizas es muy importante, ya que contribuye con la generación de empleos rurales, se ubica como una de las actividades más relevantes en nuestra agricultura. Entre otras, la actividad productiva del pepino es, sin duda, de las más importantes. Es una hortaliza de alto potencial económico por ser un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo. El sistema de producción de pepino en invernadero normalmente se practica en el norte de Europa y América y México lo ha importado (Ortiz y col. 2009). La producción de pepino bajo invernadero ha sido reciente, por lo que la tecnología de manejo para este cultivo se ha importado de otros países donde las condiciones climáticas, el nivel tecnológico, las variedades, el tipo y calidad del fruto son diferentes a las de México, es por esto necesario iniciar a generar nuestro propio manejo para las condiciones climáticas con las cuales el productor mexicano se enfrenta y con el nivel tecnológico de sus invernaderos con que este cuenta.

## ANTECEDENTES

En climas cálidos se tiene el problema de las altas temperaturas que los invernaderos llegan a alcanzar. Generalmente los incrementos de temperatura son producto de la alta radiación que se tiene en estos lugares, sin embargo debe buscarse un punto de equilibrio donde la falta de radiación, debida al empleo de pantallas y mallas sombra que se usan para disminuir indirectamente la temperatura, sea limitante para el crecimiento del cultivo. Aberkani y col. (2008) desarrollaron un líquido que se coloca entre dos capas de polietileno para formar una película que a su vez evite pérdidas de energía por las noches y genere cierta sombra durante el día para evitar el sobre calentamiento del invernadero, esto demuestra que en climas cálidos es más apremiante enfriar que calentar durante los periodos diurnos, como lo es en países del Norte de Europa.

## Luminosidad

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad en días cortos (con menos de 12 horas de luz); aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción. No existe una relación cuantitativa concreta entre la reducción de luz y reducción de producción, ya que esta relación depende de la intensidad de luz incidente y de la fase de cultivo (Schapendonk y col. 1984; Wang y col. 2007). Las estimaciones obtenidas en diferentes trabajos experimentales, han variado entre reducciones del 0.5-3.1% de pérdida de producción relativa por cada 1% de reducción de luz. Marcelis (1993) obtuvo un efecto positivo en aumento de biomasa del pepino al incrementar la radiación. Este incremento de radiación, provocó una mayor tasa de crecimiento de fruto individual que unido con el aumento de número de frutos creciendo a la vez en la planta, una mayor producción.

## Manejo cultural del cultivo de pepino

**Poda:** Esta práctica se realiza, para eliminar brotes, hojas viejas y/o enfermas, a partir de la tercera semana del trasplante, cuando empieza a emitir estas, así como los primeros frutos.

**Aclareo de frutos:** Sirve para eliminar frutos dañados o que estén curvos, que no reúnan las características propias requeridas de calidad (Té, 2008). Los frutos curvados, malformados y abortados deben ser eliminados cuanto antes, al igual que aquellos que aparecen agrupados en las axilas en las hojas de algunas variedades, dejando un solo fruto por axila, ya que esto facilita el llenado de los restantes, además de dar también mayor precocidad (Castellanos, 2004). La abscisión de los botones florales y frutos es un importante factor limitante en el rendimiento para muchos cultivos. Se ha observado que el

aborto de flor y fruto no solo depende de la fuente de foto asimilados sino también de la demanda de foto asimilados por órganos de competencia como son hojas, tallo, entre otros (Tamas y col. 1979); lo anterior está ligado directamente con el manejo cultural de la poda de hoja y el aclareo de frutos de la planta (relación hoja/fruto), y por tanto, un manejo adecuado de estas prácticas culturales nos llevará a conseguir una planta equilibrada, evitando el aborto de frutos y mejorando la calidad de estos (Lansbergen y col. 2006).

EL objetivo del presente trabajo fue evaluar tres sistemas de manejo de poda y aclareo del cultivo de pepino bajo dos condiciones de sombreo en invernadero.

## METODOLOGÍA

### Localización e invernadero

El invernadero donde se llevó a cabo el presente proyecto se localiza en el Campus Amazcala de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, en el poblado de Amazcala, municipio de El Marqués, Querétaro. El invernadero es de tipo gótico de 432 m<sup>2</sup>.

### Preparación del invernadero

Desinfección de la instalación. La estructura del invernadero se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 10 mL/L de agua, aplicado de manera uniforme sobre cada superficie del invernadero. Preparación del suelo. Se niveló el terreno dentro del invernadero; después se formaron 10 camas de 70 cm de ancho por 20 m de largo cada una y con una separación de 1.8 m entre camas. Las camas se cubrieron con un plástico (acolchado).

### Manejo del cultivo

Producción de plántula. En este proyecto se trabajó con la variedad Paraíso. La plántula fue producida en el INIFAP Bajío. Se utilizaron 1400

semillas de la variedad Paraíso (semillera ENZA ZADEN), se emplearon charolas de 50 alvéolos o cavidades, llenando primero tres cuartas partes de las cavidades con peat moss, posteriormente se colocaron las semillas en forma vertical con el ápice hacia arriba, cubriéndolas con una capa de vermiculita. Las semillas fueron previamente inoculadas con siete gramos por charola sembrada de Glumix (micorrizas). Las charolas se colocaron en un invernadero para germinación hasta cumplir aproximadamente 20 días después de la siembra.

Trasplante. El trasplante se llevó a cabo a los 25 días después de la siembra, realizando un hoyo con una estaca de forma que el cepellón quedó cubierto, y posteriormente apelmazando alrededor de este. La densidad de plantación fue de 2.9 plantas/m<sup>2</sup>, con una distancia de 32 cm entre plantas. La siembra se realizó a tresbolillo.

Nutrición. La demanda de fertilización para este cultivo fue modificada en el transcurso del desarrollo de planta en base a su etapa fenológica y deficiencias que la misma mostró (Tabla 1).

Riegos. Los requerimientos hídricos promedio por planta diarios para este cultivo en base a su fenología dados en litros por día, fueron: Etapa vegetativa, 0.45; etapa de floración, 1.14; y etapa de cosecha 1.71.

Poda. Se realizó semanalmente, eliminando hojas viejas y dañadas; los brotes laterales también fueron eliminados excepto para algunos tratamientos donde se dejó en ciertas posiciones de la planta, según el tratamiento cultural.

Control de plagas y enfermedades. El control de plagas y enfermedades se llevó a cabo con productos químicos y orgánicos, se aplicaron de manera preventiva y curativa.

Tabla 1. Programa de nutrición mineral

Semana	CE	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	K	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	(dS/m)	Macroelementos (meq)						Microelementos (ppm)				
1	1.2	16	1.5	9	4	4	7	1	0.55	0.4	0.05	0.25
2	1.4	17	1.5	10	5	5	7	1	0.55	0.4	0.05	0.25
3	1.6	18	1.5	10	5	5	8	1	0.55	0.4	0.05	0.25
4	2	18	1.5	10	5	5	8	1.5	0.8	0.4	0.05	0.3
5	2.4	14.5	2	9.5	4	7	8	1.5	0.8	0.4	0.05	0.3
6	2.6	12	2	9.5	4	8	8	1.5	0.8	0.4	0.05	0.3
7	2.6	12	2	9.5	4	8	8	1.5	0.8	0.4	0.05	0.3
8	2.6	12	2	9.5	4	8	8	1.5	0.8	0.4	0.05	0.3

### Diseño Experimental

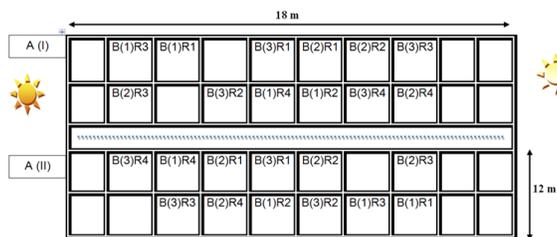
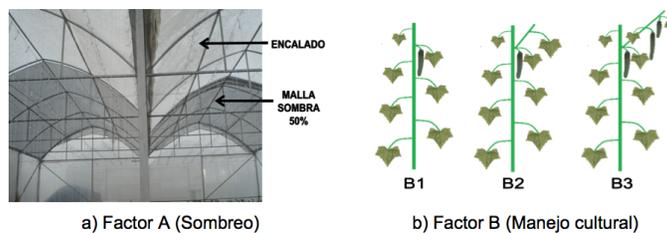
En este experimento se utilizó un modelo estadístico de bloques completamente al azar que consta de dos factores, sombreado (A) y manejo cultural (B), con un total de seis tratamientos y cuatro repeticiones. Se tomaron cuatro plantas por cada unidad experimental como tamaño de muestra. El factor A consistió en usar dos tipos de sombreado malla sombra de 50% y encalado. El factor B se describe: B1: Dejar todos los frutos (un fruto por nudo). Ningún brote secundario.

B2: Dejar todos los frutos (un fruto por nudo). Dejar un brote secundario con una hoja cada quinto nudo, empezando a partir del sexto nudo.

B3: Dejar todos los frutos (un fruto por nudo).

Dejar un brote secundario con dos hojas y dos frutos cada quinto nudo, empezando a partir del sexto nudo (Figura 1).

Cabe mencionar que para todas las plantas se realizó un aclareo de fruto hasta el quinto nudo, así como la remoción de sus brotes secundarios, dejando solo una hoja por nudo; a partir del sexto nudo se inició cada uno de los tratamientos mencionados anteriormente; los brotes secundarios que se dejaron para algunos de los tratamientos, fueron despuntados en la primera o segunda hoja según el tratamiento.



c) Distribución de los tratamientos dentro del invernadero (Esquema sin escala).

Figura 1. Diseño experimental

### VARIABLES MEDIDAS EN EL CULTIVO

**Rendimiento.** Se determinó el rendimiento promedio por área de superficie para cada tratamiento. Los frutos se cosecharon en un estado ligeramente inmaduros, cuando estos tenían un tamaño por encima de 25 cm de longitud y 5 cm de diámetro de la parte media del fruto, otro parámetro de cosecha que se tomó en cuenta fue que la superficie del pepino estuviera lisa casi por completo. **Peso de fruto.** Se realizó usando una báscula Avery Weigh-Tronix de capacidad de 30 kg con una precisión de 0.5 gr.

**Variables climáticas.** La humedad relativa y la temperatura dentro del invernadero se registró con un data logger marca Watchdog, modelo 450 de la Spectrum Technology Inc. Este registro se llevó a cabo cada 10 minutos. La radiación solar fue registrada con un sensor para radiación PAR que registra radiaciones entre 400 y 700 nanómetros, y fue conectado al data logger Watchdog descrito anteriormente.

### ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se analizaron estadísticamente los datos mediante un análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey,  $p < 0.05$ ) mediante el programa OriginPro 8. Para el análisis estadístico de las variables de rendimiento y peso medio de frutos se analizaron tomando en cuenta los dos factores manejados. Para las variables analizadas referentes al clima, su análisis se realizó de la siguiente manera: se tomó como muestra representativa y de manera aleatoria una semana de cada mes y de esta se obtuvo el promedio y la desviación estándar de cada variable a analizar, radiación, humedad relativa diurna y nocturna, temperatura diurna y nocturna, tanto para el área de encalado como malla sombra. Los datos diurnos y nocturnos (temperatura y humedad relativa) fueron separados en base a la radiación registrada, para el periodo diurno la radiación tenía que ser mayor a cero, y para el periodo nocturno la radiación debía ser igual a

cero. Para estos datos se llevó a cabo un análisis de varianza de un factor de variación (sombreo).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento

La cosecha se inició el día 30 de Abril de 2010 (50 ddt). El rendimiento acumulado a lo largo del ciclo de cosecha para cada uno de los seis tratamientos muestra que esta variedad de pepino requirió más cantidad de radiación ya que los mayores rendimientos se observaron en el área de sombreado con encalado, además, el tratamiento B3 en el manejo cultural resultó favorable para esta variedad dando mayor producción (Figura 2). También se observó que el comportamiento de cultivo es similar bajo los dos tipos de sombreado (Tabla 2).

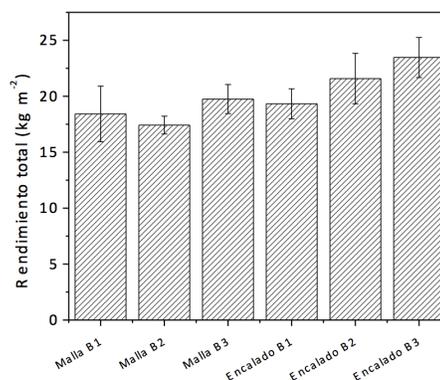


Figura 2. Rendimiento acumulado durante el ciclo de cultivo

Según cita Té (2008), el rendimiento medio para el cultivo de pepino en el estado de Querétaro es de 8.62 kg/m<sup>2</sup>, en este trabajo todos los tratamientos fueron muy superiores a este valor, siendo el rendimiento más bajo de 17.42 kg/m<sup>2</sup> correspondiente al tratamiento de malla sombra con el manejo cultural B2, y el rendimiento más alto lo obtuvo el tratamiento de encalado B3, con 23.46 kg/m<sup>2</sup>.

Tabla 2. Análisis de varianza del rendimiento

Fuente de variación	DF	SS	MS	F	P
Sombreo	1	51.49	51.49	16.58	7.14E-4
Manejo Cultural	2	32.67	16.35	5.26	0.016
Interacción	2	12.39	6.20	2.00	0.165
Modelo	5	96.59	19.32	6.22	0.001
Error	18	55.89	3.10	--	--
Total	23	152.48	--	--	--

P<0.05

### Peso de frutos

El peso de frutos se vio afectado por la cantidad de radiación recibida, mientras que el manejo cultural no afectó esta variable (Tabla 3). El tratamiento con malla sombra se vio superado por en el tratamiento con encalado dando pesos promedio de 396.12 y 415.66 gr por fruto, respectivamente (Figura 3).

Los resultados de este trabajo concuerdan con los de Marcelis y col. (2004) donde encontró que al tener mayor área foliar se cuenta con una mayor fuente de foto-asimilados y por tanto el porcentaje de abortos disminuía de manera significativa en un cultivo de pimientos. En este trabajo se esperaba que el tratamiento cultural B3 tuviera un repunte con respecto a los tratamientos B1 y B2 por tener mayor área foliar. Sin embargo el

peso de los frutos fue mayor para el encalado que permitió mayor cantidad de radiación en el cultivo (Figura 4a). Nagaghi y Lotfi (2010) también evaluaron diferentes niveles de sombreado en un cultivo de pepinos encontrando mayor producción para un nivel de sombreado de 35%; esto concuerda con los resultados de esta investigación ya que el sombreado que proporciona el encalado es aproximadamente de un 25 %. Por otro lado, Medany y col. (2006) encontró que las plantas de pepino crecen mejor bajo niveles de radiación bajos aunque los valores que reporta son del orden de 100 W/m<sup>2</sup>, muy por debajo de los valores que se tuvieron en este trabajo (Figura 4a).

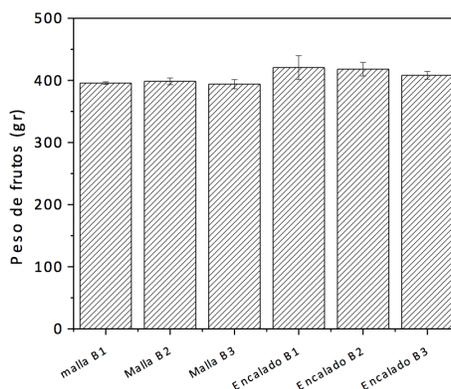


Figura 3. Peso de frutos

Tabla 3. Análisis de varianza para el peso del fruto

Fuente de variación	DF	SS	MS	F	P
Sombreo	1	2292.45	2292.45	22.23	1.72E-4
Manejo Cultural	2	274.98	137.49	1.33	0.29
Interacción	2	115.27	57.63	0.56	0.58
Modelo	5	2682.71	536.54	5.20	0.004
Error	18	1855.83	103.10	--	--
Total	23	4538.54	--	--	--

P&lt;0.05

### VARIABLES CLIMÁTICAS

**Radiación.** La radiación PAR se midió desde el día de trasplante (12 de Marzo) hasta el 30 de Junio y registrada por el data logger cada 10 minutos. En la Figura 4a, se observa como el comportamiento de la radiación para el área de malla sombra y encalado durante los meses de medición son estadísticamente diferentes. Esta diferencia debió influir significativamente en el menor rendimiento obtenido en la zona de malla sombra.

La relación promedio (durante el ciclo) entre la reducción de luz y la reducción de producción para este experimento, comparando únicamente la disminución de luz causada por la malla sombra respecto al encalado fue de 0.16% de pérdida de producción por cada 1% de reducción de luz; según Schapendonk y col. (1984) esta relación es muy variada ya que depende de factores como la intensidad de luz incidente así como de la fase del cultivo.

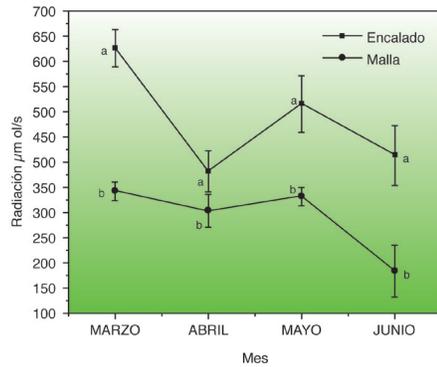
**Humedad relativa.** Al igual que la radiación, la humedad relativa fue registrada de Marzo a Junio cada 10 minutos por el data logger. De acuerdo a la Figura 4b, la humedad relativa diurna y nocturna es similar en las dos condiciones climáticas (malla sombra y encalado), además, el análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey muestra que estadísticamente no hay diferencias entre estos dos tratamientos.

Vasco (2003) considera que la H.R diurna óptima para este cultivo se encuentra entre 60 y 70% lo cual según la Figura 5b no se logró una H.R promedio entre esos valores para ninguno de los dos tratamientos, estando incluso los primeros dos meses del ciclo en un nivel crítico para este cultivo, por lo cual sería importante trabajar en este rubro en este cultivo en invernaderos de tecnología baja. Este mismo autor (Vasco, 2003) menciona que la H.R nocturna óptima está entre 70 y 90%, por lo que en este trabajo según la Figura 4b se logró estar dentro de este rango.

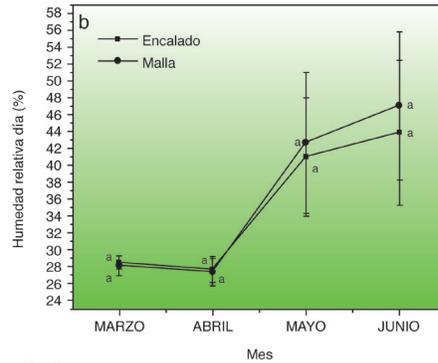
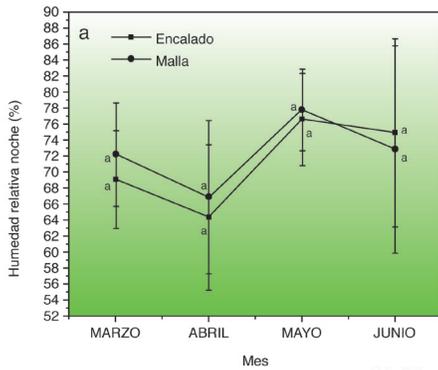
**Temperatura.** La temperatura diurna y nocturna durante el ciclo de cultivo es descrita en la gráfica de la Figura 4c, en la que se puede ver que en ambos casos solo existe diferencia estadística en el mes de Marzo para la temperatura diurna, esto debido a que el cultivo estaba a penas iniciando y la planta por su tamaño aún no lograba una transpiración que generara un clima propio.

Según Castellanos (2004), las temperaturas nocturnas para la formación adecuada de la planta y para el desarrollo adecuado del fruto son 21 y 19°C, respectivamente, por lo que en ambos casos las temperaturas nocturnas promedio con las que se trabajo a lo largo de este experimento fueron bajas a las temperaturas óptimas de este cultivo. Castellanos (2004) también menciona que la temperatura diurna óptima para la formación de la planta es de 21°C y para el desarrollo del fruto es de 19°C, en este experimento en

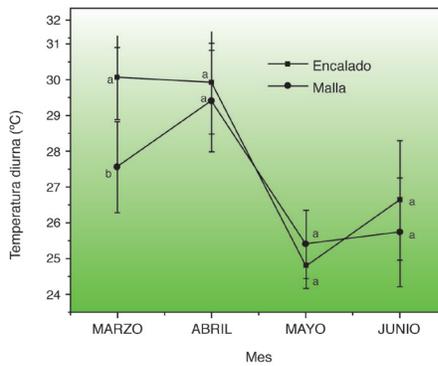
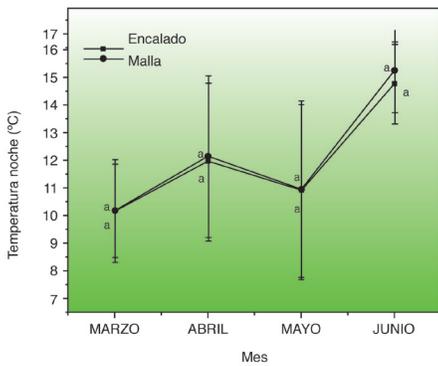
ambos tratamientos las temperaturas diurnas promedio registradas fueron altas para las dos etapas del cultivo mencionadas anteriormente.



a) Radiación PAR dentro del invernadero



b) Humedad relativa



c) Temperatura

Figura 4. Comportamiento de las variables climáticas

## CONCLUSIÓN

En la evaluación que se realizó al cultivo de pepino en dos condiciones de sombreo, el encalado mostró mejores resultados, ya que las plantas que se encontraban en esta condición dieron mayor producción debido a que el sombreo con malla sombra reduce de forma importante la radiación durante el ciclo; sin embargo, el uso de malla sombra sí es recomendable al inicio del ciclo debido a que reduce de manera significativa la temperatura diurna, lo cual es muy importante cuando la planta tiene un tamaño pequeño y no logra modificar favorablemente el microclima que la rodea.

## Referencias bibliográficas.

- Aberkani, K. Gosselin, A. de Halleux, D. Dorais, M. Hao, X. Villeneuve, J. April L., 2008. Effects of a shading and an insulating foam injected between double polyethylene films on light transmission, growth and productivity of greenhouse tomato. *Acta Horticulturae*. 801, pp. 187-194.
- Castellanos, J.Z., 2004 *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. 2a. Ed. INTAGRI, Guanajuato, México.
- Lansbergen, L. Cano, H. López, E., 2006. Viabilidad del aclareo de frutas en el cultivo de pepino tipo Almería en invernadero. *Agricultura: Revista agropecuaria*. 890, pp. 862-863.
- Marcelis, L.F.M., 1993. Effect of assimilate supply on the growth of individual cucumber fruits. *Physiologia Plantarum*. 87, pp. 313-320.
- Marcelis, L.F.M. Heuvelink, E, Hofman-Eijer, L.R.B. Den-Bakker, J. Xue, L.B., 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany*. 55, pp. 2261-2268.
- Medany, M.A. Short, T.H. Abou-Hadid, A.F., 2006. Unique method of establishing solar radiation saturation levels for greenhouse cucumber production. *Acta Horticulturae*. 711, pp. 127-132.
- Nagaghi, M. Lotfi, M., 2010. Effect of different level of shading on yield and fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus*) *Acta Horticulturae*. 871, pp. 385-388.
- Ortiz-Cereceres, J. Sánchez del Castillo, F. Mendoza-Castillo, M.C. Torres-García, A., 2009. Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Revista Fitotécnica Mexicana*. 32, pp. 289-294.
- Schapendonk, A.H.C.M. Challa, H. Broekharst, P.W. Udink ten Cate, A.J., 1984. Dynamic climate control, an optimization study for earliness of cucumber production. *Scientia Horticulturae*. 23, pp. 137-150.
- Tamas, I. A. Wallace, D.H. Ludford, P.M. Ludford, Ozgun, J.L., 1979. Effect of Older Fruits on Abortion and Abscisic Acid Concentration of Younger Fruits in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiology*. 64, pp. 620-622.
- Té, G.E., 2008. Producción orgánica de tres variedades de pepino bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, Querétaro.
- Vasco, M.R., 2002 El cultivo del pepino bajo invernadero. In: *Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos*. (ed) F.F. Camacho. Caja Rural Intermediterránea, Cajamar. Almería, España.
- Wang, S. Fan, S. Kong, Y. Qingjun, C., 2007. Effect of light quality on the growth and photosynthetic characteristics of cucumber *Cucumis sativus* L. Under solar greenhouse. *Acta Horticulturae*. 731, pp. 243-251.