CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

DEPARTAMENTO DE PLÁSTICOS EN LA AGRICULTURA

PROGRAMA DE POSGRADO EN AGROPLASTICULTURA

"Pepino (*Cucumis sativus L.*) Sobre Acolchado Plástico de Colores, en Condiciones de Campo Abierto en Comparación con Casa Sombra"

TESIS

Presentada por:

VICENTE TORRES OLIVAR

Para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México. **Agosto del 2011**

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA
Programa de Maestría en Ciencias en Agroplasticultura

TESIS

Pepino (*Cucumis sativus L.*) Sobre Acolchado Plástico de Colores, en Condiciones de Campo Abierto en Comparación con Casa Sombra

Presentada por:

VICENTE TORRES OLIVAR

Para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Agroplasticultura

Asesorado por:

Dr. Luis Ibarra Jiménez

SINODALES

Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar
Presidente

M.C. Juanita Flores Velásquez
Secretario

Dr. Javier Lozano del Rio
Vocal

Saltillo, Coahuila **Agosto, 2011**

TESIS CON CARACTER ABIERTO

PROGRAMA: MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROPLASTICULTURA

AUTOR: VICENTE TORRES OLIVAR **FIRMA** _____

TITULO: Pepino (*Cucumis sativus L.*) Sobre Acolchado Plástico de Colores, en Condiciones de Campo Abierto en Comparación con Casa Sombra.

ASESOR: Dr. Luis Ibarra Jiménez **FIRMA:** _____

El Centro de Investigación en Química Aplicada clasifica el presente documento de tesis como ABIERTO.

Un documento clasificado como Abierto se expone en los estantes del Centro de Información para su consulta. Dicho documento no puede ser copiado en ninguna modalidad sin autorización por escrito del Titular del Centro de Información o del Director General del CIQA.

Saltillo, Coahuila, a 05 **de** agosto **de** 2011

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

Sello de la Institución

Dr. Juan Méndez Nonell
Director General del CIQA

DECLARACIÓN

Declaro que la información contenida en la Parte Experimental así como en la Parte de Resultados y Discusiones de este documento y que forman parte de las actividades de investigación y desarrollo realizadas durante el período que se me asignó para llevar a cabo mi trabajo de tesis, será propiedad del Centro de Investigación en Química Aplicada.

Saltillo, Coahuila a 5 de agosto de 2011

VICENTE TORRES OLIVAR

Nombre y Firma

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme el apoyo económico con lo cual me permitió realizar este proyecto.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada por darme la oportunidad de continuar con mi formación académica.

Al Dr. Luis Ibarra Jiménez por compartir sus conocimientos y por el apoyo brindado en la realización del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar por sus aportaciones y su colaboración en la revisión del trabajo final.

Al Dr. Javier Lozano del Río por su apoyo incondicional y por sus aportaciones en la revisión y culminación de este trabajo.

A la M.C. Juanita Flores Velásquez por su participación en algunas actividades durante la realización del trabajo y por su colaboración en la revisión final del mismo.

A el MC. Eduardo Alfonso Treviño López y al Ing. Felipe Hernández Castillo, mis sinceros agradecimientos por haber colaborado en todo el proceso y desarrollo de esta investigación en las actividades de campo.

DEDICATORIAS

A mis padres:

María de Jesús Olivar Cervantes

Marcos Torres González

Gracias por apoyarme en mi decisión de seguir estudiando para salir adelante, pero sobre todo por confiar en mi, con el más profundo amor y admiración les dedico este logro más en el camino de mi vida.

A mis Hermanos:

Angela

Jose Isabel

Gracias hermanos los quiero mucho.

A mis Tías:

Srta. Adolfina

Srta. Justina

Por sus consejos y su apoyo a través de sus oraciones, mil gracias.

A Berenice López Resendiz con todo mi amor. Por ser una mujer maravillosa, por su apoyo y comprensión en los momentos difíciles a lo largo de este caminar, gracias por tu amor y compañía.

A la Lic. Martha Elena Valdez Sánchez. Por su amistad y sus consejos en los momentos difíciles durante mi estancia por este lugar, fue una maravilla haberla conocido.

A mis amigos: Armando, Guillermo, Carlos E., y Daniela por su valiosa amistad en mi paso por esta institución.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	**i**
DEDICATORIAS	**ii**
ÍNDICE GENERAL	**iii**
ÍNDICE DE CUADROS	**viii**
ÍNDICE DE FIGURAS	**xi**
RESUMEN	**xiv**
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades del Pepino	4
2.1.1 Flor	4
2.2 Requerimientos Edafoclimáticos	5
2.2.1 Clima	5
2.2.1.1 Temperatura	5
2.2.1.2 Humedad	5
2.2.1.3 Luminosidad	6
2.3 Material Vegetal	6
2.4 Casa Sombra	7

2.5 Características de los Plásticos de Colores 9

2.5.1 Acolchado Plástico Blanco/Negro 9

2.5.2 Acolchado Plástico Negro 10

2.5.3 Acolchado Plástico Rojo 10

2.5.4 Acolchado Plástico Azul 11

2.6 Efecto del Acolchado Plástico en el Ambiente Físico 11

2.7 Resultados en Cultivos a Campo Abierto en Comparación con Casa Sombra 12

2.8 Resultados de la Investigación con Acolchado del Suelo Bajo Casa Sombra 14

2.9 Resultados de la Investigación con Acolchado Plástico 15

2.10 Radiación Fotosintéticamente Activa 16

2.11 Fotosíntesis 18

2.12 Influencia de Algunos Factores Físicos en la Fotosíntesis de las Plantas 18

2.12.1 Luz 18

2.12.2 CO_2 19

2.12.3 Temperatura 20

2.12.4 Humedad Relativa 21

2.12.5 Disponibilidad del Agua 22

2.12.6 Transpiración 22

2.12.7 Conductancia Estomática 23

2.13 Riego por Goteo 23

2.14 Nutrientes Esenciales 24

2.14.1 Nitrógeno (N) 24

2.14.2 Potasio (K^+) 25

2.14.3 Fósforo (P) 26

2.14.4 Calcio (Ca^{++}) 26

2.14.5 Magnesio (Mg^{++}) 27

III. MATERIALES Y MÉTODOS 29

3.1 Localización Geográfica del Sitio Experimental 29

3.2 Características Edafoclimáticas del Sitio Experimental 29

3.2.1 Clima 29

3.2.2 Suelo 29

3.2.3 Calidad del Agua de Riego 30

3.3 Características del Experimento 30

3.3.1 Campo Abierto 30

3.3.2 Casa Sombra 31

3.4 Material Genético 31

3.5 Establecimiento del Experimento 31

3.5.1 Preparación del Terreno 31

3.5.2 Colocación de Cubiertas Para Acolchado 32

3.5.3 Siembra 32

3.5.4 Tutorado 32

3.5.5 Deshierbes 33

3.5.6 Aplicación de Agroquímicos 33

3.5.7 Fertilización 33

3.6 Variables Evaluadas 33

3.6.1 Área Foliar 33

3.6.2 Peso Seco de Planta 34

3.6.3 Evaluación de Cosecha 34

3.6.4 Temperatura del Suelo 34

3.6.5 Mediciones Fisiológicas 35

3.6.6 Análisis de Nutrimentos 35

3.7 Diseño Experimental 36

3.7.1 Prueba de Tukey 37

3.7.2 Modelos de Regresión 37

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 38

4.1 Campo Abierto 38

4.1.1 Área Foliar 38

4.1.2 Biomasa 39

4.1.3 Unidades Calor 41

4.1.4 Variables Fisiológicas 42

4.1.5 Análisis de Nutrimentos en Hoja 44

4.1.6 Análisis de Nutrimentos en Fruto 45

4.1.7 Rendimiento 47

4.2 Casa Sombra 54

4.2.1 Área Foliar 54

4.2.2 Biomasa 55

4.2.3 Unidades Calor 58

4.2.4 Variables Fisiológicas 59

4.2.5 Análisis de Nutrimentos en Hoja 60

4.2.6 Análisis de Nutrimentos en Fruto 62

4.2.7 Rendimiento 63

4.3 Comparación entre Campo Abierto – Casa Sombra 69

4.3.1 Área Foliar 69

4.3.2 Biomasa 70

4.3.3 Unidades Calor 71

4.3.4 Variables Fisiológicas 72

4.3.5 Análisis de Nutrimentos en Hoja 77

4.3.6 Análisis de Nutrimentos en Fruto 78

4.3.7 Rendimiento 80

V. CONCLUSIONES 84

VI. BIBLIOGRAFÍA 85

VII. APÉNDICE 102

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1	Descripción de los tratamientos con acolchados de diferentes colores en el cultivo de pepino.	30
Cuadro 2	Comparación de medias para área foliar del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.	103
Cuadro 3	Comparación de medias para peso seco de hoja del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.	103
Cuadro 4	Comparación de medias para peso seco de tallo del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.	104
Cuadro 5	Comparación de medias para peso seco de planta del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.	104
Cuadro 6	Comparación de medias para unidades calor acumuladas en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.	105
Cuadro 7	Comparación de la temperatura media del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.	106
Cuadro 8	Comparación de medias para temperatura máxima del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.	107
Cuadro 9	Comparación de medias para temperatura mínima del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.	108
Cuadro 10	Comparación de medias en radiación fotosintéticamente activa y CO_2 ambiental en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.	109
Cuadro 11	Comparación de medias en temperatura del aire, hoja y diferencial de temperaturas en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.	110
Cuadro 12	Comparación de medias en humedad relativa y déficit de presión de vapor en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.	111

Cuadro 13 Comparación de medias en fotosíntesis y CO_2 intercelular en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 112

Cuadro 14 Comparación de medias en resistencia estomática, conductancia estomática y transpiración en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 113

Cuadro 15 Comparación de medias del análisis de nutrimentos en hoja del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 114

Cuadro 16 Comparación de medias del análisis de nutrimentos en fruto del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 114

Cuadro 17 Comparación de medias en el rendimiento del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 115

Cuadro 18 Comparación de medias para área foliar en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 116

Cuadro 19 Comparación de medias para peso seco de hoja en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 116

Cuadro 20 Comparación de medias para peso seco de tallo en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 117

Cuadro 21 Comparación de medias para peso seco de planta en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 117

Cuadro 22 Comparación de medias para unidades calor en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 118

Cuadro 23 Comparación de medias para temperatura media en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 119

Cuadro 24 Comparación de medias para temperatura máxima en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 120

Cuadro 25 Comparación de medias para temperatura mínima en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 121

Cuadro 26 Comparación de medias para componentes fisiológicos evaluados a los 15 dds en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 122

Cuadro 27 Comparación de medias para componentes fisiológicos evaluados a los 30 dds en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 123

Cuadro 28 Comparación de medias para componentes fisiológicos evaluados a los 45 dds en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 124

Cuadro 29 Comparación de medias para componentes fisiológicos evaluados a los 55 dds en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 125

Cuadro 30 Comparación de medias para componentes fisiológicos evaluados a los 65 dds en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 126

Cuadro 31 Comparación de medias para análisis de nutrimentos en hoja en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 127

Cuadro 32 Comparación de medias para análisis de nutrimentos en fruto en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 127

Cuadro 33 Comparación de medias para rendimiento en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. 128

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Comportamiento del área foliar en tres fechas de muestreo durante el crecimiento del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.	39
Figura 2	Acumulación de biomasa en tres fechas de muestreo durante el crecimiento del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.	40
Figura 3	Unidades calor acumuladas durante el crecimiento del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010	41
Figura 4	Relación entre fotosíntesis y temperatura del aire en el cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.	43
Figura 5	Análisis de nutrimentos en hoja del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.	44
Figura 6	Análisis de nutrimentos en fruto del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.	46
Figura 7	Rendimiento del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.	48
Figura 8	Relación entre unidades calor y rendimiento comercial del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.	49
Figura 9	Relación entre fotosíntesis media y rendimiento total del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.	50
Figura 10	Relación entre rendimiento total y concentración de K^+ en hoja del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.	51
Figura 11	Relación entre rendimiento total y concentración de Ca^{++} en hoja del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.	52
Figura 12	Relación entre rendimiento total y concentración de Mg^{++} en hoja del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.	53
Figura 13	Comportamiento del área foliar en tres fechas de muestreo durante el crecimiento del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.	55
Figura 14	Acumulación de biomasa en tres fechas de muestreo durante el crecimiento del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.	56
Figura 15	Relación entre unidades calor y biomasa del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.	57
Figura 16	Unidades calor acumuladas durante el crecimiento del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.	59

Figura 17 Relación entre CO_2 y fotosíntesis del cultivo de pepino, en casa sombra, CIQA 2010. 60

Figura 18 Análisis de nutrimentos en hoja del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010. 61

Figura 19 Análisis de nutrimentos en fruto del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010. 62

Figura 20 Rendimiento del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010. 64

Figura 21 Relación entre unidades calor y rendimiento total del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010. 65

Figura 22 Relación entre concentración de calcio en la hoja y rendimiento total del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010. 66

Figura 23 Relación entre concentración de magnesio en hoja y rendimiento total del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010. 67

Figura 24 Relación entre concentración de nitrógeno en hoja y rendimiento total del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010. 68

Figura 25 Comparación del área foliar total en dos ambientes, campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino. CIQA 2010. 69

Figura 26 Comparación de biomasa total del cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010. 71

Figura 27 Comparación de unidades calor acumulados en el cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010. 72

Figura 28 Comparación de la temperatura del aire en el cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010. 73

Figura 29 Comparación de la temperatura de la hoja en el cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010. 74

Figura 30 Comparación del CO_2 en dos ambientes, campo abierto y casa sombra, en el cultivo de pepino. CIQA 2010. 75

Figura 31 Comparación de la fotosíntesis en dos ambientes, campo abierto y casa sombra, en el cultivo de pepino. CIQA 2010. 76

Figura 32 Comparación del análisis de nutrimentos en hoja del cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010. 77

Figura 33 Comparación del análisis de nutrimentos en fruto del cultivo de pepino en dos ambientes campo abierto y casa sombra. CIQA 2010. 79

Figura 34 Comparación del rendimiento en el cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010. 80

Figura 35 Relación entre promedio del área foliar y rendimiento total del cultivo de pepino en dos ambientes, casa sombra y campo abierto. CIQA 2010. 81

Figura 36 Relación entre fotosíntesis promedio y rendimiento total del cultivo de pepino en dos ambientes, casa sombra y campo abierto. CIQA 2010. 82

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del uso de acolchado plástico de colores en condiciones de: a) campo abierto y b) casa sombra sobre el crecimiento, fisiología y rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*). Se sembró el híbrido Dasher II en mayo del 2010 en la Estación Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada. Los tratamientos evaluados fueron: acolchados color negro (APN), azul (APA), rojo (APR), blanco/negro (APB/N) y el testigo sin acolchar y fueron distribuidos en el campo en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, y para el análisis estadístico de ambos ambientes se utilizó un diseño en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas.

En campo abierto, el mayor rendimiento total lo registró APB/N con 2.12 kg planta^{-1}, y el menor valor el suelo desnudo con 1.88 kg planta^{-1}. En área foliar y biomasa solo se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en el primer muestreo a los 15 dds entre el testigo y los tratamientos de acolchado plástico. La mayor cantidad de unidades calor lo registró el APR con 92.76 UC, superando en un 21.94% al testigo que presentó el menor valor. Para las variables fisiológicas solo se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.01$) en resistencia estomática, conductancia estomática y transpiración a los 15 dds. Para el análisis de nutrimentos en hoja el APA presentó la mayor ($p \leq 0.01$) concentración de potasio con 9500 ppm; el APR presentó la mayor ($p \leq 0.05$) concentración de magnesio y fósforo con 11697 y 2308 ppm. Mientras que en el fruto el suelo desnudo presentó mayor ($p \leq 0.05$) concentración de potasio y fósforo con 25333 ppm y 2445 ppm, respectivamente; en calcio el APB/N presentó la mayor cantidad con 1433 ppm con respecto al resto de los tratamientos.

En casa sombra la mayor área foliar promedio se registró en APR y APN con valores de 8289 y 8123 cm^2 planta^{-1}, respectivamente, mientras que el suelo desnudo registro el menor valor con 7230 cm^2 planta^{-1}. La misma tendencia se observó en producción de biomasa puesto que los tratamientos APR y APN registraron el mayor valor con 35.37 y 34.74 g planta^{-1} respectivamente, el suelo

desnudo registró la menor cantidad con 30.17 g planta^{-1}. Para unidades calor se obtuvo un promedio mayor en los tratamientos acolchados en relación al suelo desnudo hasta con 14.5 UC. Para las variables fisiológicas no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$). Para el análisis de nutrimentos de hojas la mayor concentración de calcio se registró en el APN con 14851 ppm; para magnesio la mayor ($p \leq 0.01$) concentración se registró en APN y APB/N con 6925 y 6665 ppm, respectivamente. Para nutrimentos en fruto los valores mayores de potasio se presentaron en el suelo desnudo y en el APB/N con 22667 y 22000 ppm, respectivamente. En rendimiento total los mayores valores se encontraron en el APN, APB/N y APR con 5.33, 5.21 y 5.07 kg planta^{-1} respectivamente.

Los resultados indicaron que las plantas de pepino cultivadas en casa sombra mostraron estadísticamente ($p \leq 0.01$) mayores valores de rendimiento total superando a la condición de campo abierto en 145.8%; así mismo el área foliar fue superior en 28.1%. En CO_2 ambiental y fotosíntesis unitaria la casa sombra superó al campo abierto en 35.4% y 124.3% respectivamente, así mismo en concentración de K^+ en hoja fue superior con un 34.1%. El cultivo en condiciones de campo abierto superó a la casa sombra en biomasa con 25.9%, y unidades calor del suelo con 1.8%. La temperatura del aire, temperatura de hoja y la concentración de Mg^{++} en la hoja también fue superior en campo abierto con respecto a casa sombra en 10.46%, 16.97% y 46.49% respectivamente. Los valores de área foliar y fotosíntesis, se relacionaron cuadráticamente con el rendimiento.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las exigencias en cuanto a la calidad de los productos hortícolas son cada vez mayores. Debido a esto el interés principal de los productores es el dirigirse hacia la producción en ambiente protegido que presenta mayores ventajas respecto a campo abierto. En este sentido, el invernadero, es una opción que está creciendo en el noroeste de México, sin embargo, esto significa una inversión importante por lo que se debe considerar que existen nuevos materiales y diseños de construcción que se adaptan a las diferentes necesidades de cada cultivo. Una alternativa más económica, en el que se tiene un control del ambiente a bajo costos es el uso de la malla o casa sombra, en la cual los productores tienen una buena opción para continuar con una productividad rentable que les permite escapar a los problemas de origen fitosanitario que afecta considerablemente a la producción de hortalizas en campo abierto.

Las mallas al igual que la película de polietileno utilizado como cobertura en túneles e invernaderos, modifican el ambiente térmico y luminoso de las plantas, lo cual puede influir de manera importante en el crecimiento y desarrollo vegetal, al afectar importantes procesos que dependen de la luz y/o la temperatura, como la fotosíntesis, la fotomorfogénesis y la transpiración, entre otros. Así como proteger la planta (hoja y fruto) de una fuerte radiación solar directa, reduciendo con ello la temperatura, además de que proporciona un grado de luminosidad adecuado a cada tipo de cultivo para una respuesta máxima, y se puede obtener como resultado una planta más vigorosa, con fruto de mayor calidad y mayores rendimientos que en campo abierto.

Esta tecnología induce distintos grados de estimulación de respuestas fisiológicas deseadas, las cuales son reguladas por la luz, en adición al efecto de protección física proporcionada por las mallas. Las respuestas fisiológicas determinan el valor comercial de cada cosecha, incluyendo la producción, la calidad del producto, el nivel de maduración, etc. Otros beneficios adicionales de la utilización de mallas no relacionados directamente con sus propiedades cromáticas específicas, son la

protección a la luz excesiva, a daños ambientales (granizo, viento, temperaturas extremas nocturnas o diurnas) y a plagas voladoras (pájaros, murciélagos, insectos) (Oren-Shamir *et al.*, 2001).

Por otro lado como ya es sabido el uso del acolchado plástico se utiliza para incrementar la eficiencia de los cultivos en el uso de los insumos de producción, como nutrimentos, agua de riego y agroquímicos principalmente, con el fin de maximizar rendimientos, calidad del fruto y precocidad a la cosecha (Tarara, 2000; Fan *et al.*, 2005). Así como las modificaciones micro ambientales inducidas por el plástico como son los cambios en la cantidad y distribución de la humedad en el suelo, mayor concentración del CO_2 en el dosel vegetal (Benavides *et al.*, 1998), mayor disposición de radiación activa para la fotosíntesis (PAR) útil para la planta al funcionar el plástico como material reflejante (Quero *et al.*, 1993), aumento o disminución en la temperatura del suelo, normalmente en el perfil 0-30 cm (Taber, 1983; Hanna *et al.*, 1997; Tarara, 2000).

El empleo de cubiertas de diversos tipos (plásticos, sombras, pantallas térmicas, etc.) es una forma de reducir el efecto negativo de las condiciones climáticas sobre los cultivos, pero implica la adaptación de la tecnología, toda vez que el sistema de cultivo debe ser más intensivo para poder obtener el mayor rendimiento por unidad de superficie, de tal manera que sea superior al obtenido al aire libre y compensar el incremento de los costos de producción (Tun *et al.*, 2004).

Los acolchados plásticos usados en la agricultura modifican la temperatura del suelo. El color del acolchado determina la cantidad de energía que llega al suelo debido a las propiedades reflectoras de cada uno de los acolchados, en cambio el uso de malla sombra modifica el ambiente térmico y luminoso de las plantas, lo cual puede influir de manera importante en el crecimiento y desarrollo vegetal, al afectar importantes procesos que dependen de la luz y/o la temperatura, como la fotosíntesis, la fotomorfogénesis y la transpiración. La conjunción de acolchado más malla sombra provoca una respuesta diferente de las plantas, como consecuencia de la modificación de la temperatura del aire, temperatura del suelo,

la humedad relativa y la radiación fotosintéticamente activa en el dosel de la planta. Para nuestro entendimiento existe poca o nula información del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores bajo malla sombra. Tampoco se sabe de la existencia de reporte alguno del acolchado plástico de diversos colores a campo abierto en comparación con el uso de malla sombra en el cultivo de pepino. Con base en lo anterior, el siguiente estudio se desarrolló en el cultivo de pepino utilizando diferentes colores de acolchado bajo el sistema de malla sombra en comparación con el sistema de campo abierto, con el propósito de contribuir al entendimiento de la respuesta de ambos sistemas de producción sobre el crecimiento vegetativo, algunos componentes fisiológicos y el rendimiento precoz y total del pepino.

1.1 Objetivo

El objetivo fue determinar el efecto del acolchado de diferentes colores sobre los cambios generados sobre la temperatura del suelo expresada en unidades calor, crecimiento, fotosíntesis y rendimiento de pepino crecido en campo abierto y casa sombra.

1.2 Hipótesis

La hipótesis que se plantea es que el acolchado y malla sombra provocan incrementos en el crecimiento del cultivo, que se refleja finalmente en un aumento en el rendimiento temprano y total, con respecto a campo abierto y suelo desnudo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del Pepino

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza de alto potencial económico por ser un producto tanto para mercado interno, como con fines de exportación que se cultiva y consume en fresco como industrializado en muchas regiones del mundo. Además, se cuenta con variedades de alto rendimiento y con prácticas de manejo que permiten maximizar su producción (Vasco, 2003; Gálvez, 2004).

2.1.1 Flor

De corto pedúnculo y pétalos amarillos. Las flores aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas (plantas con flores de los dos sexos) o unisexuales.

Las primeras variedades de pepino eran de tipo monoico, produciendo ambas flores masculinas y femeninas en la misma planta, pero principalmente masculinas. Este tipo de floración monoica pasa generalmente por tres etapas: primero produce flores masculinas, luego flores masculinas y femeninas (fase más larga) y por último casi todas femeninas. Sin embargo, en la década de los sesentas, los mejoradores de pepino introdujeron híbridos ginoicos, es decir, predominantemente de flores femeninas, la cual permitió un aumento en los rendimientos.

Las variedades ginoicas requieren de flores macho como fuentes de polen, por tal razón con este tipo de variedades, grandes poblaciones de abejas son doblemente importantes para polinizar la alta densidad de flores hembra.

En la actualidad, ningún hibrido es totalmente ginoico, especialmente porque las proporciones de flores masculinas y femeninas están determinadas por las condiciones de clima.

La novedad es la mezcla de híbridos en la cual un híbrido preferentemente femenino se mezcla con un híbrido o una variedad monoica, esto último se realiza para que exista suficiente polen para la actividad entomófila.

2.2 Requerimientos Edafoclimáticos

2.2.1 Clima

2.2.1.1 Temperatura

Es un cultivo de clima templado, que al aire libre no soporta el frío: cuando la planta está en el periodo de desarrollo, si ocurre una disminución fuerte de temperatura durante algunos días, puede dar lugar a que la planta florezca antes de tiempo.

El pepino se adapta a climas cálidos y templados y se cultiva desde las zonas costeras hasta los 1,200 msnm.

Las temperaturas que durante el día oscilen entre 20°C y 30°C apenas tienen incidencia sobre la producción, aunque a mayor temperatura durante el día, hasta 25°C, mayor es la producción precoz. Por encima de los 30°C se observan desequilibrios en las plantas que afectan directamente a los procesos de fotosíntesis y respiración, mientras que temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17°C ocasionan malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo crítico nocturno es de 12°C (Caldari, 2007). La planta muere cuando la temperatura desciende a menos de 1°C, comenzando con un marchitamiento general de muy difícil recuperación.

2.2.1.2 Humedad

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%. Sin embargo, el exceso de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis. Para humedades superiores al 90% y con atmósfera saturada de vapor de agua, las condensaciones sobre el cultivo o el goteo procedente de la cubierta, pueden originar enfermedades fúngicas. Además un cultivo mojado por la mañana empieza a trabajar más tarde, ya que la primera energía disponible

deberá cederla a las hojas para poder evaporar el agua de su superficie (Caldari, 2007).

2.2.1.3 Luminosidad

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas (Caldari, 2007).

2.3 Material Vegetal

Normalmente se siembran cultivares de polinización abierta o libre, sin embargo, el pepino es uno de los cultivos hortícolas que durante los últimos años las casas productoras de semillas han trabajado mucho en mejoramiento genético dando origen a muchos híbridos.

De acuerdo a su genética encontramos 2 tipos de pepino: cultivares tradicionales o de polinización abierta e híbridos, resultantes de la cruza de 2 líneas puras. El precio de estas semillas, es mayor.

Los híbridos a su vez por su hábito de floración pueden ser:

- Híbridos monoicos, es decir, plantas con flores masculinas y femeninas y que fue el primer tipo de híbridos que se desarrollaron;
- Híbridos ginoicos, es decir, plantas con flores 100% femeninas, debiendo incluirse en la semilla comercial, otro cultivar que actúa como polinizador en un 10 a 15%.

Esta característica hace que este tipo de híbridos, tenga un mayor potencial de producción y precocidad que los híbridos monoicos; sin embargo, son menos vigorosos.

Es de hacer notar que los materiales no se comportan igual en todos los lugares, su comportamiento va a depender de factores edafoclimáticos y manejo. Hay que tener presente que "ningún cultivar y/o híbrido es bueno para todas las condiciones y propósitos", de aquí la importancia de las evaluaciones periódicas de los mismos.

2.4 Casa Sombra

Casa sombra, es una estructura parcialmente reguladora del microambiente, en zonas de baja humedad relativa con alta irradianza y temperatura elevada, para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas (particularmente hortalizas de fruto) (INIFAP, 2007). Son eficaces y económicas para darle sombra a los cultivos, protegerlos del viento y granizo, mejorar los regímenes de temperatura y humedad, ahorrar agua de riego y rechazar insectos y pájaros (Tanny *et al.*, 2006). Aumenta la proporción relativa de la luz difusa así como también absorber diferentes bandas espectrales, ya que ello afecta a la calidad de la luz, estos efectos pueden influir en los cultivos, así como a los organismos asociados con ellos (Stamps, 2009).

Estas estructuras se derivan principalmente de la demanda de consumo para el crecimiento de los cultivos a un costo significativamente menor en comparación con el cultivo de plantas en un invernadero convencional. Las cubiertas de red plástica ofrecen muchas ventajas y beneficios ambientales (Castellano *et al.*, 2008; Briassoulis *et al.*, 2007).

Un dato muy interesante es que las casa sombra pueden ahorrar alrededor del 30% del agua de irrigación anual requerida para las condiciones exteriores, sin ninguna pérdida de producción e incluso mejorándola (Tanny *et al.*, 2006).

Las mallas, sin importar el color, reducen la radiación que llega a los cultivos. Obviamente, mientras más alto sea el factor de sombra, mayor radiación será bloqueada. La reducción de la radiación afectará la temperatura (del aire, planta, suelo) y la humedad relativa (Stamps, 1994). Además de afectar la cantidad de radiación, las mallas pueden influir en la dirección de radiación, pueden afectar la transpiración, la fotosíntesis, la respiración y otros procesos. Los efectos sobre el movimiento del aire dependen de la porosidad y la ubicación física de la red en relación con las plantas y pueden ser afectados por el tiempo del día, estación, y otros factores.

La malla permite mayor movimiento ascendente del aire caliente lo que reduce la temperatura cerca de las plantas (Tanny *et al.*, 2008). Por otra parte, cuando la

tasa de ventilación es baja la temperatura máxima del aire sube significativamente. (Santos *et al.*, 2006; Tanny *et al.*, 2006).

Hay una relación entre la porosidad de una malla y la transmisión de rayos solares; sin embargo, existen otros parámetros que también influyen en la difusión de la radiación y por lo tanto en los porcentajes de sombreo y transmisión de luz (Sica y Picudo, 2008). La deposición de polvo en las pantallas puede alterar ampliamente su transmisión.

El efecto de la altura de la malla en la humedad del aire se presenta en función de la humedad absoluta y el déficit de presión de vapor (DPV), cerca de las plantas. La humedad absoluta representa la cantidad de vapor de agua en el aire mientras que el DPV es la diferencia entre la presión real de vapor y la presión de vapor de saturación a la misma temperatura. Aire con una humedad absoluta dada puede tener diferentes valores de DPV a diferentes temperaturas y DPV sería mayor a temperaturas más altas (Tanny *et al.*, 2008). Durante las horas de luz del día se han reportado únicamente reducciones de menor importancia del DPV en invernaderos de malla con una cobertura de cultivo completamente desarrollada (Romacho *et al.,* 2006). La altura de la malla también afecta al clima interno; la oscilación térmica es mayor en las casa sombras bajas (3.5 m de altura) que en altos (5.0 m de altura) (Raya *et al.*, 2006).

Tradicionalmente se utilizan mallas de polietileno o polipropileno de color negro que se califican como neutras, es decir, que originan disminución en la irradiancia pero modifican relativamente poco el balance espectral de la radiación transmitida. Por otro lado, el uso de malla sombra de diferentes colores, o bien entretejida con material reflejante de color plata o blanco, modifica de manera drástica tanto la irradiancia como el balance espectral de la radiación transmitida permitiendo así manipular el desempeño de las plantas (Benavides, 1999).

El objetivo del uso de sombreo no es reducir la luz, sino el exceso de temperatura que se presenta en cierta época del año. Considerando que ésta es producida por la radiación infrarroja, el material de sombreo debe ser un filtro selectivo que detenga gradualmente dicha radiación sin afectar la parte útil para la fotosíntesis.

Además, la radiación IR detenida debe ser reflejada en su mayor parte, para que no sea emitida hacia el interior en forma de calor (Martínez y Bimbo, 2001).

Moller y Assouline (2006) reportan que la casa sombra puede ventilar positivamente el microclima en el interior con ventilación natural mejor que los invernaderos.

El incremento de la altura de las plantas, se debe a que la malla sombra favorece el crecimiento de las plantas a causa del incremento de la temperatura ambiental y la reducción de la diferencia entre las temperaturas diurnas y nocturnas, así como la mayor humedad ambiental, todo lo cual favorece la presencia de un microclima menos variable (Bustamante, 2001).

2.5 Características de los Plásticos de Colores

2.5.1 Acolchado Plástico Blanco / Negro

El acolchado blanco/negro es una película coextruida, tricapa cuya opacidad evita el paso de la luz impidiendo la germinación y desarrollo de malezas en tanto que el color blanco refleja la luz evitando el calentamiento del suelo controlando mejor la temperatura, además de repeler plagas y vectores de enfermedades. La luz reflejada hacia el follaje de las plantas es aprovechada por éstas en su actividad fotosintética con lo que se incrementa la productividad del cultivo. Se utiliza en zonas de alta radiación y temperaturas elevadas o durante el verano.

Los plásticos blancos, blanco/negro o plata, producen un ligero aumento de temperatura comparado con suelo desnudo, ya que reflejan la radiación solar por debajo del follaje del cultivo. Estos plásticos son utilizados para establecer cultivos como coliflor o tomates cuando las temperaturas del suelo son altas y cualquier reducción de la temperatura es benéfica (López Gutiérrez, 2003).

Respecto al color de la cubierta plástica, Decoteau *et al.* (1989) reportaron que el blanco refleja 62% del espectro total de la radiación visible que en radiación fotosintéticamente activa es seis veces mayor que la del acolchado negro; por

tanto, el acolchado blanco contribuye menos al calentamiento del suelo y los procesos metabólicos de absorción y movilización de nutrientes son más lentos.

2.5.2 Acolchado Plástico Negro

Es una película opaca monocapa que al evitar el paso de la luz impide la germinación y desarrollo de maleza, proporciona un mayor control de la temperatura del suelo, incrementa la temperatura del suelo en el día, pero en la noche es el que menos calor retiene, reduce el calor de la raíz en relación con el acolchado transparente, ayudando al control de humedad en el suelo y ahorro de agua, maximizando su uso y el de los nutrientes; lo cual aumenta sustancialmente el rendimiento y la calidad. Se recomienda su aplicación en regiones de climas templados a fríos.

Un plástico negro es un cuerpo opaco que absorbe la mayoría de la radiación UV, la luz visible y la radiación infrarroja; mucha de esta energía es perdida por irradiación y convección hacia la atmósfera. La transmisión de esta energía hacia el suelo depende en gran medida del contacto que tenga el plástico con el mismo, ya que la transmisión es por conducción. Las temperaturas de un suelo, bajo un acolchado negro durante el día, normalmente son entre 2 y 3°C más altas a 10 cm de profundidad comparadas con un suelo sin acolchar (López-Gutiérrez, 2003).

El acolchado plástico negro se ha utilizado para el control de malezas, influye en el microclima de la planta reduciendo la pérdida de nutrimentos del suelo (Locascio *et al.*, 1995) y la humedad (Ibarra *et al.*, 1995).

2.5.3 Acolchado Plástico Rojo

La película roja tiene excelentes características de barrera al vapor, controla maleza, tiene opacidad y bloqueo UV, calienta el suelo más rápidamente que el acolchado negro, está formulada para 10 meses de vida en campo.

Algunos reportes (Hunt *et al.*, 1990; Decoteau *et al.*, 1989) indican que los acolchados de color rojo dan lugar a incrementos en la producción significativamente superiores a los observados con los plásticos blancos y negros.

La aplicación de acolchado plástico rojo mejora la reflexión de la luz roja, por lo tanto, aumentan la proporción de luz roja en un nivel alto, debido a una mejor absorción y eficacia en la utilización de esta luz (Sánchez y Quiles, 2006).

Los plásticos de color rojo, azul, verde-naranja o amarillos, reflejan diferentes patrones de radiación en la cubierta vegetal de la planta provocando un efecto en la fotosíntesis y morfogénesis que acelera la cosecha como es el caso de los plásticos rojos. El color también puede afectar el medio ambiente en el que se mueven ciertos insectos, el amarillo y en menor grado el naranja y las superficies verdes atraen al pulgón verde. Los plásticos plateados muestran efecto para repeler la incidencia de áfidos y en consecuencia la transmisión de virus (López-Gutiérrez, 2003).

2.5.4 Acolchado Plástico Azul

Son películas de especialidad para acolchado con las características dominantes tales como barrera excelente del vapor, control de maleza, tiene opacidad y bloqueo UV, está formulada para 10 meses de vida en campo. Calienta el suelo más rápidamente y aumenta temperaturas totales del suelo hasta en 5 grados en comparación con el negro, tiene excelentes resultados en cucurbitáceas y berenjena.

Benavides (2002) reportó un ejemplo interesante que corresponde a los datos obtenidos para el plástico de PE azul, aunque el sesgo general de la radiación reflejada es hacia las longitudes de onda cortas (azul y violeta) el balance R/RL es muy bajo, lo cual implicaría una tendencia hacia el crecimiento de las partes aéreas.

2.6 Efectos del Acolchado Plástico en el Ambiente Físico

El color del acolchado plástico determina su comportamiento de energía radiante y su influencia sobre el microclima alrededor del cultivo. La respuesta de las plantas está en función de la interacción de la calidad de la luz reflejada por la superficie del acolchado y por la capacidad de cada color para permitir el paso de la

radiación solar e incrementar las temperaturas del suelo. Dependiendo de las propiedades del acolchado (reflexión, transmisión y absorción), será el grado de influencia sobre la temperatura del suelo y el microclima del follaje del cultivo (Ramírez, 1996). A su vez, el uso de esta técnica está influenciada por el sitio geográfico y la época del año en que se aplica (Castillo *et al.*, 2000, Martínez *et al.* 1998).

El acolchado de suelo trae como consecuencia una mayor temperatura en la rizósfera y mayor conservación de la humedad en dicha zona (Quezada *et al.*, 1995), que permite tener plantas menos estresadas, con menor aborto de flores y mayor absorción de elementos nutritivos (Misle y Norero, 2001; Robledo *et al.*, 2010), y con más rendimiento de fruto y semilla (Díaz-Pérez *et al.*, 2005).

La temperatura es un factor clave para el desarrollo y funcionamiento de las plantas, porque afecta la tasa de los procesos bioquímicos. La temperatura de la zona radicular influye en los procesos fisiológicos en las raíces como la absorción de agua y nutrientes minerales (Cooper, 1973; Dodd *et al.*, 2000; Tindall *et al.*, 1990).

Diversos estudios demuestran que la temperatura y la humedad relativa a la intemperie alcanzan niveles extremos por lo que pueden dañar la planta y se tiene evidencia de la correlación existente entre la temperatura ambiental y el déficit de presión de vapor, con la temperatura foliar, con consecuencias fisiológicas negativas para la planta. Las plantas expuestas a dichas condiciones, caen en una condición de enfermedad de tipo abiótico, y son susceptibles al ataque de plagas y enfermedades de tipo biótico; las plantas, una vez colonizadas o infectadas por organismos nocivos, agravan de esta manera su condición de enfermedad (Bustamante, 2001).

2.7 Resultados en Cultivos a Campo Abierto en Comparación con Casa Sombra

En comparación con el cultivo a cielo abierto, el uso de la casa sombra incrementa el rendimiento de chile piquín hasta en 150%, la calidad del fruto (uniformidad,

tamaño, color) es superior, aumenta la eficiencia en el uso del agua y disminuyen los daños por aves, insectos, viento y temperaturas extremas (Rodríguez *et al.*, 2004).

Tun *et al.* (2004) evaluó el efecto del uso de malla sombra blanca, con un 50% de sombreo, sobre el desarrollo, incidencia y severidad de virosis, y el rendimiento de diferentes cultivares de chile. Todos los materiales se evaluaron bajo sombreo y a la intemperie, encontrando que las plantas bajo sombreo tuvieron mayor altura (20 a 40%) que las que estuvieron a la intemperie. En cuanto a los síntomas de virosis, las plantas a la intemperie presentaron una incidencia entre el 50 y 87% y severidad de 2 a 3; mientras que en las que estuvieron bajo sombreo la incidencia varió entre 11 y 55%, y la severidad fue de 1 (la escala de severidad fue de 0 para sana a 3 para síntomas severos). El rendimiento de los cultivares bajo sombreo fue superior al de los cultivados a la intemperie (40 y 68%), la calidad del fruto también se incrementó con el sombreo.

Flores *et al.* (2009) en el cultivo de papa encontraron un aumento significativo en área foliar por planta a los 75 dds, en plantas cultivadas bajo 40% de radiación con respecto a los demás tratamientos que fueron estadísticamente iguales (100, 70, 50%). El incremento del área foliar con menor disposición de radiación posiblemente es debido a que las plantas de papa en esas condiciones requieren superar las deficiencias en fotosíntesis y destinan mayor proporción de los carbohidratos que producen hacia la formación de hojas (Gawronska *et al.*, 1990).

Bustamante *et al.* (2007) al evaluar diversos cultivares de tomate determinado e indeterminado (tipo saladette) en dos modalidades de producción contrastantes: A la intemperie y en casa sombra; encontraron que la producción comercial al aire libre era menor y superada hasta por un 498% por el obtenido en casa sombra.

Al-Mulla *et al.* (2008) en un estudio de pepino en malla sombra reportaron que la temperatura promedio interior era más cálida que en el exterior por 0.4 a 3°C durante enero y febrero, pero fue más frío que en el exterior por 0.2 hasta 0.8°C durante marzo y abril. Por otro lado, el déficit de presión de vapor en el interior

(DPV) fue siempre menor que en el exterior por 0.2 a 0.9 kPa durante todo el período del estudio.

Kittas *et al.* (2009) reportan que con respecto a los efectos de sombreado sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate, se encontró en casa sombra un mayor índice de área foliar, producción total y producción comercial, además de la reducción en un 50% de la aparición de grietas en el fruto, en consecuencia, la producción de tomate comercial fue un 50% mayor en condiciones de casa sombra que en condiciones de campo.

Raveh *et al.* (2003) reportaron que en cítricos, la temperatura de los cultivos y el déficit de presión de vapor fueron significativamente menores en el sombreado que en el campo abierto. Esto llevó al aumento de la conductancia estomática de cultivos y la tasa de asimilación de CO_2.

2.8 Resultados de la Investigación con Acolchado del Suelo Bajo Casa Sombra

De Luna y colaboradores (2007) evaluaron malla color claro en suelo acolchado y sin acolchar, y malla de color oscuro con acolchado en el cultivo de tomate; en todos los casos se evaluaron plantas sin deshoje y con deshoje. Bajo las condiciones del trabajo, la menor transmisión de luz con la malla oscura no fue crítica en la actividad fotosintética, ni en la producción de frutos. Con acolchado plástico se incremento el AF y la producción de frutos fue 16% mayor. Con acolchado se tuvo un incremento del 89 y 30% en la producción fue de frutos grandes y medianos, respectivamente; y sin acolchado los frutos chicos y rezaga fueron mayores en 33 y 14%, respectivamente. El rendimiento acumulado total de frutos fue mayor con malla oscura con acolchado y sin deshoje; le siguieron los tratamientos con malla clara con acolchado y luego sin acolchado, en ambos casos sin deshoje; en todos los casos, los tratamientos con deshoje tuvieron los menores rendimientos. Los frutos de mejor calidad se tuvieron con malla oscura sin deshoje.

2.9 Resultados de la Investigación con Acolchado Plástico

Hanna y colaboradores (2003) indican que el rendimiento comercial de pepino no se vio afectado significativamente por el color del acolchado. Además, indicó que las temperaturas del suelo fueron más altas en acolchado negro que bajo acolchado blanco.

Summers y Stapleton (2002) y Saleh *et al.* (2003) reportan que en general el polietileno plata que se utilizó como acolchado orgánico dio la mayor altura de planta, área foliar y rendimiento de pepino en comparación con acolchado negro, polietileno transparente y suelo desnudo.

Al probar el efecto de tres colores de acolchado y suelo desnudo, en *Physalis ixocarpa* Brot. Díaz-Pérez *et al.* (2005) encontraron que la temperatura de la zona radical fue modificada por el color del acolchado, lo que mejoró el crecimiento y rendimiento de fruto, tanto en verano como en primavera.

Saleh *et al.* (2003) demostraron que comparando acolchado rojo, azul, violeta y color amarillo-verde en pepino (*Cucumis sativus L.*) la longitud de la planta, área foliar total, peso total del fruto, así como la temperatura del aire, humedad y temperatura del suelo fue mayor en el acolchado rojo.

Ojeda (2003) trabajando con pepino en acolchado de colores, reportó que los resultados indican que el crecimiento de pepino estuvo relacionado con la temperatura del suelo, obteniendo el mayor rendimiento en las películas de color blanco unicapa y coextruida, con un incremento en rendimiento precoz en 14.0 (98.5%) y 11 (77.5%) t ha^{-1} y rendimiento total en 22.3 (44%) y 22.3 (44%) t ha^{-1}.

En acolchado plástico de color la temperatura y la acumulación de grados-día del suelo afectaron la zona de la raíz en el brócoli. En ambas temporadas otoño y primavera, las temperaturas medias de la zona de raíz fueron las más altas en coberturas de color oscuro (azul, negro, rojo y gris) y más bajo en coberturas de color claro (plata y blanco) (Díaz-Pérez, 2009).

2.10 Radiación Fotosintéticamente Activa

Las plantas son organismos especializados en la captura y conversión energética de la radiación a través de la fotosíntesis. Son capaces también de regular la morfogénesis (generación de la forma y estructura) por medio de la percepción de las características de la radiación (Benavides, 2000). Por ello las mayores oportunidades de conseguir el control del metabolismo y la morfogénesis se relacionan con la manipulación de las características de la radiación transmitida o reflejada por películas plásticas.

La radiación que llega a la tierra abarca una amplia gama del espectro electromagnético y aproximadamente el 40% de ella es la que conocemos como luz o radiación visible. Esta comprende longitudes de onda que van de los 400 a los 700 nm, rango que abarca los colores violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo y que por ser usado por los vegetales en el proceso de la fotosíntesis, también se le denomina radiación fotosintéticamente activa o PAR (sigla derivada del inglés: *photosynthetic active radiation*) (Carrasco, 2009).

Cuando más intensa y prolongada sea la iluminación, las plantas disponen de más energía para la fotosíntesis. Sin embargo, los extremos de luminosidad son perjudiciales porque destruyen la clorofila. Algunas plantas tienen dispositivos para proteger su clorofila, como acomodar las hojas para disminuir la incidencia de los rayos solares, engrosar la epidermis y formar películas cerosas. Anglés (2001) menciona que a mayor superficie foliar, mayor intercepción de la radiación y mayor fotosíntesis bruta. A mayor intensidad de radiación, mayor fotosíntesis (siempre hasta unos límites que dependen de cada especie y variedad).

Ramos y Rallo (1992) mencionan que se detectó que la mayoría de las especies C_3 se saturan a niveles de radiación de aprox. 800 µmol CO_2 m^2 s^{-1}, equivalente al 40-50% de la radiación máxima de un día de verano.

La disminución de la disponibilidad lumínica se contrarresta con el incremento de la asignación de biomasa asignada hacia las hojas ó las ramas, para maximizar la captura de luz (Sultan, 2003; Kroon *et al.*, 2005). Por otra parte, el aumento del

área relativa de la hoja y de la asignación de biomasa aérea a bajas intensidades de luz incrementa la captura de fotones al maximizar la superficie fotosintéticamente activa (Crawley, 1997).

En términos de crecimiento de la hoja, se ha encontrado que la reducción en la cantidad de luz (sombreado) puede ser causal tanto de la reducción como del incremento en la expansión foliar (Wilson, 1966; Dengler, 1980; Volenec y Nelson, 1982; Lichtenthaler, 1983; Schnyder y Nelson, 1988). Adicionalmente, induce cambios en la morfología foliar y alteraciones en el desarrollo de las hojas, a nivel celular (Dengler, 1980; Lee *et al.*, 2000; Yano y Terashima, 2004). Así como reducción en la temperatura de las hojas, lo que podría tener un impacto sobre el crecimiento y expansión foliar (Ben Haj Salah y Tardieu, 1995; Granier y Tardieu, 1998; Lafarge *et al.*, 1998; Granier *et al.*, 2002).

Estos cambios son el efecto que causa la modificación del ambiente debido a que las plantas como organismos inmóviles no pueden eludir las condiciones ambientales desfavorables, lo cual ha originado que, a lo largo de su evolución, hayan desarrollado mecanismos que les permitan tolerar y superar las condiciones ambientales adversas (falta de agua, altas y bajas temperaturas, escasez de nutrimentos, depredación, etcétera). Entre los mecanismos adquiridos se encuentra la plasticidad. La plasticidad fenotípica (PF), entendida como la habilidad que posee un mismo genotipo para producir diferentes fenotipos en respuesta a diferentes condiciones ambientales, es uno de los medios por los cuales las plantas pueden ajustar su morfología y fisiología permitiéndoles enfrentarse a la heterogeneidad ambiental de su ambiente natural (Pigliucci, 2001; Smekens y Van Tienderen, 2001; Gianoli, 2004). Es decir, las plantas poseen la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales, ajustando su morfología y fisiología a través de la variación genética y la plasticidad en su forma. Schmid (1992) menciona que la variación de forma en las plantas puede estar o no relacionada con la variación genotípica y podría afectar caracteres ecológicos, morfológicos, fisiológicos, anatómicos, cariológicos y bioquímicos. Los cambios en caracteres morfológicos, fisiológicos y reproductivos han sido reportados para muchas especies de plantas.

2.11 Fotosíntesis

Fotosíntesis es el proceso por el cual las plantas verdes y otros organismos convierten luz en energía química y luego en carbohidratos tales como el azúcar. La luz es capturada por clorofila A y clorofila B en los cloroplastos situados en las hojas de las plantas.

Los valores de fotosíntesis que se alcancen en una planta no tienen porque corresponder directamente con la producción de biomasa. Hay una parte que se destina al mantenimiento de los tejidos fisiológicamente activos (respiración de mantenimiento) y otra que se destina a síntesis de nuevo tejido vegetal crecimiento (respiración de crecimiento) (Anglés, 2001).

La fotosíntesis sólo emplea una mínima parte (1-2%) de la radiación absorbida y la almacena en los enlaces químicos de los carbohidratos (Matthews, 2004).

En *Malus domestica* a partir de las 11:00 am., la tasa fotosintética fue ligeramente superior en plantas sombreadas que en plantas a plena exposición, lo que sugiere que la disminución esperada en cuanto a la fotosíntesis neta por la reducción de la luz, fue compensada con una disminución en la tasa respiratoria (Ebert y Casierra, 2000).

2.12 Influencia de Algunos Factores Físicos en la Fotosíntesis de las Plantas

2.12.1 Luz

La luz RFA o "luz de crecimiento" está formada por longitudes de onda de la radiación solar que pueden ser absorbidos por la clorofila y otros órganos fotocromáticos de las plantas, posibilitando la fotosíntesis.

A pesar de que la luz representa un sustrato fundamental para la realización de la fotosíntesis, una intensidad luminosa que sobrepase el nivel de adaptación de los vegetales, combinada con otros factores causantes de estrés, causa reducción en la actividad fotosintética. Si la energía lumínica absorbida que llega a los centros de reacción, excede la cantidad de energía que puede utilizarse, se pueden

generar daños en el aparato fotosintético (Demming-Adams y Adams, 1992; Horton *et al.*, 1994; Lucinski y Jackowski, 2006). El término fotoinhibición (PI) fue definido originalmente por Kok en 1956, como una reducción en la actividad fotosintética que ocurre como consecuencia de un exceso de iluminación (Yordanov y Veleikova, 2000).

El estrés lumínico no resulta de una intensa irradianza por sí mismo, sino más bien de una absorción de luz excesiva en comparación con la utilizada en la fotosíntesis. Si tanto los límites de tolerancia como la capacidad adaptativa son excedidos, el estrés puede ocasionar daños permanentes e incluso la muerte de la planta (Larcher, 1995; Poorter, 2000; Peña *et al.,* 1999; Peña, 2004).

A bajas intensidades, la fotosíntesis de las hojas adaptadas a la sombra es más eficientes que las aclimatadas a la luz, es decir, tienen mayor eficiencia cuántica (Schultz *et al.*, 1996).

2.12.2 CO_2

A mayor difusión de CO_2 desde la atmósfera hasta los cloroplastos, mayor fotosíntesis. El factor más determinante en la difusión es la apertura estomática: con exceso de temperaturas o déficit hídrico, se produce cierre de estomas. En la difusión de CO_2 también influye la concentración en el aire que rodea la hoja, la turbulencia. A bajas concentraciones de CO_2 en las plantas C_3 puede producirse fotorrespiración debido a la incorporación de O_2 en el ciclo de Calvin (Anglés, 2001).

El CO_2 empleado en la fotosíntesis más el agua y la energía luminosa producirá carbohidratos (o azúcares) y oxígeno. Este gas entra por los estomas y previa disolución con el agua en las cámaras estomáticas llega a los cloroplastos y tras numerosas reacciones se produce la fotosíntesis. El crecimiento de las plantas es posible gracias al consumo de estos carbohidratos producto de la fotosíntesis (Vilarnau, 1997).

Además de la luz y temperatura, la absorción del CO_2 está en función de otros factores de la fotosíntesis como la actividad estomática y disponibilidad del mismo

gas en la atmosfera. La actividad de apertura o cierre de las células estomáticas está en función de la concentración disponible de CO_2 y turgencia de estas células (la regulación estomática depende de la circulación del agua a través de la planta) (Vilarnau, 1997).

Una alta concentración del CO_2 en el aire también ocasiona un incremento del CO_2 intercelular (*Ci*) en las hojas. El aumento del *Ci* a su vez provoca reducción de la fotorrespiración en este tipo de plantas, porque mantiene ocupada a la enzima Rubisco con una cantidad adicional de CO_2 en el estroma de los cloroplastos, como se demostró al aplicar 1,200 $\mu mol \cdot mol^{-1}$ de CO_2 en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) durante la fase de crecimiento del fruto, lo cual se reflejó en el mayor número de frutos por planta (Soldevilla-Canales *et al.*, 1997). El valor de *Ci* depende de la demanda de CO_2 en los cloroplastos de la hoja y de la tasa de suministro de CO_2 al interior de la hoja, ésta determinada a su vez por la conductancia estomática; por tanto, sería de esperarse que con una mayor conductancia haya mayor disponibilidad de este gas en los espacios intercelulares de la hoja.

El incremento de la concentración de CO_2 a determinados niveles, puede propiciar un mejor desarrollo de la planta, dado que la presencia en la planta de soluciones que contengan CO_2/H_2CO_3 y sus elementos de disociación, incrementan la asimilación de CO_2, induciendo a un mejor desarrollo del cultivo y mejor producción de biomasa (Vilarnau, 1997)

2.12.3 Temperatura

La temperatura de la hoja depende del balance de energía entre la energía absorbida de la radiación solar y de la radiación emitida por otros cuerpos y energía perdida por enfriamiento (calor sensible y calor latente). El resultado de dicho balance es la energía almacenada por la hoja en forma de productos fotosintéticos y temperatura de la hoja.

La mayoría de las funciones metabólicas de las plantas ocurren a temperaturas entre los 10 y 25°C como rangos óptimos, llegando a ser letales debajo de 0°C y

por encima de 50°C donde ocurre la degradación de proteínas. Altas temperaturas del aire y del suelo pueden repercutir en una reducción en la tasa de fotosíntesis neta, incremento de la respiración de la raíz y la parte aérea y en el contenido de carbohidratos de plantas (Xu y Huang, 2001).

La temperatura atmosférica afecta primero por ser la temperatura de referencia hacia la cual la hoja tiende y segundo por afectar directamente al déficit de presión de vapor (VPD). Carbonneau y colaboradores (1992) afirman que la temperatura afecta a la fotosíntesis a nivel estomático y cloroplástico. Por un lado el aumento de la temperatura afecta a la velocidad de las reacciones metabólicas (Q10), por el otro si la temperatura del aire es elevada se puede producir un desequilibrio entre el estado hídrico de la hoja y el flujo de transpiración, de manera que si la demanda evapotranspirativa supera a la absorción por las raíces, los estomas se cierran y se frena el intercambio gaseoso.

Cada proceso vital está determinado por los rangos de temperatura y a la temperatura óptima de funcionamiento, de modo que si se sobrepasa disminuye su rendimiento. Los óptimos de la temperatura foliar para la fotosíntesis presentan ciertas variaciones según sean las condiciones climáticas y edáficas de la zona a la que se encuentra la planta, según las características genéticas, las condiciones culturales y las condiciones previas en las que ha tenido lugar el desarrollo foliar. La temperatura de las hojas bien expuestas aumenta al absorber radiación solar pero también se refrigeran por convección gracias al viento y por transpiración

2.12.4 Humedad Relativa

La humedad atmosférica desempeña un papel importante en el proceso de transpiración del agua por las hojas y sobre el potencial hídrico foliar, sobre la regulación de la conductancia estomatal y la temperatura de las hojas, y afecta funciones primarias de la planta como fotosíntesis, absorción, transporte de agua y elementos minerales (Tognoni, 2000).

Las hojas reaccionan directamente a cambios en la humedad del aire. Sus estomas se cierran rápidamente cuando ésta disminuye lo cual restringe la

entrada de CO_2 con reducción de la fotosíntesis aparente (El-Sharkawy *et al.*, 1990; Enciso y Gómez, 2004). El óptimo higrométrico es 60-70% (Stoev y Dobreva, 1976).

Schultz (1996) y Zufferey (2000) han observado que la fotosíntesis de hojas principales y secundarias se ve reducida cuando existe un elevado déficit de saturación y la temperatura foliar supera los 25°C, en ausencia de déficit hídrico.

2.12.5 Disponibilidad del Agua

La fotosíntesis es muy sensible a la disponibilidad de agua. Hay controversia a la hora de definir el contenido de humedad del suelo a partir del cual se produce una reducción de la fotosíntesis ya que el estado hídrico de la hoja no sólo depende del contenido en agua del suelo, sino también de su flujo a través de la planta, de las condiciones climáticas y factores internos a la hoja, entre otros. La necesidad de una apertura estomática para el intercambio de gases hace que la ganancia de CO_2 para la fotosíntesis vaya acompañada de una pérdida de H_2O por transpiración. La disponibilidad hídrica limita la actividad fotosintética, incluso más que las altas temperaturas. Está generalmente admitido que la asimilación neta máxima de CO_2 se produce en ausencia de estrés hídrico (Baeza, 1994).

2.12.6 Transpiración

Los estomas se abren y se cierran como respuesta a la luz. El aumento que se produce a primeras horas de la mañana se debe principalmente a la luz (Düring y Loveys, 1996). A medida que avanza el día, la planta transpira y cuando es incapaz de traslocar el agua suficiente desde las raíces para satisfacer las tasas de transpiración, cerrará parcial o totalmente los estomas. Avanzada la tarde, si las condiciones ambientales vuelven a ser propicias, la planta los abrirá de nuevo. Pero en cualquier caso, al atardecer como consecuencia de la disminución de la luz, cerrarán y permanecerán así durante toda la noche.

Los vientos fuertes pueden provocar una transpiración anormal en plantas bien hidratadas al retirar bruscamente el CO_2 de la capa de aire adyacente a la lámina

foliar y bajar la humedad relativa del aire, lo cual induce al déficit hídrico en las plantas. (Belancázar *et al.*, 1998).

2.12.7 Conductancia Estomática

El CO_2 que hay en la atmósfera es insuficiente para alcanzar el máximo de fotosíntesis de la hoja. Además se plantea otro problema que es la difusión del mismo desde la atmósfera hasta el interior de la hoja y desde aquí a los cloroplastos donde el CO_2 queda fijado. En el camino encuentra diferentes resistencias. Se pueden distinguir unas resistencias en la fase gaseosa y otras en la fase líquida. En las primeras, la resistencia estomática, o el inverso, conductancia estomática, es la más importante.

Los movimientos estomáticos dependen de cambios en la presión de turgencia en el interior de las células oclusivas y de las células epidérmicas adyacentes. La actividad fotosintética y el transporte activo de solutos son los responsables de las diferentes turgencias. La luz y la concentración de CO_2 controlan la apertura estomática en relación con la demanda fotosintética de CO_2 por la planta. La luz y las bajas concentraciones de CO_2 intercelular estimulan la apertura estomática.

El cierre estomático es una herramienta de defensa frente a la limitación hídrica. Zufferey (2000) reporta que la capacidad fotosintética se mantiene cerca del máximo en tanto el potencial hídrico foliar (ψh) no caiga mucho, y sostienen que por debajo de $\psi h < -1.0$ MPa la fotosíntesis cae bruscamente.

2.13 Riego por Goteo

La utilización del riego por goteo en la modalidad de cintilla, con prácticas de manejo como el trasplante y el acolchado plástico, hacen posible lograr tal propósito con beneficios económicos significativos para el productor. De los elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de las plantas, el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K^+) son los más importantes debido a que la mayoría de los cultivos requieren altas cantidades para obtener rendimientos elevados (Bregliani *et al.*, 2006).

Los suelos difieren ampliamente en cuanto a su capacidad de disponibilidad del N ya que la mineralización es un proceso microbiano y que a su vez es altamente influenciado por la temperatura y la humedad del suelo (Sogbedji *et al.*, 2000; Tarara, 2000), de ahí la razón del éxito obtenido al utilizar la fertirrigación y el uso de los acolchados plásticos en cultivos redituables. Wang *et al.* (1998) y Fan *et al.* (2005) observaron que el acolchado plástico disminuyó los efectos adversos del déficit hídrico y aumentó la eficiencia de asimilación de los nutrientes del suelo.

2. 14 Nutrientes Esenciales

Para calcular la demanda total de un cultivo, Galvis *et al.* (1994) y Bugarin *et al.* (2002) sugirieron hacerlo a través de la meta de rendimiento en materia seca total y el requerimiento interno del nutrimento de interés. De igual manera, los análisis de tejidos o foliares y los análisis de suelos permiten determinar cuán limitante es un elemento en el desarrollo del cultivo (Havlin *et al.*, 1999).

Es importante conocer la información sobre niveles adecuados de nutrientes en la hoja, ya que así se puede comparar en un momento determinado qué cantidad y tipo de nutrientes están siendo asimilados por la planta, para corregir mediante fertilización el o los elementos que se encuentren en deficiencia y determinar la influencia de un elemento sobre otro (Anaya, 1995).

2.14.1 Nitrógeno (N)

El Nitrógeno es un elemento esencial, constituyente de aminoácidos, aminas, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, muchas enzimas, ATP, alcaloides y muchos otros componentes celulares. El principal efecto de deficiencia de Nitrógeno son las dificultades asociadas a la síntesis de proteínas y crecimiento de la planta.

Las plantas absorben principalmente dos formas de Nitrógeno: nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) pero, en general, el nitrato constituye la fuente principal de nitrógeno para las plantas. Las plantas que contienen una cantidad tal de nitrógeno que limita su crecimiento muestran síntomas de deficiencia que

consisten en clorosis general, especialmente en las hojas más antiguas (Salisbury y Ross, 1994; Horton *et al.*, 1996; Toth *et al.*, 2002).

El exceso de nitrógeno podría producir una caída en los rendimientos, especialmente ante la ocurrencia de estrés en el período crítico (Andrade *et al.*, 1996).

2.14.2 Potasio (K^+)

Después del N, el K^+ es el nutrimento mineral requerido en mayor cantidad por las plantas y alrededor del 96% del K^+ total que alcanza las raíces lo hace por difusión (Oliveira *et al.*, 2004) además se caracteriza por su alta movilidad a todos los niveles de la planta (Epstein y Bloom, 2005; Shabala, 2003).

El K^+ es requerido para uniformar la maduración e incrementar la acumulación de ácidos orgánicos en los frutos, logrando con ello buena calidad y sabor (Van Lune y Van Goor, 1977; Ho y Adams, 1995).

Es común encontrar reportes que indican que el tomate rojo, al igual que muchos otros cultivos hortofrutícolas, requieren grandes cantidades de K^+ acumulado en los frutos para lograr incrementar su calidad pero no definen esta magnitud (Adams, 1994).

El criterio de la calidad es controvertido debido a que se define con base en las características organolépticas, las cuales dependen del genotipo (Poysa, 1992), manejo del agua (Mitchell y Shennan, 1991), salinidad (Adams, 1991; Li *et al.*, 2001), estado nutricional de la planta y condiciones ambientales en la raíz y parte aérea (Ho y Adams, 1995), así como el manejo de postcosecha (Kader *et al.*, 1978) e incluso el rendimiento es independiente de la calidad de los frutos cosechados (Ho, 1996).

El incremento acelerado en la extracción de K^+ es debido, en gran parte, a la formación y el crecimiento de frutos, los cuales llegan a constituir el principal órgano demandante de K^+, con valores de 70 a 80% de la cantidad total extraída por la planta (Bugarín *et al.*, 2002).

El potasio es absorbido por la planta en su forma catiónica, K^+. La absorción en el suelo está relacionada a la concentración de otros cationes, como es el caso de magnesio (Mg^{++}), por problemas de competencia iónica, en la cual son absorbidos con mayor facilidad y velocidad los cationes que tienen una sola carga positiva que los que tienen mayor cantidad (Rodríguez, 1992).

2.14.3 Fósforo (P)

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de plantas, relacionado con muchos procesos metabólicos, ya que es fundamental en la transferencia de energía a través de esteres de fosfato y fosfatos ricos en energía. Es un constituyente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, fosfoproteínas, fosfoesteres, dinucleótidos y ADP.

El fosforo por ser un elemento poco móvil, no sufre grandes lixiviaciones sino que, no esta disponible para la planta (Navarro y Navarro, 2000).

2.14.4 Calcio (Ca^{++})

La función fundamental del calcio en la estabilidad de la membrana y en la integridad celular se refleja de varias formas. El calcio estabiliza las membranas celulares al unir el grupo fosfato y el carboxílico en fosfolípidos y proteínas, preferentemente en la superficie de la membrana (Marschner, 1995).

La mayoría de las funciones del calcio como componente estructural de macromoléculas tienen relación con su capacidad de coordinación, mediante la cual el calcio provee mecanismos de conexión intermoleculares estables, pero reversibles, predominantemente en las paredes celulares y en la membrana plasmática (Marschner, 1995).

En el interior de la planta es un elemento poco móvil interviniendo en la forma de los *pectatos* de calcio de la laminilla media de las células que intervienen en el proceso de absorción de los elementos. El calcio forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las células regulando la presión osmótica de la misma. Interviene en la formación de la *lecitina*, que es el fosfolípido

importante en la membrana celular, siendo un factor importante en la permeabilidad de estas membranas. Igualmente actúa en la división mitótica de las células, en el crecimiento de los meristemos y en la absorción de nitratos (Rodríguez, 1992).

El calcio es absorbido como ion divalente Ca^{++} a través del sistema radicular por el flujo generado por la corriente transpiratoria, o por difusión desde una zona de mayor concentración a una zona de menor concentración de iones, siendo la primera responsable del grueso de la absorción. Estos procesos ocurren principalmente en los pelos radicales y en los ápices de raíces jóvenes, aún no suberizadas (Silva, 1991). La absorción de calcio es esencialmente proporcional a la absorción de agua y ésta es afectada por la transpiración del follaje, por la luz, por la humedad y por la temperatura de las raíces. Por lo que un aumento de los niveles de calcio en frutos de tomate provoca una rápida expansión y aumento en las paredes y membranas celulares, mejorando la calidad y disminuyendo los desordenes fisiológicos asociados a deficiencia de calcio (Ho, 2000).

Es bien conocido que el calcio se desplaza unidireccionalmente a larga distancia vía xilema, y que es prácticamente inmóvil en el floema, por lo que los factores que afectan al ritmo de transpiración afectan de forma notable la disponibilidad de calcio en los tejidos distales de la raíz y de los órganos en crecimiento no transpirantes (Guzmán, 2000).

2.14.5 Magnesio (Mg^{++})

El Mg^{++} es un elemento esencial y es componente químico de la molécula de clorofila, por lo que es fundamental para la fotosíntesis, forma parte de varias proteínas de las plantas e interviene en el metabolismo de los carbohidratos. La deficiencia de Mg^{++} afecta el rendimiento de azúcar. Los síntomas de esta deficiencia se presentan en forma de lesiones necróticas de intenso color rojo en la hoja, dándole una apariencia rojiza. En avanzadas etapas de deficiencia de este elemento, las hojas jóvenes se tornan verde claro antes de aparecer pequeñas manchas necróticas, los tallos se hacen delgados y con entrenudos cortos. También puede ocurrir oscurecimiento interno del tallo (Anderson, 1992)

Sonneveld (1987) citado por Zérega *et al.* (1997), altos valores de conductividad eléctrica incrementan síntomas de deficiencias de Mg^{++}. La deficiencia de un catión crea posibilidades para la alta absorción de otro catión.

Las altas aplicaciones de K^{+} y Ca^{++} inducen deficiencias de Mg^{++}, por que afecta su concentración proporcional y altas dosis de N inducen absorción de Mg^{++} (Anderson, 1992).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización Geográfica del Sitio Experimental

Dos experimentos: casa sombra y campo abierto en el cultivo de pepino, se realizaron en primavera-verano del 2010 en la Estación Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada, CIQA (25° 27N, 101° 02´O) con una altitud de 1520 msnm.

3.2 Características Edafoclimáticas del Sitio Experimental

3.2.1 Clima

De acuerdo a la clasificación climática realizada por Köepen, y modificada por (García, 1984), el clima de Saltillo, Coahuila se define como seco estepario con la formula climática BsoK (x´) (e´).

Donde:

Bso: Es el clima mas seco de los Bs.

K: Templado con verano cálido, siendo la temperatura media anual entre 12 y 18°C, y la temperatura media del mes mas caluroso de 18°C.

(x´): Régimen de lluvias intermedias entre verano e invierno.

(e´): Extremoso con oscilaciones entre 7 y 14°C.

La temperatura y precipitación medias anuales son de 18°C y alrededor de 360 mm respectivamente, los meses más lluviosos son de junio a septiembre, la evaporación promedio mensual es de 178 mm; los valores más altos se alcanzan en los meses de mayo y junio con 236 y 234 mm respectivamente (Callejas, 1988).

3.2.2. Suelo

El tipo de suelo que presenta el campo experimental es de textura limo-arcillosa, con contenidos de arcilla (42.0%), limo (45.4%) y arena (12.0%). Es ligeramente

salino, con una conductividad eléctrica de 9.7 mmhos/cm y medianamente alcalino, presentando un pH de 8.1. Se le considera medianamente rico en materia orgánica (2.38%), con contenidos pobres de nitrógeno total y potasio intercambiable, contenidos medianos de fósforo aprovechable y altos contenidos en carbonos totales. La capacidad de campo es de 28.0% y el punto de marchitez permanente de 15.2%, con una densidad aparente de 1.25 g/cm^3.

3.2.3 Calidad del Agua de Riego

El agua de riego es de clase C_3, S_1, de calidad media, apta para suelos bien drenados (Munguía, 1985).

3.3 Características del Experimento

Los tratamientos evaluados fueron: acolchado color negro, azul, rojo, blanco/negro y el testigo sin acolchar (Cuadro 1). Las películas fueron de 1.20 m de ancho y 0.030 mm de espesor, los plásticos fueron instalados sobre la superficie del suelo con una cara de exposición de 0.60 m en campo abierto y 0.80 m en casa sombra.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos con acolchados de diferentes colores en el cultivo de pepino.

Tratamiento	Descripción	Abreviación
T1	Acolchado Plástico Negro.	APN
T2	Acolchado Plástico Azul.	APA
T3	Acolchado Plástico Rojo.	APR
T4	Acolchado Plástico Blanco/Negro.	APB/n
T5	Testigo sin acolchar.	TES

3.3.1 Campo Abierto

La parcela experimental consistió de surcos de 7 metros de largo y una distancia entre centro de camas de 1.8 metros, la siembra se realizó a una hilera de plantas por cama, con una separación de 0.20 metros entre plantas dando una dimensión del área experimental de 403 m^2.

3.3.2 Casa Sombra

Se utilizó una malla sombra color cristal 50% de sombra. Las camas fueron de 6 metros de longitud con una separación entre centro de camas de 1.8 metros, se sembró a doble hilera a una distancia entre plantas de 0.40 metros, dando una dimensión del área experimental de 230 m^2.

3.4 Material Genético

Se utilizó semilla de la compañía Seminis en una presentación en lata que contenía semilla del híbrido Dasher II y como polinizador semillas de la variedad Poinsett 76.

Dasher II: Híbrido ginoico, vigoroso y productivo de excelente cuaje de flores. Fruto recto, verde oscuro, 20 x 6 cm, espinosidad media y peso alrededor de 350 g. Excelente rendimiento. Resistente a Virus del Mosaico del Pepino, *Pseudomas Psyringae pv Lachrymans, Antracnosis* raza 2, *Mildiu Polvoso, Mildiu algodonoso y Cladosporium cucumerinum*. Ciclo: 50-60 días a cosecha aproximadamente.

Poinsett 76 Variedad moderadamente vigorosa y adaptable a diversas condiciones climáticas. Frutos monoicos, 19 x 6 cm, de forma cilíndrica y color verde oscuro. Resistente a *Pseudomas Psyringae pv Lachrymans, Antracnosis* raza 2, *Mildiu Polvoso, Mildiu algodonoso* y *Cladosporium cucumerinum*. Ciclo: 65 días a cosecha aproximadamente.

3.5 Establecimiento del Experimento

3.5.1 Preparación del Terreno

La preparación del terreno se hizo en forma mecánica con las siguientes labores: barbecho, nivelación, dos pasos de rastra para desmenuzar los terrones del barbecho e inmediatamente la formación de camas, por lo cual fue necesario utilizar un tractor e implementos.

3.5.2 Colocación de Cubiertas Para Acolchado

Se procedió a la colocación de la cinta de riego y del acolchado en forma manual. Los plásticos se instalaron sobre la superficie del suelo con una cara de exposición de 0.60 y 0.80 m. para campo abierto y casa sombra respectivamente. Para el sistema de riego se utilizó cinta de riego (T-Tape; T-Systems Intl., San Diego, Cal.) con emisores espaciados a 30.5 cm y un flujo de 0.98 L/h, colocando dos cintas de riego por surco en casa sombra y una cinta en campo abierto. La perforación al plástico se realizó con un tubo caliente de 2 pulgadas de diámetro.

3.5.3 Siembra

La siembra se realizó el 14 y 15 de mayo del 2010 en casa sombra y campo abierto respectivamente, la cual se efectuó de forma directa y manual a doble hilera en tresbolillo para casa sombra con una distancia de 0.40 metros entre plantas y de 1.60 metros entre surcos. Para campo abierto la siembra fue a una sola hilera con una distancia de 0.20 metros entre plantas y 1.80 metros entre surcos.

3.5.4 Tutorado

Para mantener la planta erguida en campo abierto, se utilizaron estacones de madera de 2.50 metros de longitud; el tutor vertical se colocó a 0.50 metros bajo la superficie del suelo. La distancia entre estacones en la hilera fue de 2 metros; se colocó una hileras de alambre galvanizado # 16 a 20 cm del suelo y otro a 2 metros de altura y a estos se fue sujetando la rafia tejiendo una especie de red, conforme la planta fue creciendo se fue sujetando al hilo.

En casa sombra se realizó un tutorado tradicional en el cual la rafia en un extremo va sostenida en la parte de arriba en el alambre y en la zona basal de la planta (enredado o sujeto al tallo). Conforme la planta fue creciendo se fue sujetando mediante el hilo tutor, hasta que la planta alcanzó el alambre donde se le dio la vuelta para después descender.

3.5.5 Deshierbes

En los tratamientos acolchados y suelo desnudo se realizó un control manual durante todo el ciclo del cultivo, principalmente en los testigos que fueron los que presentaron más maleza, principalmente coquillo (*Cyperus rotundus L.*).

3.5.6 Aplicación de Agroquímicos

Las aplicaciones de productos se realizaron en forma preventiva y de control con el fin de combatir las plagas y enfermedades que atacaron al cultivo, además de la aplicación de fertilizante foliar para mejorar la fisiología de la planta (Poliquel y Foltron). Los productos más aplicados fueron Tecto 60, Disparo, Platino, Previcur, Trigard, Promyl, Amistar, Captan y Nufilm (adherente).

Para la aplicación de estos productos se utilizó una mochila de aspersión manual con capacidad de 15 litros. La mosquita blanca *(Bemisia tabaci)* y minador de la hoja (*Liriomyza trifolii)* fueron las principales plagas que se presentaron en el desarrollo del cultivo, mientras que damping off fue la enfermedad mas recurrente en campo abierto.

3.5.7 Fertilización

Se fertilizó con la fórmula 240-240-100 de NPK, la cual fue repartida en 10 aplicaciones durante el ciclo vegetativo del cultivo, se aplicó a través de la cinta de riego por goteo semanalmente.

3.6 Variables Evaluadas

3.6.1 Área Foliar

Como indicadores de crecimiento se determinó en cada tratamiento área foliar (LI-3100, LI-COR, Inc. Lincoln, Nebraska, E. U.).

La determinación del área foliar consistió en defoliar dos plantas de cada unidad experimental, lo cual se realizó a los 15, 30, 45 días después de la siembra (dds), considerando dos plantas por tratamiento y repetición. Las plantas cosechadas

estaban rodeadas al menos por una planta no muestreada en cada costado y no fueron visiblemente diferentes de plantas identificadas típicas en ese tratamiento, tales plantas se cortaron a nivel de suelo. Las plantas fueron cosechadas en bolsas de papel para prevenir el desecamiento y procesadas durante las 4 horas posteriores de la cosecha.

3.6.2 Peso Seco de Planta

El peso seco por planta fue determinado después de secar las muestras en una estufa de aire caliente a 70°C durante 48 horas hasta obtener peso seco constante para posteriormente ser pesadas en una báscula digital.

Las plantas fueron separadas en hoja y tallos, con la suma de ambas masas se obtuvo la masa seca por planta.

3.6.3 Evaluación de Cosecha

Se realizó manualmente cuando los frutos presentaron un estado maduro y un color verde intenso, realizando de 1 a 2 recolecciones por semana, se contabilizó el número de frutos y se obtuvo el peso, se cosecharon 13 y 20 plantas por unidad experimental en campo abierto y casa sombra respectivamente, a las cuales se les determinó el rendimiento y se transformó a kg/planta. Para la variable de rendimiento se contabilizó el rendimiento precoz (RP) que fue la producción acumulada en los primeros 15 días de recolección, rendimiento comercial (RC) que son los frutos con características físicas bien presentadas con un peso superior a los 200 g, rendimiento rezaga (RR) con frutos pequeños de peso inferior a los 200 g y el rendimiento total (RT).

3.6.4 Temperatura del Suelo

Se determinó por la medición de la temperatura al centro de la cama a 10 cm de profundidad del acolchado plástico y de la superficie del suelo. La temperatura del suelo durante la estación de crecimiento se midió con termopares cobre constantan (0.6 mm de diámetro) conectados a un data logger (CR23X; Campbell

Scientific, Logan, Utah, USA) conectado a un multiplexor (AM25T; Campbell Scientific). El data logger se programó para registrar temperatura cada 10 segundos y almacenarlas en promedio cada día para tres repeticiones en cada tratamiento al suelo en campo abierto y casa sombra considerando en la acumulación temperatura media.

La fórmula utilizada para determinar las unidades calor es:

$$\sum UC = \frac{(TSMax + TSMin)}{2} - Tbase$$

Donde:

TS Máx. y TS Mín. son temperaturas de suelo máxima y mínima respectivamente.

Se consideró temperatura base 10°C. La determinación de las unidades calor se hizo durante los primeros 60 días del ciclo del cultivo.

3.6.5 Mediciones Fisiológicas

Para medir el grado de modificación provocado por el acolchado plástico, las variables fisiológicas se midieron entre las 11 y 15 horas en la cuarta hoja en dirección basípeta, las mediciones fueron: radiación fotosintéticamente activa (μmol m^{-2} seg^{-1}), temperatura de aire (°C), temperatura de hoja (°C), concentración de CO_2 ambiental (ppm), humedad relativa (%), déficit de presión de vapor (mb), tasa fotosintética unitaria (μmol CO_2 m^{-2} seg^{-1}), contenido de CO_2 intercelular (ppm), resistencia estomática (s cm^{-1}), conductancia estomática (cm s^{-1}) y tasa transpiratoria unitaria (μmol H_2O m^{-2} seg^{-1}). Estas variables se midieron en cinco fechas: 15, 30, 45 y 55 y 65 dds. Las mediciones fueron hechas, con un aparato portátil de fotosíntesis, LI-6200 (LI-COR, Inc. Lincoln, Nebraska, E. U.).

3.6.6 Análisis de Nutrimentos

Las hojas y frutos obtenido en la cosecha final previamente secos se llevó a molienda en un molino Analytical Mill (marca Tekmar Co. Modelo A-10), las

muestras fueron enviadas a la Universidad Autónoma Chapingo. A partir de este material, se procedió a determinar la concentración de N, P, K^+, Ca^{++} y Mg^{++}.

El N total fue determinado en base al método de Micro-kjeldalh (Chapman y Pratt, 1973) en el cual el material previamente molido (0.5 g) se llevó a digestión con una mezcla de H_2SO_4:$HClO_4$ (2:1 ml) y 2 ml de H_2O_2 al 30%, la concentración de nitrógeno se obtuvo mediante titulación con H_2SO_4 0.05 N.

La concentración de K^+ en los tejidos se determinó con un Flamómetro Corning 400, tomando una muestra del digestado obtenido a partir de 0.5 g de muestra molida a la que se le añadieron 4 ml de una mezcla de H_2SO_4:$HClO_4$ (2:1 ml), llevada a calentamiento (50°C) y posteriormente se le añadieron 2 ml de H_2O_2 al 30 % (Alcántar y Sandoval, 1999).

La concentración de P, Ca^{++} y Mg^{++} se determinaron por Espectrometría de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES VARIAN, modelo Liberty) utilizando el extracto diluido (1:50) obtenido con la digestión ácida de las muestras secas.

3.7 Diseño Experimental

En campo abierto como en casa sombra, el diseño experimental que se utilizó fue el de bloques completos al azar con 5 tratamientos (negro, azul, rojo, blanco/negro y el testigo sin acolchar), con 3 repeticiones. El modelo estadístico de este diseño es:

$$Yij = \mu + Ti + \beta j + Eij$$

Donde:

Yij = Variable aleatoria observable.

μ = Media general.

Ti = Efecto del i-ésimo tratamiento.

βj = Efecto del j-ésimo bloque.

Eij = error experimental para cada observación (ij).

i = 1,2,...t (tratamientos)

j = 1,2,...r (repeticiones)

Los datos fueron analizados usando el SAS 9.2, PROC GLM (SAS Inst., Cary, North Carolina, EU).

En aquellos casos en que el análisis de varianza indicó que al menos un tratamiento fue distinto de los otros en cuanto a los resultados ($P \leq 0.05$), se realizó una comparación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey, comparando todos los tratamientos entre sí, con una probabilidad de error de 5%.

Para realizar un comparativo entre ambientes (campo abierto, casa sombra) se utilizo un diseño experimental en bloques completos al azar, con tres repeticiones en un arreglo de parcelas divididas.

3.7.1 Prueba de Tukey

El procedimiento es calcular un valor de DMS de acuerdo con la ecuación:

$$\text{DMSH} = q_{(\alpha,\, t,\, g.l.)} S_{\bar{X}}$$

Donde

$q_{(\alpha,\, t,\, g.l.)}$ Es un valor tabular de Tukey, que se encuentra en las tablas con el número de tratamiento (t), los g. l. del error y el nivel de significancia (α) apropiado.

$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{CM(error)}{r}}$ Error estándar de la media.

3.7.2 Modelos de Regresión

La selección entre variables se hizo mediante análisis de regresión lineal y cuadrática para analizar la relación existente entre estas.

IV.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la interpretación de los resultados obtenidos, los datos fueron tomados de plantas representativas de cada unidad experimental, en las cuales se tomó en cuenta que estuvieran totalmente sanas tanto de enfermedades como de daños físicos, además, los datos de las variables fisiológicas representan mediciones instantáneas en momentos específicos, que difícilmente pueden permanecer constantes durante todo el ciclo vegetativo del cultivo. Cuando se hace referencia a cuadros, estos se encuentran en el apéndice.

4.1 Campo Abierto

4.1.1 Área Foliar

Las variaciones del área foliar para cada uno de los tratamientos a través del tiempo se presentan en el Cuadro 2. Encontrando diferencia significativa ($p \leq 0.01$) únicamente a los 15 dds entre el testigo y cada uno de los tratamientos de plástico, pero no dentro de los colores de plástico.

Al inicio del ciclo, las plantas crecidas en el APN produjeron el mayor valor de AF con 901.22 cm^2 $planta^{-1}$, sin embargo, este no fue estadísticamente diferente al AF producida por los demás tratamientos acolchados. El testigo tuvo el menor valor de AF con 273.62 cm^2 $planta^{-1}$, (Figura 1) siendo este último superado en un 229.36% por lo producido en el APN. La diferencia de producción de área foliar entre los tratamientos acolchados y el suelo desnudo pudo haber sido causado por una mayor disponibilidad de nutrimentos (Quezada *et al.,* 1992; Ibarra y Rodríguez, 1991; Pérez-González, 2003). Resultados similares a los del presente estudio son reportados por Inzunza *et al.* (2007) en el cultivo de chile, que reportó que los tratamientos acolchados produjeron mayor cantidad de materia seca y área foliar que los tratamientos sin acolchar durante todo el desarrollo del cultivo.

Sin embargo, a los 45 dds se observa que el testigo se comporta de una forma similar o superior al APN y APR, lo cual podría deberse a que el efecto de las películas de plástico en la temperatura del suelo se produce sobre todo a principios del cultivo ya que durante el crecimiento, en etapas posteriores sería de

esperarse que la temperatura del suelo afecte en menor medida el crecimiento del área foliar porque el follaje intercepta la mayor parte de la radiación, disminuyendo el efecto de temperatura, lo cual podría estar relacionado también con una disminución en la absorción de nutrientes y agua.

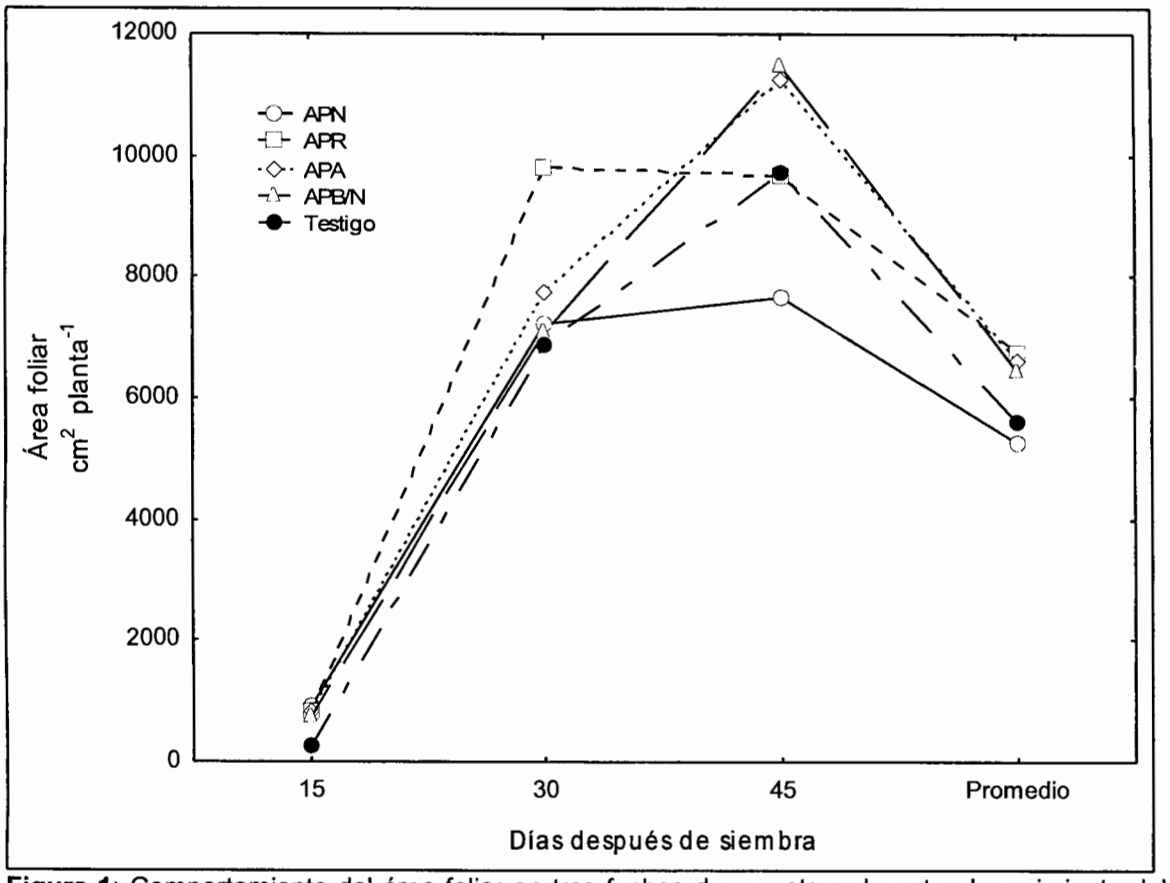

Figura 1: Comportamiento del área foliar en tres fechas de muestreo durante el crecimiento del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

Esto coincide con algunos autores que mencionan que la temperatura de la zona radicular influye en los procesos fisiológicos en las raíces como la absorción de agua y nutrientes minerales (Cooper, 1973; Dodd *et al.*, 2000; Tindall *et al.*, 1990).

4.1.2 Biomasa

El acolchado plástico favoreció considerablemente la producción de materia seca con respecto al tratamiento sin acochado (Figura 2), esta condición fue estadísticamente diferente ($p \leq 0.01$) a los 15 dds, en la cual las plantas en el APN generaron la mayor acumulación de masa seca con 6.12 g planta^{-1}, sin embargo,

no fue estadísticamente diferentes a las plantas desarrolladas en los otros colores de acolchado (Cuadro 5), el suelo desnudo con tan solo 1.87 g planta^{-1} es superado por el APN, APA, APR y APB/N en un 227.3%, 206.4%, 205.9% y 178.1%, respectivamente.

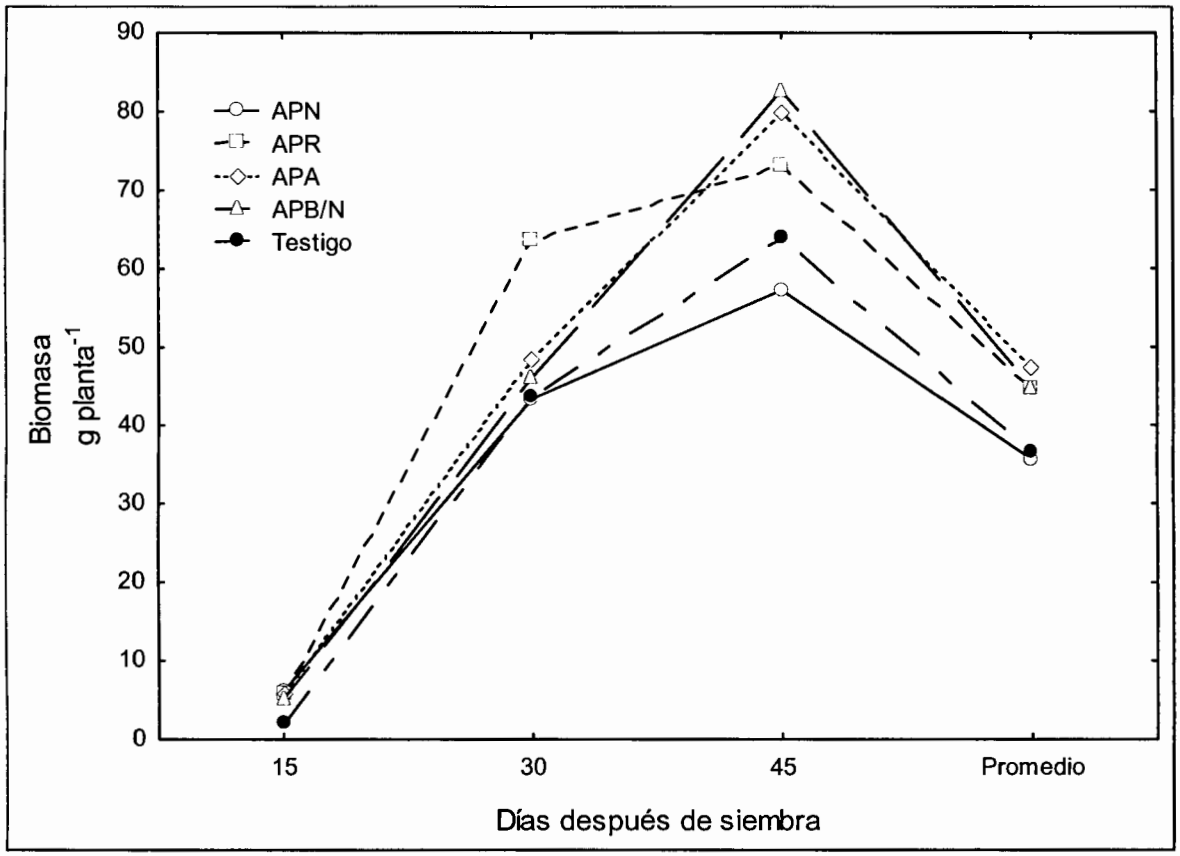

Figura 2: Acumulación de biomasa en tres fechas de muestreo durante el crecimiento del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

La diferencia de producción de materia seca entre los tratamientos acolchados y el suelo desnudo puede ser consecuencia de la modificación de factores microambientales que inducen cambios a nivel estomático y del sistema vascular, así como en temperatura del suelo (Mendoza *et al.*, 2005), o bien por la toma diferencial de elementos nutritivos de acuerdo con el color del acolchado (Díaz-Pérez *et al.*, 2005; Subrahmaniyan *et al.,* 2008).

Sin embargo, a los 45 dds la producción de materia seca no fue consistente ya que las plantas en suelo desnudo mostraron similar o superior ($p \leq 0.05$) acumulación de biomasa en comparación con plantas en acolchado plástico,

resultados similares fueron reportados por Ibarra *et al.* (2011) en el cultivo de papa con acolchado plástico negro, blanco/negro, plata/negro y aluminio/negro, a los 59 y 66 dds ya que las plantas en suelo desnudo mostraron similar o superior área foliar y materia seca en comparación con plantas en acolchado plástico.

4.1.3 Unidades Calor

En las unidades calor se observan diferencias significativas ($p \leq 0.01$) (Cuadro 6) y una clara superioridad de las plantas en acolchados plásticos sobre plantas en suelo sin acolchar a lo largo del ciclo del cultivo (Figura 3), durante los primeros 20 dds se presentó la mayor acumulación de unidades calor la cual ocurrió en el APA con 18.62 UC a los 10 dds y 17.73 UC a los 20 dds, superando al testigo en 3.91 y 3.32 UC respectivamente. Lo cual se debe a que el acolchado azul calienta más el suelo que el resto de los colores que registraron valores de 18.60 y 16.85 UC en APN, 17.59 y 17.01 UC en APR, 16.52 y 16.04 UC en APB/N.

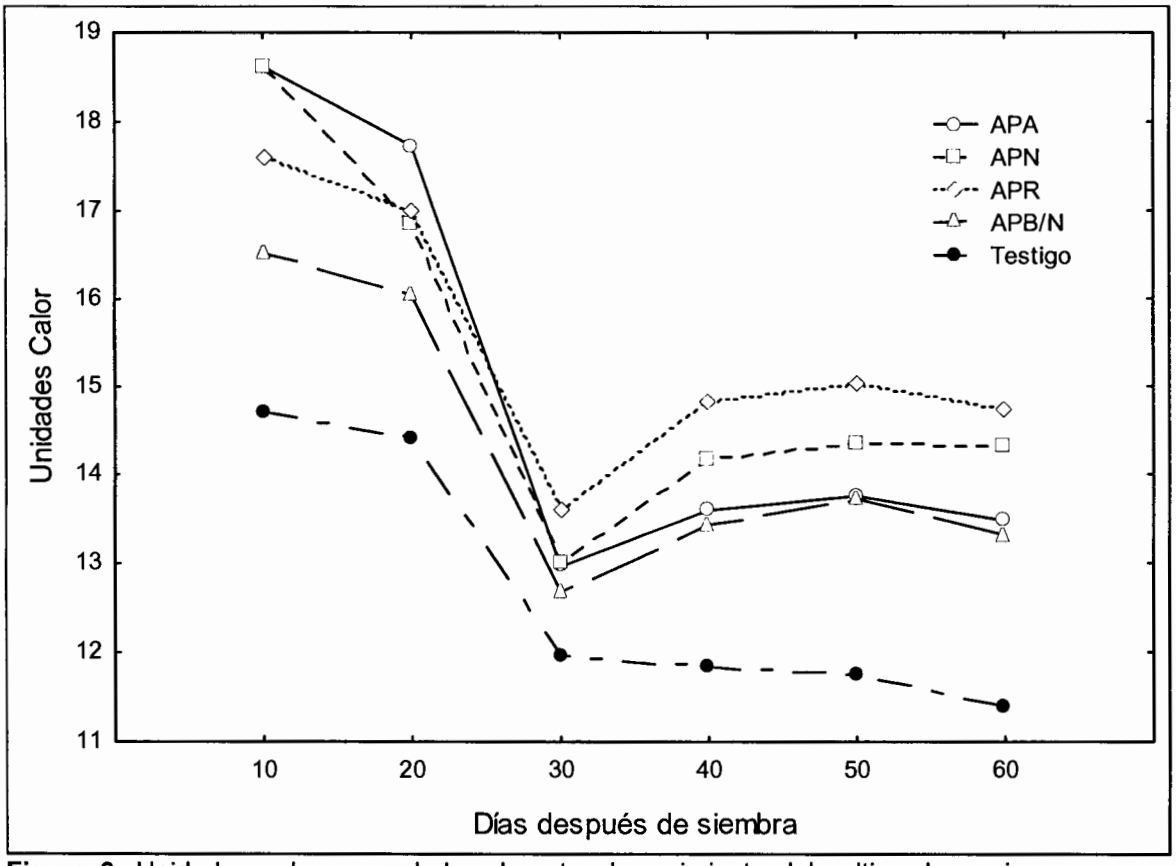

Figura 3: Unidades calor acumuladas durante el crecimiento del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

Después de los 20 dds la acumulación de unidades calor disminuyó en todos los tratamientos lo cual pudo haber ocurrido por la cobertura del follaje como se ha venido mencionando previamente. Martínez (1997) menciona que los mayores valores de las temperaturas del suelo son en los primeros días de cobertura plástica, debido a que en este periodo de desarrollo, el cultivo tiene una baja cobertura de follaje que cubra el acolchado plástico, después esto ya no es así.

En promedio estadísticamente ($p \leq 0.01$) el APR es el que acumuló más calor con 92.77 UC, superando en un 21.95% al testigo que presentó la menor acumulación de unidades calor. Celis (2005) menciona que la temperatura de un suelo acolchado es mayor en comparación a la de un suelo desnudo, esto se logra mediante la barrera física que crean las películas plásticas, pero también depende la pigmentación, es decir del color del plástico y la transmitancia de la radiación solar a través de la película plástica.

4.1.4 Variables Fisiológicas

En las variables fisiológicas se puede observar que únicamente se encontró diferencias significativas ($p \leq 0.01$) (Cuadro 14) en resistencia estomática (RE), conductancia estomática (CE) y transpiración a los 15 dds. En RE se observó diferencia significativas en relación al testigo pero no entre tratamientos acolchados, Munguía *et al.* (2004) en el cultivo de melón en acolchado de polietileno negro mostró que la RE tiende a ser mayor en el suelo acolchado, lo cual pudo ser influenciado por el incremento de la temperatura del plástico debido a que altas temperaturas del suelo pueden provocar el cierre de los estomas. Los valores menores de RE en la sección sin acolchar se pueden deber a las menores temperaturas de las camas húmedas. La CE y transpiración los valores son mayores en el testigo que en los tratamientos acolchados pero no entre estos. Se observó que la tasa transpiratoria disminuyó con el aumento de la resistencia estomática (Cuadro 14).

Por otro lado se observó que para radiación fotosintéticamente activa, temperatura de aire, temperatura de hoja, CO_2, humedad relativa, déficit de presión de vapor,

fotosíntesis y CO_2 intercelular no existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 10, 11, 12 y 13) en los muestreos realizados a los 15, 30, 45, 55, 65 dds durante el desarrollo del cultivo.

Se presentó una relación entre la fotosíntesis neta y la temperatura del aire (Figura 4) ya que con la temperatura del aire la fotosíntesis neta aumentó, hasta llegar a un punto donde a una alta temperatura la fotosíntesis neta desciende, lo que se debe a que la temperatura del aire al ser elevada se puede producir un desequilibrio entre el estado hídrico de la hoja y el flujo de transpiración, de manera que si la demanda evapotranspirativa supera a la absorción por las raíces, los estomas se cierran y se frena el intercambio gaseoso.

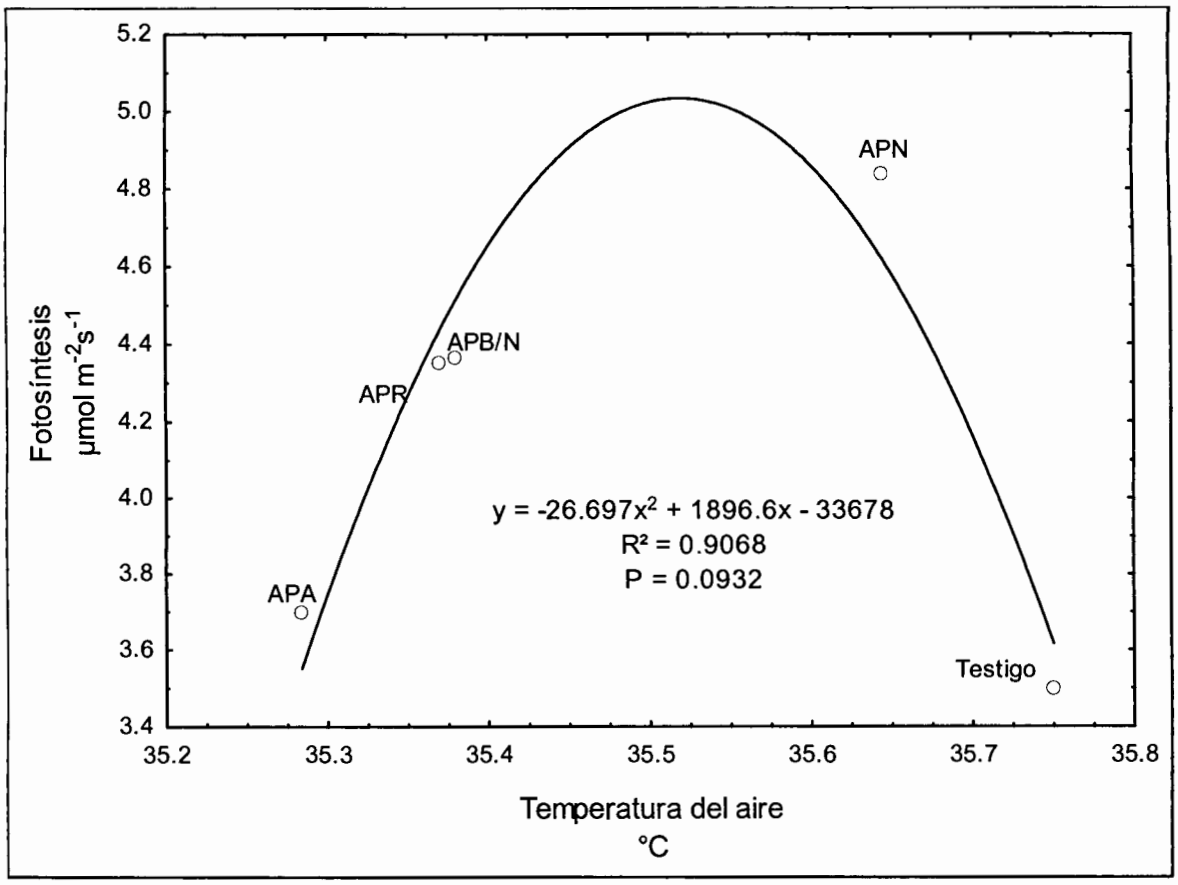

Figura 4. Relación entre fotosíntesis y temperatura del aire en el cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

La disminución en la fotosíntesis neta también se pudo deber a una caída en la fotosíntesis total con altas temperaturas, pero como la tasa de respiración es menos afectada por temperaturas excesivas, el balance neto disminuye. Algunos

autores como Xu y Huang (2001) reportan que a altas temperaturas del aire y del suelo pueden repercutir en una reducción en la tasa de fotosíntesis neta, incremento de la respiración de la raíz y la parte aérea y en el contenido de carbohidratos de plantas.

4.1.5 Análisis de Nutrimentos en Hoja

Se realizó análisis de varianza a los valores medios de las concentraciones de elementos minerales en la hoja, la absorción de los elementos es un proceso que ocurre día a día, por ese motivo los valores son crecientes mientras haya crecimiento en la planta. Para este experimento solo se tomó una muestra al final del experimento en el Cuadro 15 se muestra que hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre tratamientos para K^+, Mg^{++} y P, no así en N y Ca^{++}.

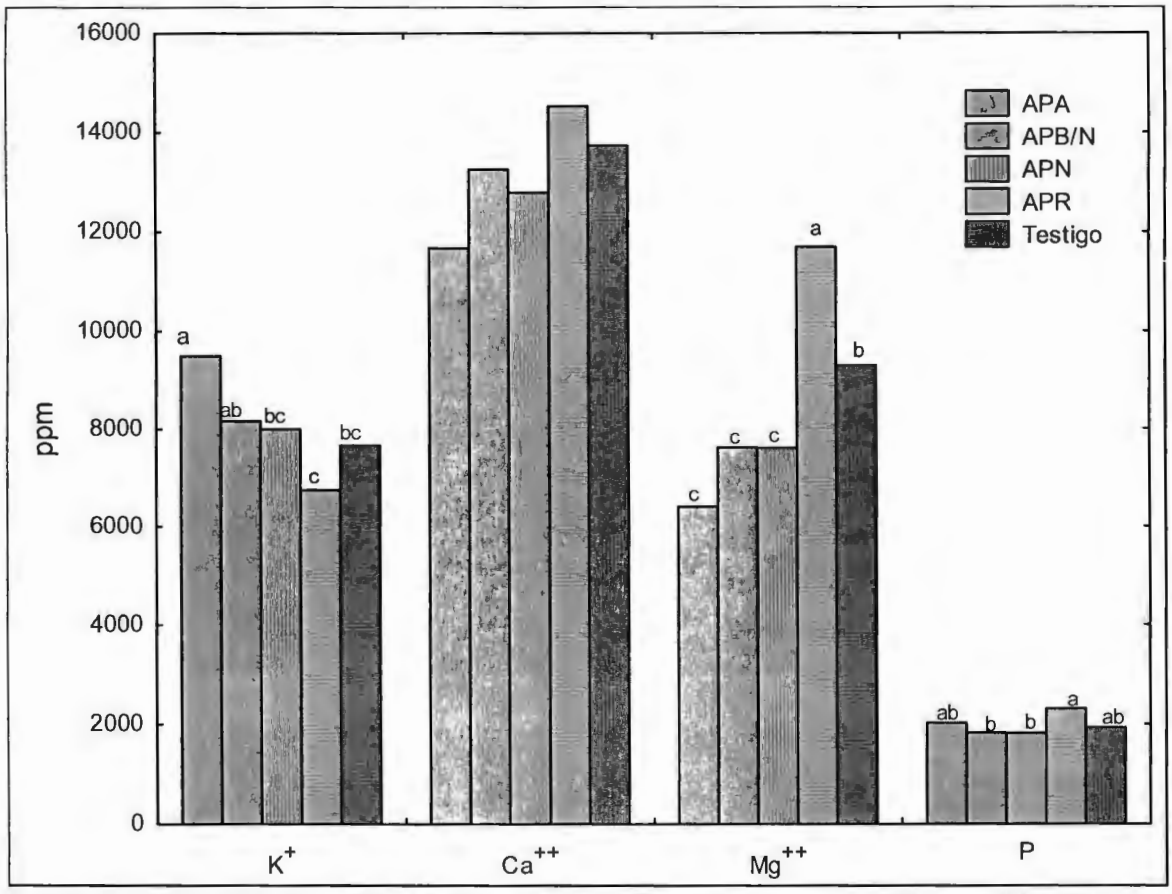

Figura 5: Análisis de nutrimentos en hoja del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

El análisis de varianza para K^+ presentó diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en las concentraciones en respuesta al uso de acolchado de colores, donde el acolchado azul presentó la mayor concentración de este elemento 9500 ppm, el tratamiento con acolchado rojo fue el que presentó el menor valor 6750 ppm (Figura 5), además de superar estadísticamente a la concentración de las plantas en suelo desnudo. Este comportamiento indica que la modificación de la radiación influyó sobre la temperatura del suelo y esta en la tasa de asimilación de nutrimentos. Para Mg^{++} se observan diferencias significativas ($p \leq 0.01$) donde las plantas crecidas en el APR presentó la mayor concentración de Mg^{++} con 11697 ppm sin embargo, las plantas en suelo desnudo superaron a las del APN, APB/N y APA teniendo la menor concentración de Mg^{++} siendo estadísticamente iguales. Mientras que para la concentración de P se observó que la más alta concentración de este nutriente se presentó con el APR con 2308 ppm siendo significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) al color azul, blanco/negro, negro y al suelo desnudo. En el caso de Ca^{++} y N no se encontraron diferencias estadísticamente diferentes entre colores de acolchado (Cuadro 15). Dichos resultados podrían deberse a la modificación de la temperatura del suelo por el uso de acolchado plástico de colores que también aumenta el contenido de algunos minerales en hojas y semilla. Misle y Norer (2001); Robledo *et al.* (2010) mencionan que con el uso de acolchado plástico además de mejorar el manejo y control de malezas, mejora la absorción de elementos nutritivos.

4.1.6 Análisis de Nutrimentos en Fruto

Para el análisis de nutrimentos en fruto se encontraron diferencias significativas ($p = \leq 0.05$) para K^+, Ca^{++} y P (Cuadro 16), de aquí sólo el K^+ presentó la mayor extracción quizá debido a que a altas concentraciones de K^+ al nivel de la zona de consumo de lujo, tienen un efecto antagónico sobre la absorción de otros cationes como el Ca^{++}, Mg^{++}, Na^+ y NH^{4+} (Flores *et al.*, 2004; Qi y Spalding, 2004; Rus *et al.*, 2004). Observando en el testigo la mayor concentración con 25333 ppm pero los APN y APB/N indujeron una concentración significativamente menor que la de las plantas en suelo desnudo.

En cuanto al Ca^{++} se observó la más baja concentración de los elementos analizados, encontrando diferencias significativas ($p \leq 0.05$) donde el APB/N presentó la mayor concentración y la menor concentración en el APN (Figura 6), aunque en ninguno de los plásticos acolchados las plantas lograron superar la concentración de Ca^{++} comparado con las crecidas en suelo desnudo.

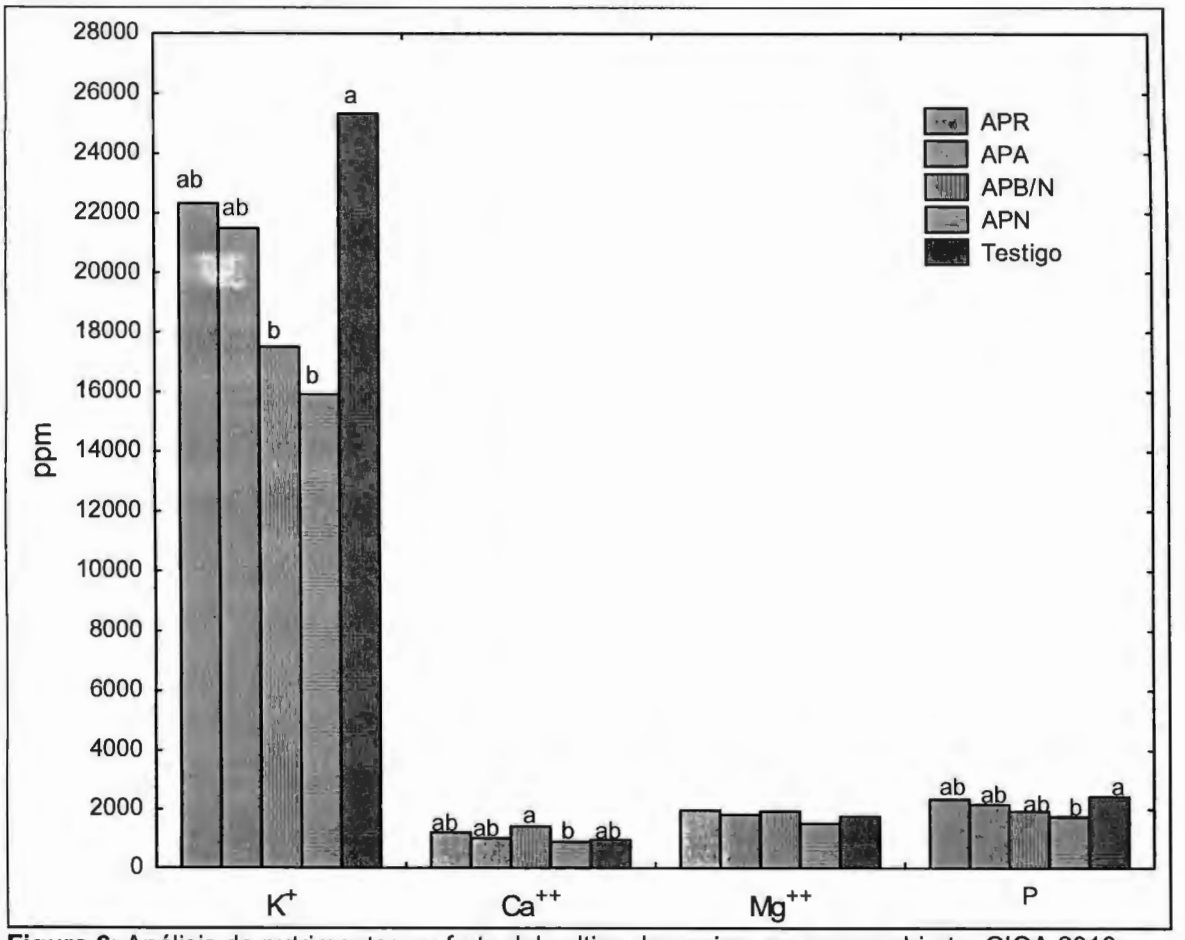

Figura 6: Análisis de nutrimentos en fruto del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

Algunos autores mencionan que muy poco Ca^{++} es traslocado fuera de las hojas una vez que ha sido asimilado por ellas. De esta forma los tejidos que están activos son dependientes del transporte de Ca^{++} con el agua a través del xilema (Adams, 1986). Es por esto que se observó poca concentración en fruto y una mayor concentración en la hoja.

Para P se registraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), donde el testigo una vez mas, presentó la mayor concentración con 2445 ppm y en APN se encontró la

menor concentración con 1757 ppm (Figura 6) lo que quizá se explica por una continua exposición a la TZR mayor a los 30°C como se demostró en tomate por Klock *et al.* (1996). La baja concentración tanto en hoja y en fruto puede ser explicada por Navarro (2000) quien menciona que el P por ser un elemento poco móvil, no sufre grandes lixiviaciones si no que no está disponible para la planta.

Para Mg^{++} y N no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Cabe destacar que se observó una mayor concentración de N en hojas que en fruto (Cuadro 15 y 16).

Resultados similares son reportados por Rincón, *et al.* (1998) que encontraron una concentración de N más elevada en las hojas, en frutos el contenido de N desciende durante el ciclo del cultivo como consecuencia del efecto de dilución, mientras que el P fue el macronutriente menos absorbido por el cultivo, siendo el K^{++} el que es absorbido en mayor medida en el periodo de engrosamiento de los frutos. Además mencionan que las hojas son los órganos de mayor concentración de Ca^{++} y Mg^{++} durante todo el ciclo de cultivo, presentando los frutos los porcentajes más bajos.

4.1.7 Rendimiento

Para la variable de rendimiento precoz se consideró la producción acumulada hasta la segunda recolección. Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) (Cuadro 17) destacando la superioridad de los acolchados sobre el suelo desnudo, presentándose la mayor producción en el APB/N, APN y APR, con un 52.2%,41.8% y 41.8% por encima del suelo desnudo. En rendimiento comercial también existieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) donde el APB/N presentó una mayor producción 1.86 kg planta^{-1} superando al suelo desnudo (1.67 kg planta^{-1}) con un 11.4%, mientras que en el rendimiento total la diferencia significativa ($p \leq 0.01$) mostró que el APB/N presentó el mayor rendimiento con 2.12 kg planta^{-1} y el testigo alcanzó solo 1.88 kg planta^{-1}.

Las plantas en acolchado, presentó un incremento del 52.2% en rendimiento precoz, 11.4% en rendimiento comercial y 12.7% en rendimiento total con respecto

a los tratamientos sin acolchado (Figura 7). Estos resultados se deben al incremento de materia seca y área foliar causados por la mayor disponibilidad de nutrimentos (Quezada *et al.,* 1992; Ibarra y Rodríguez, 1991), por el incremento de la temperatura del suelo en los tratamientos acolchados.

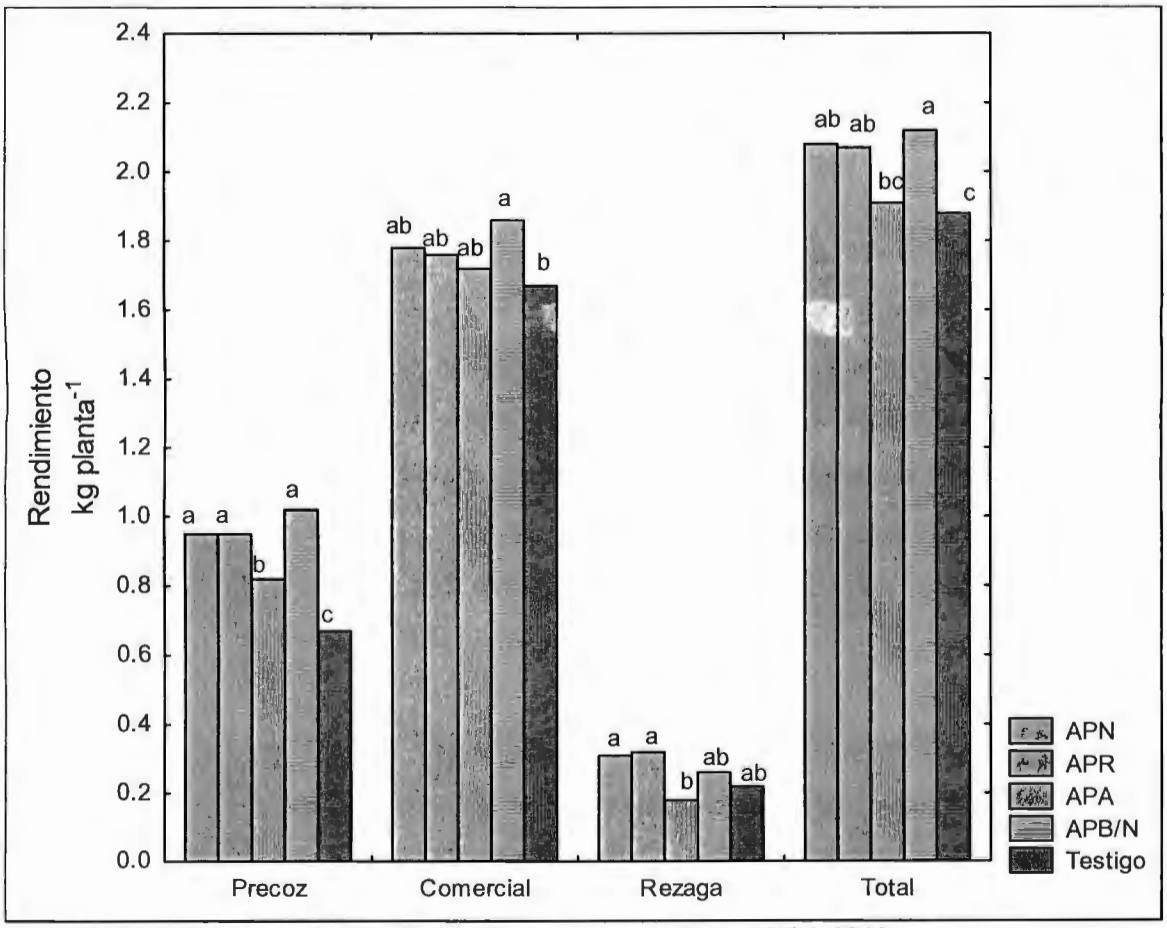

Figura 7: Rendimiento del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

En la Figura 8 se puede observar como a mayor acumulación de unidades calor en plantas acolchadas se afecta la producción de frutos comercializables, la mayor producción de frutos fue en el APB/N con 1.86 kg planta^{-1} y se obtuvo con la menor acumulación de unidades calor 85.69 UC. Lo cual se debe a que el color blanco de la cubierta plástica refleja 62% del espectro total de la radiación visible que en radiación fotosintéticamente activa es seis veces mayor que la del acolchado negro, por lo que la luz reflejada hacia el follaje de las plantas es

aprovechada por éstas en su actividad fotosintética con lo que se incrementa la productividad del cultivo (Decoteau *et al.*, 1989).

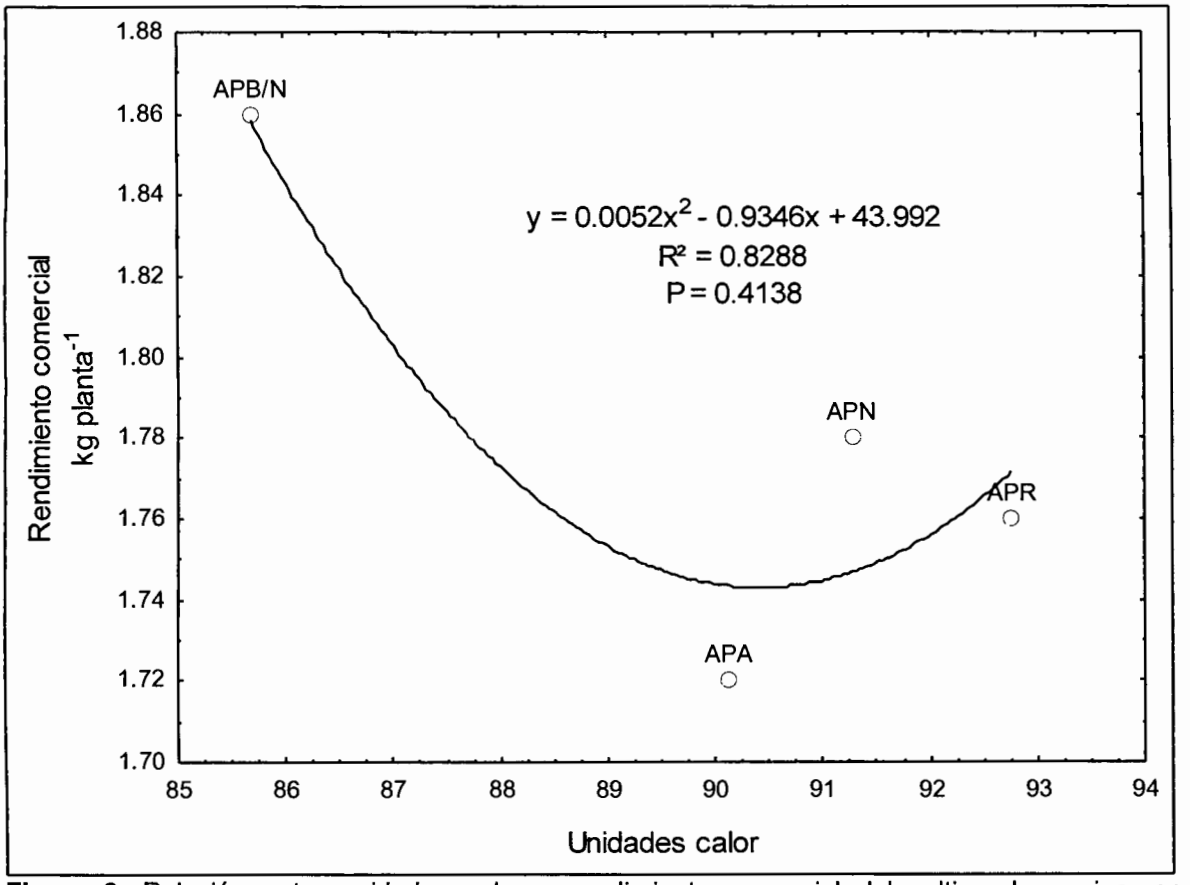

Figura 8. Relación entre unidades calor y rendimiento comercial del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

Los resultados coinciden con Ojeda, (2003) quien al trabajar con pepino en acolchado de colores, reportó que el crecimiento de pepino estuvo referido a la temperatura del suelo, obteniendo el mayor rendimiento en las películas de color blanco unicapa y coextruida, con un incremento en rendimiento precoz en 98.5% y 77.5% respectivamente, y un aumento en rendimiento total en 44% para ambos tratamientos.

En rendimiento, las plantas de pepino respondieron más favorablemente a la cobertura de color claro que a coberturas de colores oscuros en primavera cuando la radiación es mas alta, lo que sugiere que el pepino se desarrolla mejor en temperaturas del suelo menos calientes. Una correlación negativa entre la temperatura media del suelo y rendimiento total usando acolchado plástico se ha

reportado en tomate (Díaz-Pérez & Batal, 2002) cuando la cobertura de plástico induce temperaturas del suelo superiores a los 26.7°C.

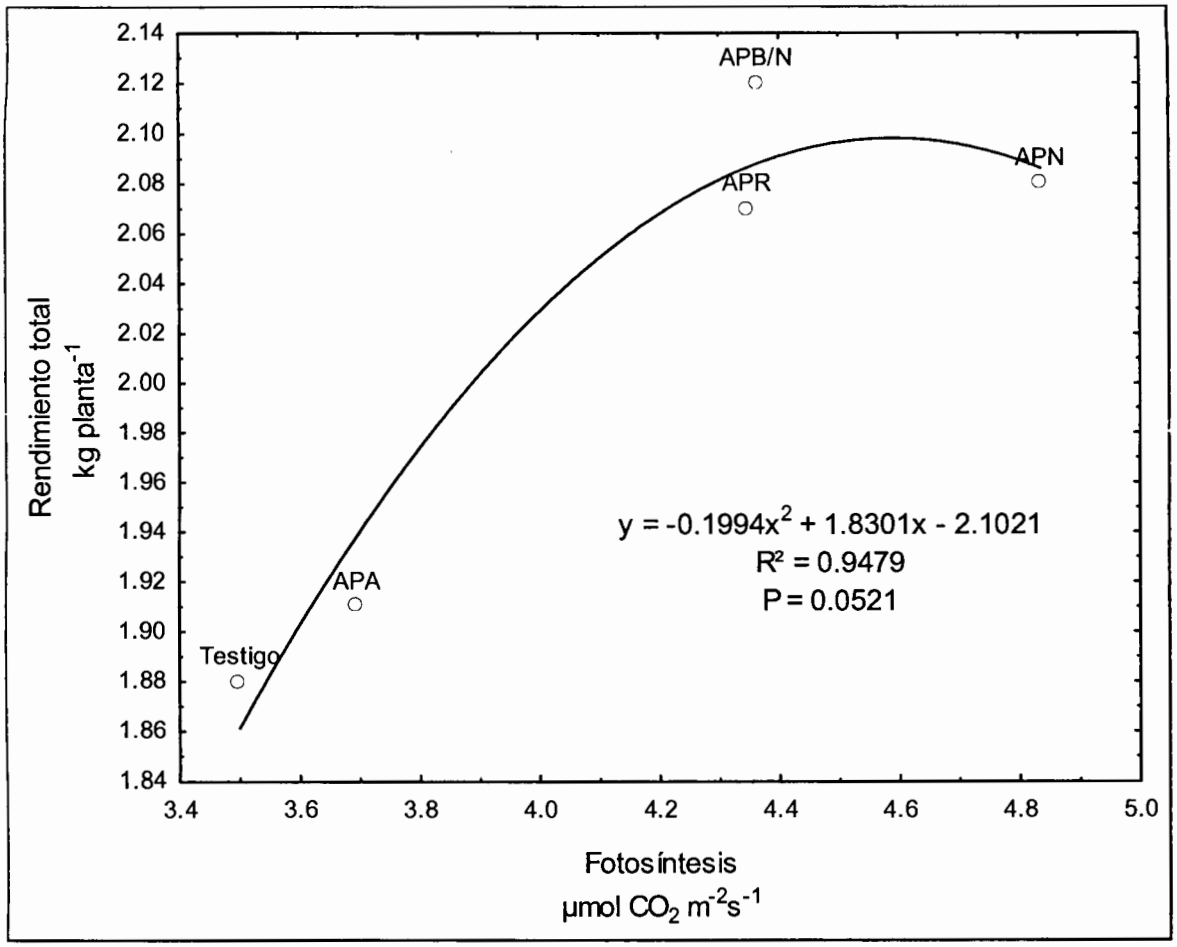

Figura 9. Relación entre fotosíntesis media y rendimiento total del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

En la Figura 9 se puede observar la relación entre la fotosíntesis y rendimiento total. En los componetes fisiólogicos del rendimiento es mas preponderante la fotosintesis (Ransmarck, 1995; Matsuda *et al.*, 1997) puesto que es un proceso fisiológico complejo, que está determinado fuertemente por variables como la intensidad luminosa, temperatura y concentracion de CO_2. El rendimiento más alto se obtuvo en el APB/N con 2.12 kg planta^{-1} y una fotosíntesis de 4.364 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$.

Lo anterior puede deberse al aumento de la temperatura del suelo por efecto del acolchado. Algunos autores mencionan que el aumento en la temperatura puede afectar la fisiología de la raíz. Xu y Huang, (2001) mencionan que altas temperaturas del aire y del suelo pueden repercutir en una reducción en la tasa de fotosíntesis neta, incremento de la respiración de la raíz y la parte aérea y en el contenido de carbohidratos de plantas. Por lo que la temperatura puede favorecer hasta un punto, después del cual también puede perjudicar el proceso de fotosíntesis.

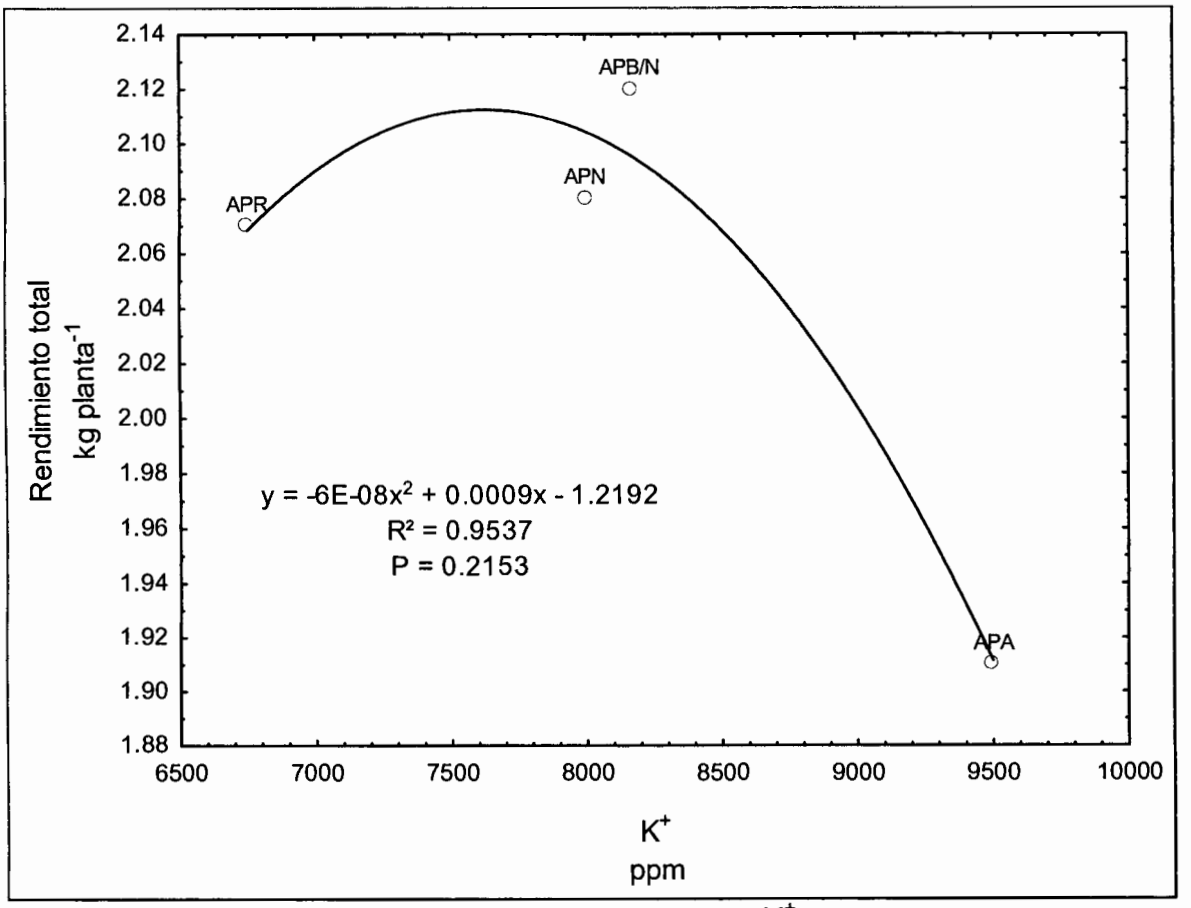

Figura 10. Relación entre rendimiento total y concentración de K^+ en hoja del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

En plantas acolchadas el contenido de K^+ en la planta tuvo relación con el rendimiento total, el cual influyó de manera negativa, el menor rendimiento 1.91 kg planta^{-1} se obtuvo en el APA con una alta concentración 9500 ppm de K^+ en la planta (Figura 10). Esto parece indicar que es indispensable hacer un manejo racional del K^+, ya que aplicaciones excesivas de este nutrimento no repercutirán

en una mejor cantidad de la producción. Resultados similares son mencionados por otros autores, Rubio *et al.* (2010) reportaron que en plantas de pimiento las altas concentraciones de K^+ (14 mM) redujeron la biomasa y rendimiento comercial en casi 26%, lo cual pudo estar relacionado a la interacción del K^+ y Ca^{++} y a sus niveles de absorción.

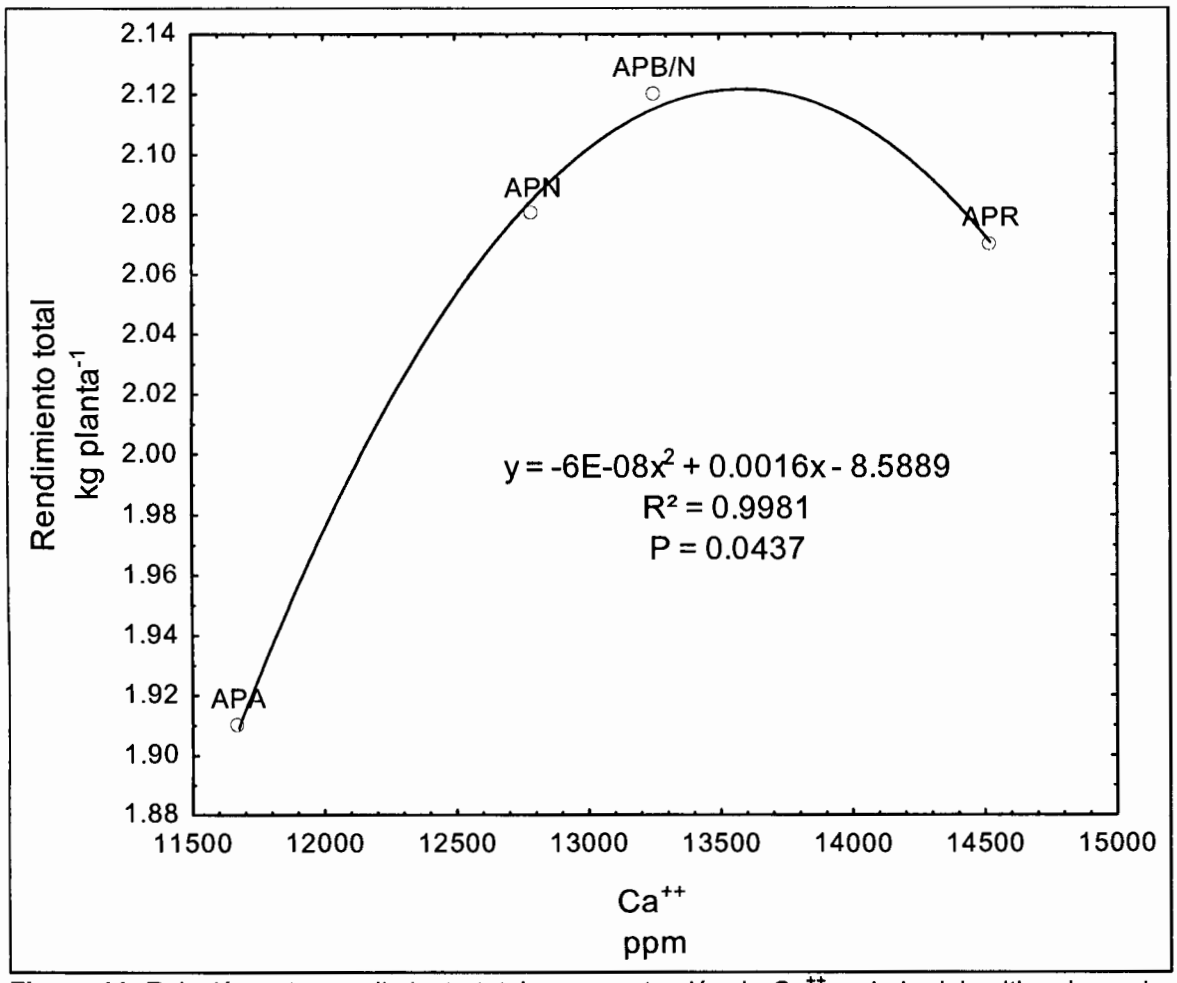

Figura 11. Relación entre rendimiento total y concentración de Ca^{++} en hoja del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

En plantas acolchadas, la concentración de Ca^{++} presentó relación con el rendimiento total (Figura 11), debido a que se observó un aumento en el rendimiento a medida que aumentaba la concentración de Ca^{++} hasta llegar a un punto donde el rendimiento descendía con la mayor concentración de Ca^{++}, el mayor rendimiento se obtuvo en el APB/N 2.12 kg planta^{-1} con un contenido de Ca^{++} de 13255 ppm.

Esta condición pudo haber sido por la mayor temperatura del suelo provocada por el acolchado plástico, que promovió un vigoroso crecimiento de la planta y el fruto y una mayor demanda de nutrientes. Lo anterior provoca la acumulación de Ca^{++} en las hojas, pero puede al mismo tiempo ocasionar deficiencia de este nutriente en los frutos, debido a que la movilidad del Ca^{++} dentro de la planta es baja y el crecimiento del fruto es muy intenso. Una gran proporción del material péctico está presente en forma de pectato de calcio. Algunos autores mencionan que la proporción de pectato de calcio en las paredes celulares también es importante, tanto para la susceptibilidad del tejido a las infecciones fungosas y bacterianas, como para la maduración de la fruta (Marschner, 1995) lo cual pudo haber influido en el rendimiento.

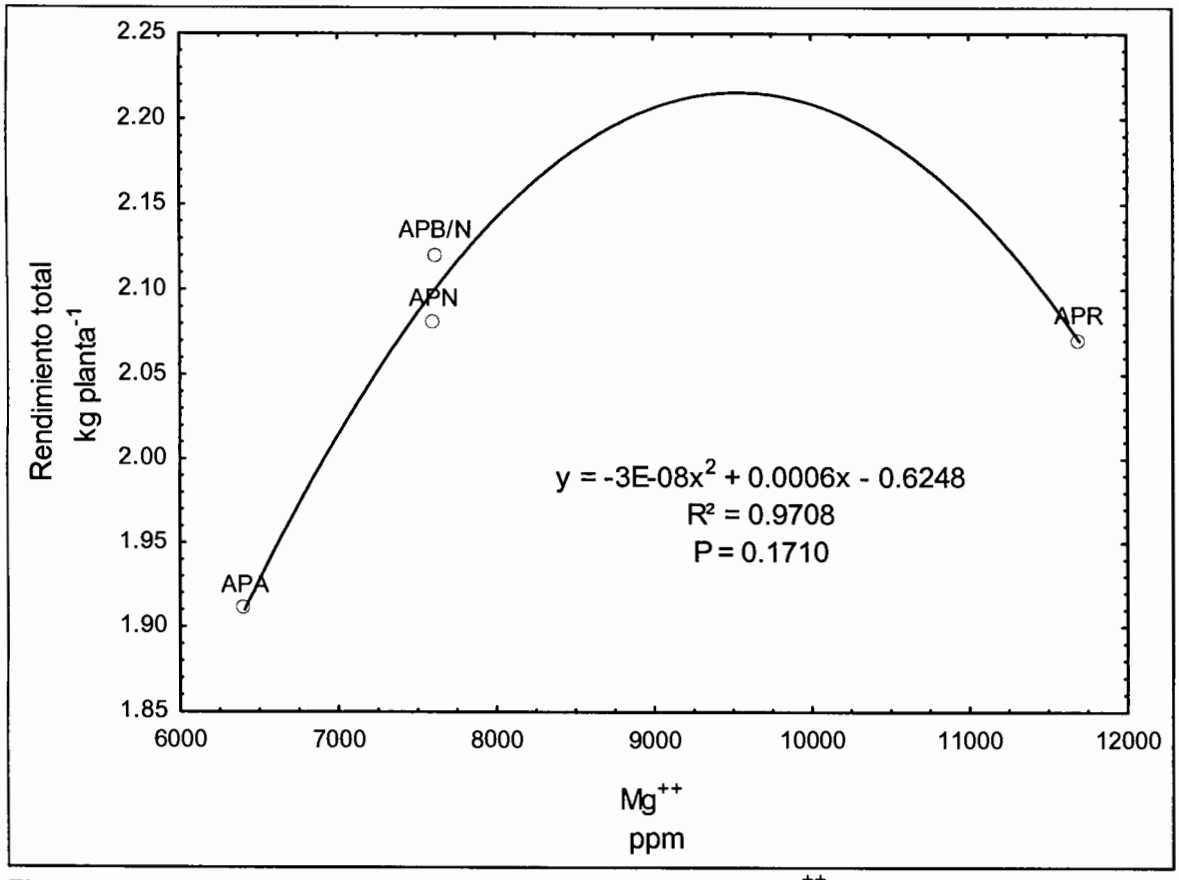

Figura 12. Relación entre rendimiento total y concentración de Mg^{++} en hoja del cultivo de pepino, en campo abierto. CIQA 2010.

Por otro lado el Mg^{++} también presentó correlación con el rendimiento total (Figura 12), se observa que al incrementar la absorción de Mg^{++} aumenta el rendimiento

hasta un punto en que una mayor acumulación el rendimiento decrece. El mayor rendimiento se obtuvo en el APB/N 2.12 kg planta^{-1} con un contenido de Mg^{++} de 7620 ppm.

Lo anterior puede deberse a que el Mg^{++} es el elemento constituyente principal de la molécula de clorofila, fundamental en la fotosíntesis, por lo que una deficiencia del mismo repercute en la disminución de fotoasimilados que a su vez afectan el crecimiento y desarrollo del fruto. Como lo señala Walker y Weinstein (1991) que una deficiencia de Mg^{++} disminuye la actividad de la Mg-quelatasa, enzima responsable de catalizar la biosíntesis de clorofila.

4.2 Casa Sombra

4.2.1 Área Foliar

Para esta variable se reportan diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) únicamente a los 15 dds y en el promedio de los 3 muestreos (Cuadro 2). A los 15 dds se observó una mayor AF en plantas desarrolladas en APR y APN con 2680 y 2531 cm^2 planta^{-1} respectivamente, superando a las crecidas en suelo desnudo que alcanzó solo 1336 cm^2 planta^{-1} superado en un 100.6% con respecto al mayor valor de área foliar. En la Figura 13 se aprecia el incremento del AF a través del tiempo, para finalmente obtener en el promedio acumulado que las plantas desarrolladas en APR y APN con 8289 y 8123 cm^2 planta^{-1} respectivamente superaron a las desarrolladas en el suelo desnudo que alcanzaron 7230 cm^2 planta^{-1}.

La superioridad de los acolchados como se ha explicado con anterioridad es debido a que el efecto del acolchado es mas notorio en los primeros días provocando un aumento en la temperatura antes de que el follaje cubra el acolchado, causando una mayor disponibilidad de nutrientes y con una mejor condición nutrimental pueden desarrollar mas área foliar directamente relacionada con el N (Akanbi *et al.*, 2007). Mayor área foliar de las plantas asociadas con acolchado plástico se ha informado anteriormente en pepino (Ibarra-Jiménez *et al.*, 2008).

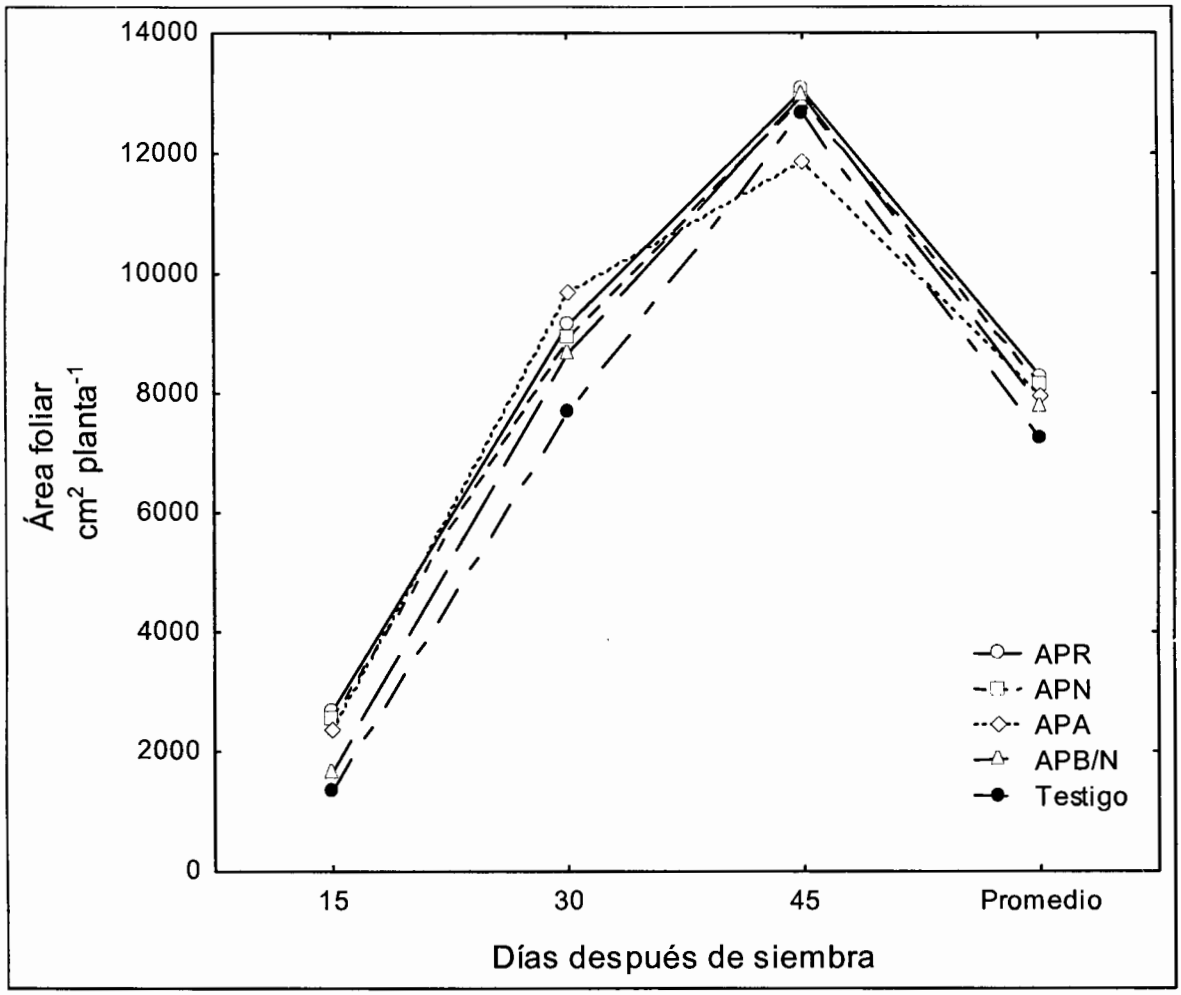

Figura 13: Comportamiento del área foliar en tres fechas de muestreo durante el crecimiento del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.

Sin restar importancia al efecto de la malla y su porcentaje de sombreo que en otras investigaciones reportadas por Björkman (1981), Páez y López. (2000) muestran que las plantas pueden ajustarse a un ambiente de menor irradiación aumentando el área foliar específica.

4.2.2 Biomasa

En la biomasa acumulada a través del ciclo del cultivo se encontró diferencias altamente significativas a los 15 dds y en el promedio (Cuadro 5) ($p \leq 0.01$), la acumulación de materia seca mostró un crecimiento lineal, o sea, una tasa de crecimiento constante del cultivo, donde el acolchado plástico favoreció

considerablemente la producción de materia seca con respecto a los tratamientos sin acochado (Figura 14).

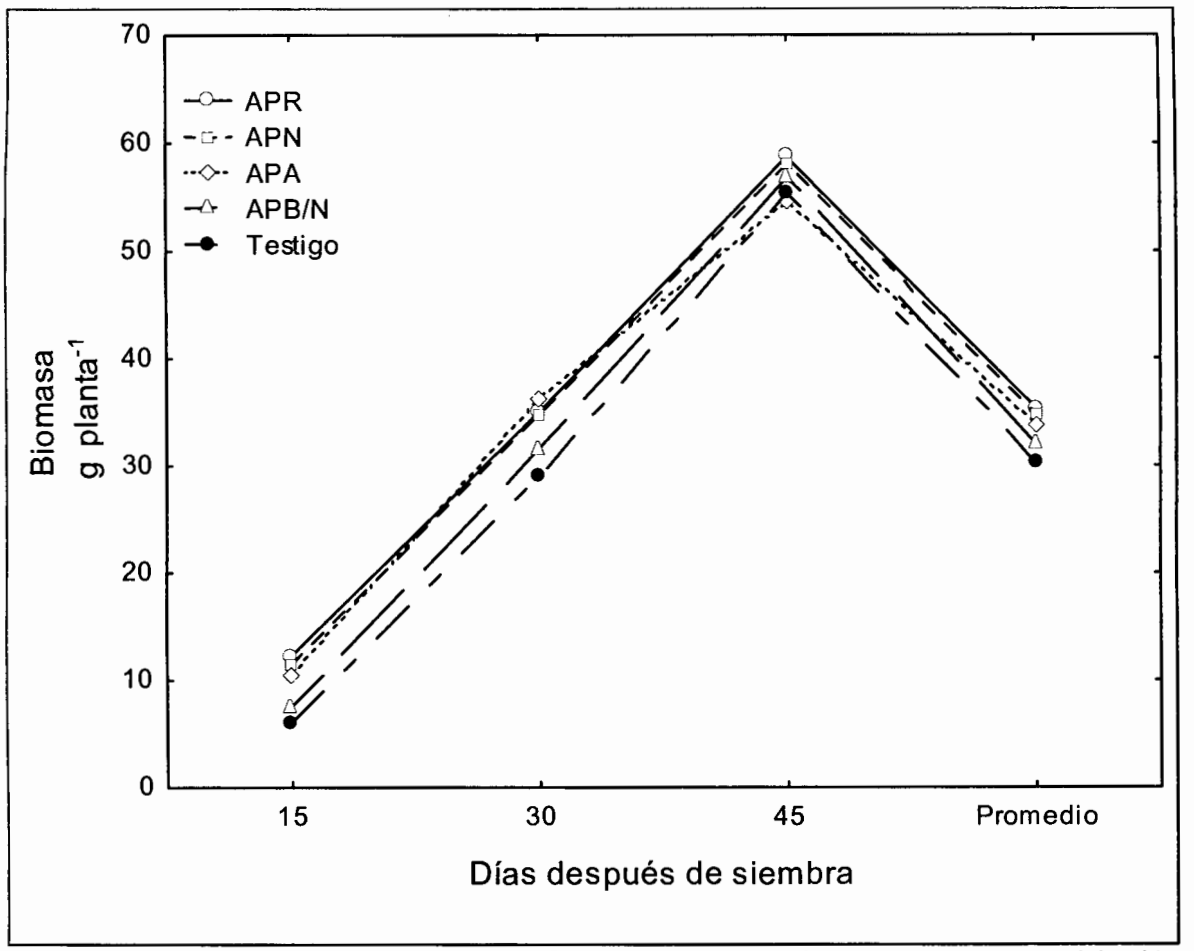

Figura 14: Acumulación de biomasa en tres fechas de muestreo durante el crecimiento del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.

En los primeros días se puede observar que el APR y APN acumularon la mayor biomasa con 12.30 y 11.45 g planta^{-1} respectivamente quedando el suelo desnudo por debajo de todos los tratamientos con solo 6.05 g planta^{-1}. Mientras que para el promedio de biomasa se tiene que el APR y APN acumularon mayor biomasa con 35.37 y 34.74 g planta^{-1} respectivamente, donde el suelo desnudo acumula la menor cantidad con solo 30.17 g planta^{-1}.

La cantidad de materia seca producida por una planta individual es un indicador de su capacidad de utilización de los recursos disponibles para el crecimiento vegetal, la diferencia de producción de materia seca entre los tratamientos acolchados y los no acolchados se debió en teoría a una mayor disponibilidad de agua y al

incremento de la temperatura del suelo, lo que provocó una alta eficiencia en el aprovechamiento de agua y nutrimentos, resultados que coinciden con estudios anteriores (Tarara, 2000). Inzunza *et. al.* (2010) en chile jalapeño reportaron que el color del plástico afectó significativamente la acumulación de la biomasa durante todo el ciclo del cultivo respecto al suelo desnudo.

Aunado al uso de malla sombra algunos autores mencionan que la disminución de la disponibilidad lumínica se contrarresta con el incremento de la asignación de biomasa hacia las hojas ó las ramas, para maximizar la captura de luz (Sultan, 2003; Kroon *et al.*, 2005).

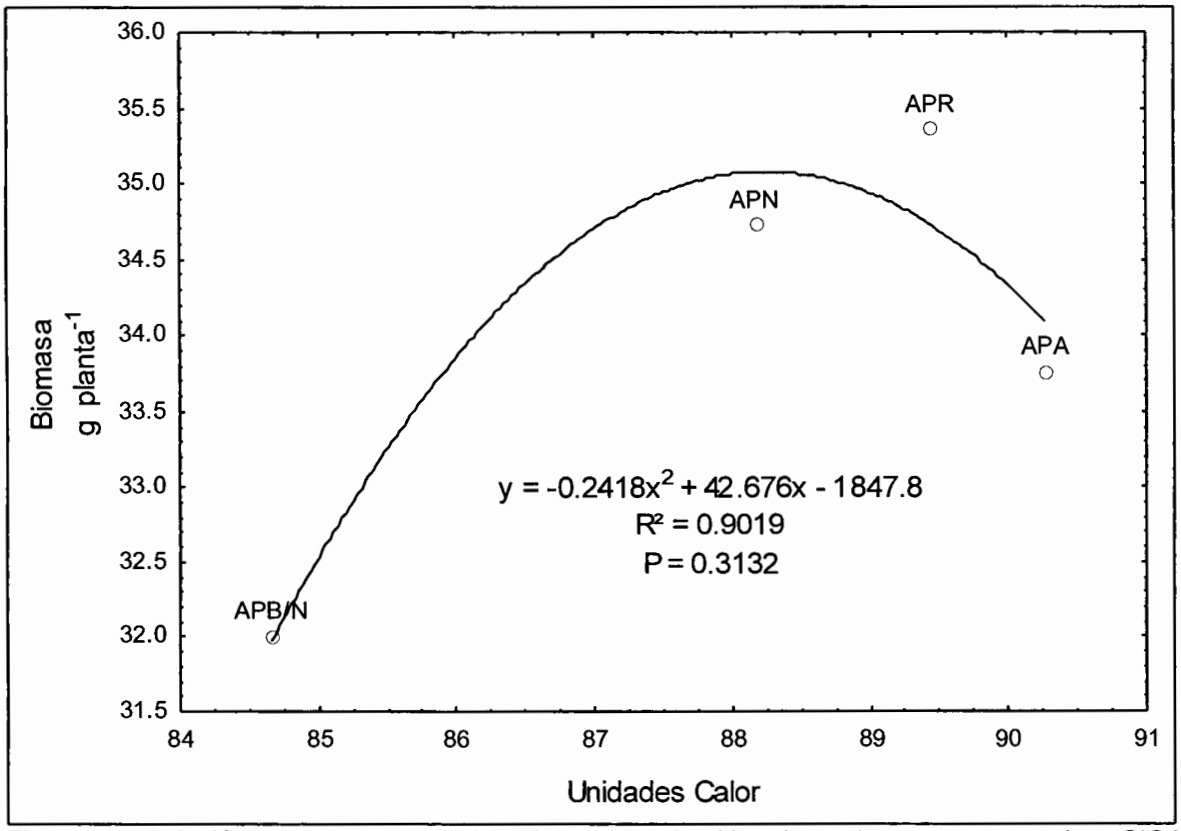

Figura 15. Relación entre unidades calor y biomasa del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.

El mayor incremento en la producción de materia seca en los tratamientos con acolchado plástico se correlacionó con los tratamientos de mayor acumulación de unidades calor. En la Figura 15 podemos observar como la biomasa aumenta con la acumulación de unidades calor hasta alcanzar un punto donde tiende a disminuir. Se alcanzó una mayor acumulación de biomasa 35.37 g planta^{-1} con

89.44 UC. La mayor disponibilidad de agua y el incremento de la temperatura del suelo debido a las condiciones creadas por las películas plásticas, promovió una mayor producción de materia seca resultados similares son reportados por Inzunza, (2010) en chile jalapeño. En pepino por Ibarra et al. (2008) menciona que la suma de grados día ha sido un buen predictor de la producción de biomasa y rendimiento.

4.2.3 Unidades Calor

Para las unidades calor acumuladas se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) a lo largo del ciclo (Cuadro 6) donde se observa que los tratamientos acolchados presentaron, mayor acumulación de grados día 4.86 UC mas que el suelo desnudo al inicio del ciclo para posteriormente ir disminuyendo donde se obtuvo un promedio en el que los acolchados se posicionan por encima del suelo desnudo hasta con 14.5 UC. En la Figura 16 se observa mayor acumulación de unidades calor por efecto del color del acolchado al principio del ciclo para después de los 30 dds descender por efecto de la cobertura del follaje.

El registro de la temperatura del suelo mostró que el acolchado plástico incrementa de 2 a 5°C la temperatura del suelo en relación al tratamiento sin acolchar, lo cual estuvo en función del color del plástico y de la capacidad de éste para transmitir la radiación solar y la propagación del calor hacia el interior del suelo. Algunos autores encontraron que las películas transparentes y opacas de color oscuro aumentan la temperatura de 2 a 6°C a una profundidad de 5 a 10 cm (Cenobio *et al.,* 2006). Resultados similares son reportados en chile jalapeño por Inzunza *et al.*, (2010) donde el suelo mostró que el acolchado plástico incrementó de 2 a 6°C la temperatura del suelo en relación al tratamiento sin acolchar.

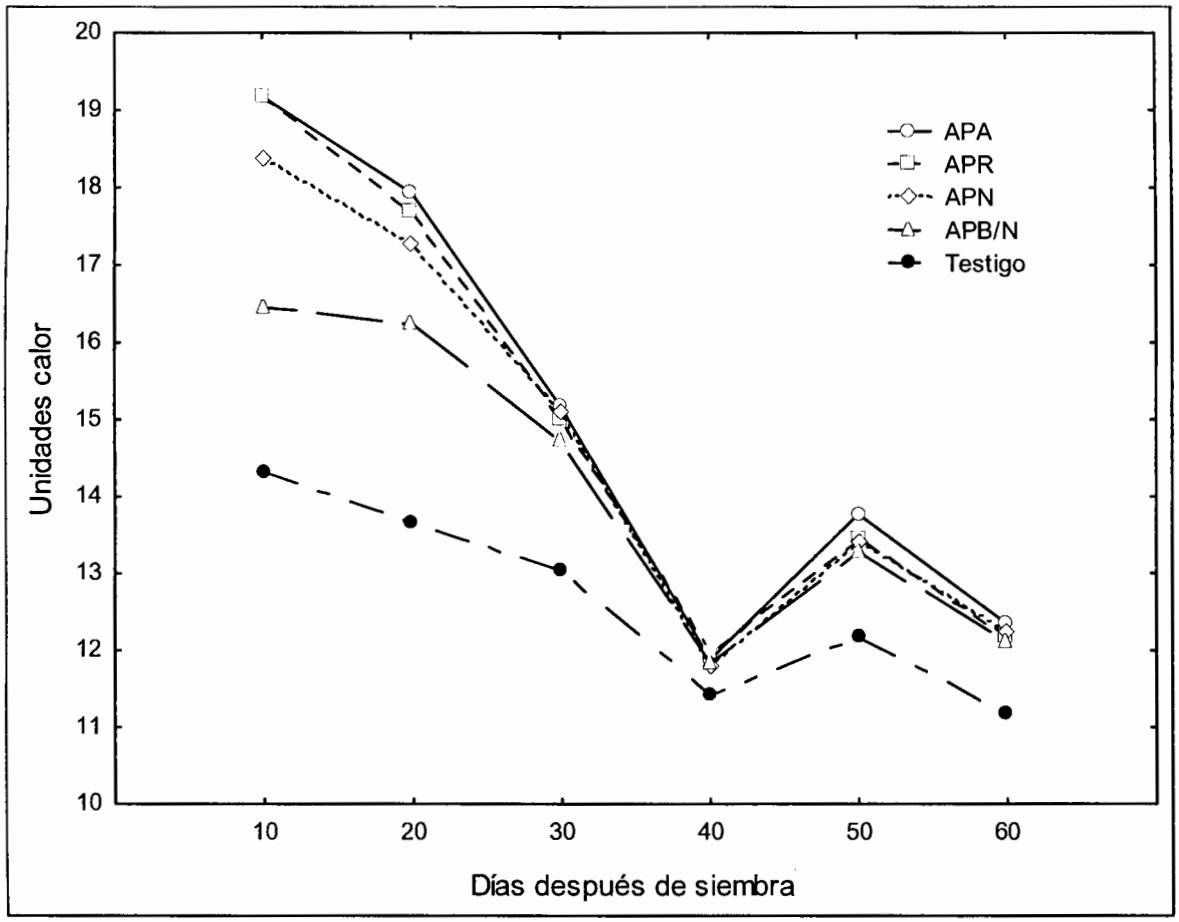

Figura 16: Unidades calor acumuladas durante el crecimiento del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.

4.2.4 Variables Fisiológicas

Para las variables fisiológicas no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) a través del desarrollo del ciclo del cultivo (Cuadro 10, 11, 12, 13, 14), Sin embargo, se encontró una relación entre la fotosíntesis y CO_2 ambiental; en la Figura 17 podemos observar que el incremento de la concentración de CO_2 a determinados niveles, puede propiciar un mejor desarrollo de la planta debido a que una alta concentración de CO_2 en el aire también ocasiona un incremento del CO_2 intercelular (*Ci*) a su vez provoca reducción de la fotorrespiración en este tipo de plantas, porque mantiene ocupada a la enzima Rubisco con una cantidad adicional de CO_2 en el estroma de los cloroplastos; lo anterior fue demostrado al aplicar 1,200 µmol·mol de CO_2 en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

durante la fase de crecimiento del fruto, lo cual se reflejó en el mayor número de frutos por planta (Soldevilla-Canales *et al.*, 1997).

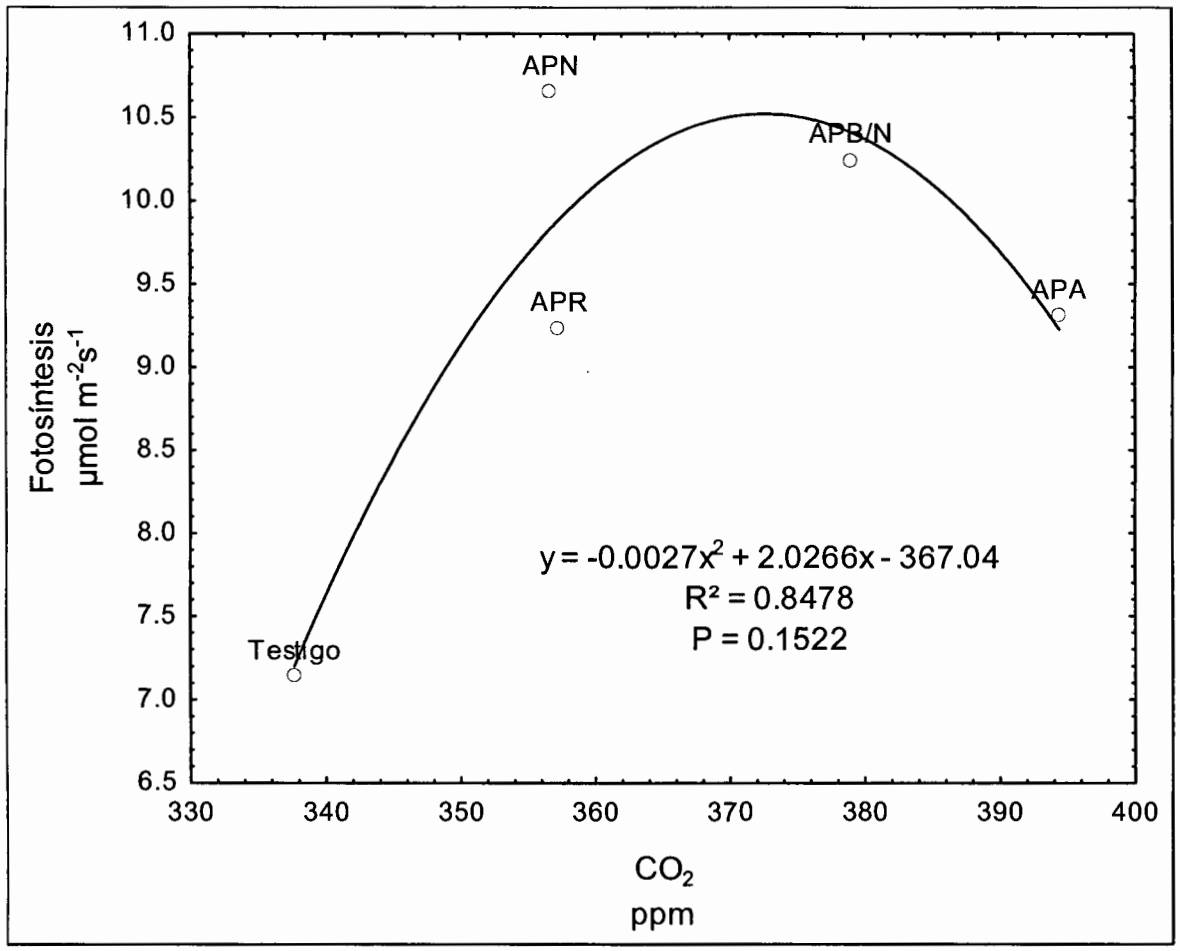

Figura 17. Relación entre CO_2 y fotosíntesis del cultivo de pepino, en casa sombra, CIQA 2010.

4.2.5 Análisis de Nutrimentos en Hoja

Para el análisis de nutrientes en hoja se encontró que en la concentración de K^+ no existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos, mientras que para Ca^{++}, Mg^{++}, P y N se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) (Cuadro 15). En general, en condiciones de casa sombra las plantas acolchadas mostraron una mayor concentración de nutrimentos que las plantas no acolchadas. En la Figura 18 podemos observar que las mayores extracciones se presentaron en el K^+ y Ca^{++}.

Para la concentración de Ca^{++} la mayor extracción fue en el APN con 14851 ppm y la menor concentración se registró en el APA y el Testigo con 10680, 10104 ppm respectivamente.

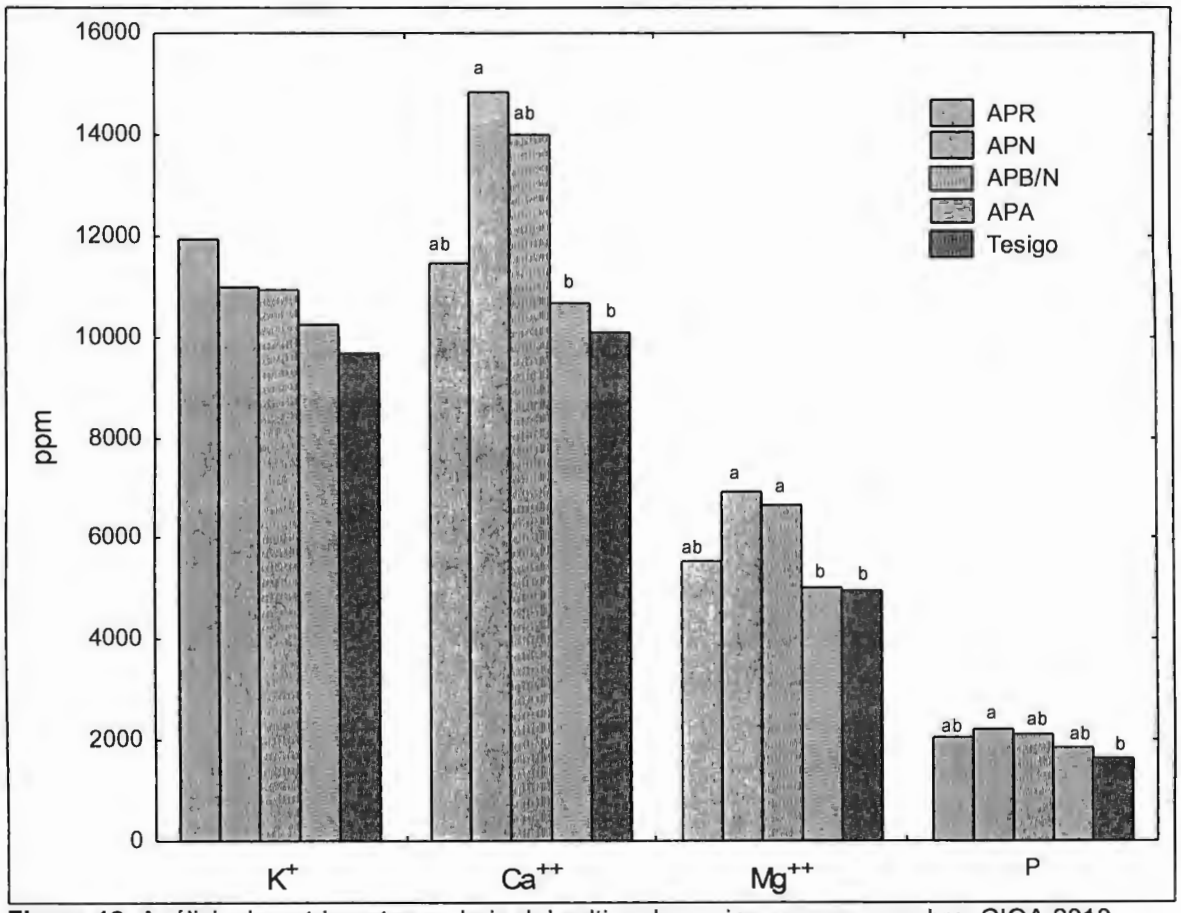

Figura 18: Análisis de nutrimentos en hoja del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.

Mientras que para Mg^{++} la mayor concentración se registró en APN y APB/N 6925 y 6665 ppm, respectivamente, la menor concentración fue en el APA 5018 ppm y el Testigo con 4960 ppm. Por otro lado, para P la mayor concentración se observó en el APN con 2243 ppm y la menor concentración en 1645 ppm. Por último para N (Cuadro 15) la mayor concentración se encontró en el APN y APB/N con 1.80 y 1.79% respectivamente, así como una menor concentración en el testigo.

Lo anterior puede ser explicado con el efecto del acolchado sobre la temperatura del suelo, porque afecta la tasa de los procesos bioquímicos. La temperatura de la zona radicular influye en los procesos fisiológicos en las raíces como la absorción

de agua y nutrientes minerales (Cooper, 1973; Dodd et al.,2000; Tindall *et al.*, 1990).

4.2.6 Análisis de Nutrimentos en Fruto

En el análisis estadístico para concentración de nutrientes en fruto se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) únicamente para K^+, no así para Ca^{++}, Mg^{++}, P y N en donde los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Cuadro 16).

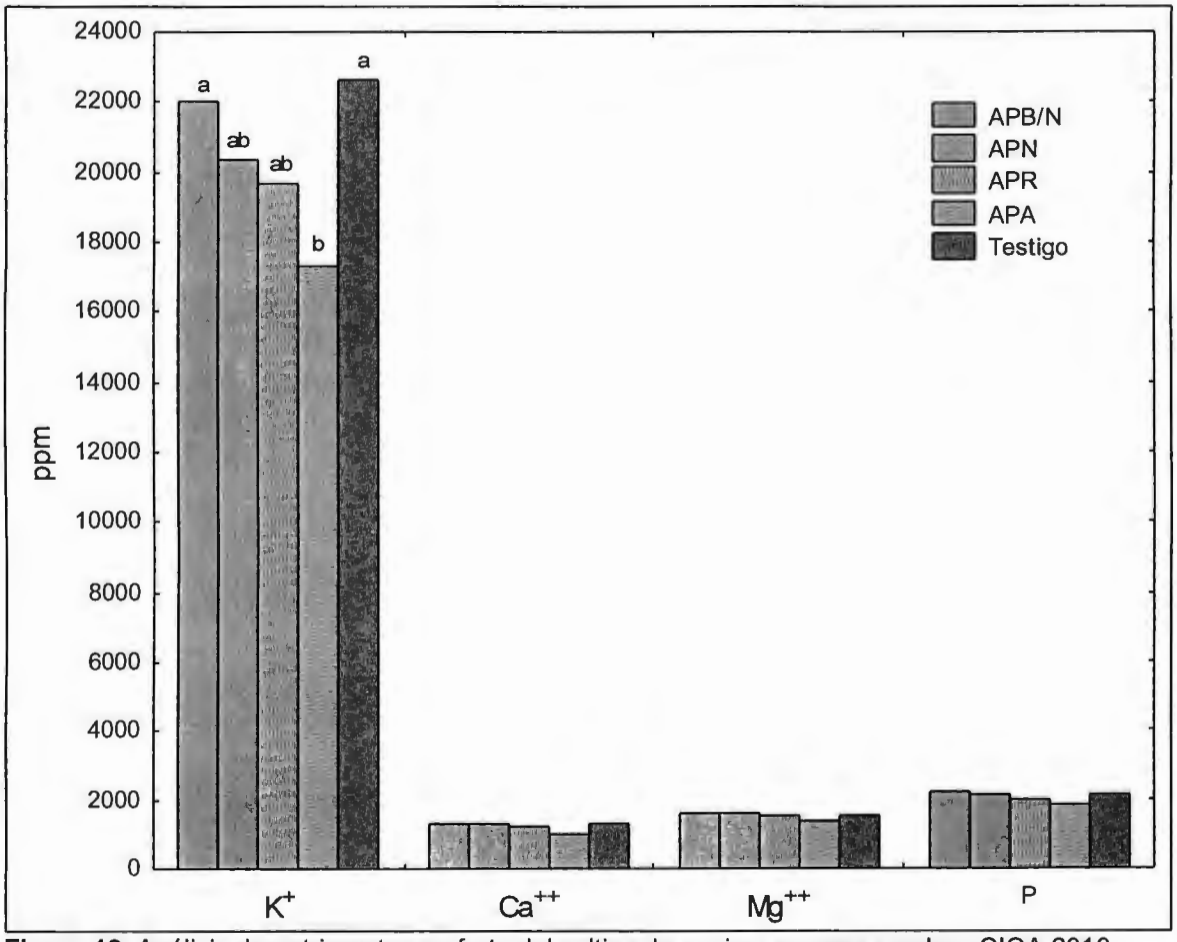

Figura 19: Análisis de nutrimentos en fruto del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.

En la Figura 19 se puede observar que el potasio (K^+) fue la mayor concentración en los frutos, los valores mas altos se presentaron en el suelo desnudo y en el APB/N con 22667 y 22000 ppm respectivamente, mientras que el menor valor lo registró el APA con 17333 ppm, lo que puede deberse a que una alta temperatura

afecta más la translocación del N, K^+, Mg^{++} y Ca^{++} comparado con la tasa de asimilación de los mismos (Darawsheh *et al.*, 2006).

La acumulación de K^+ extraído en la parte aérea como las hojas aumentó de manera que dicho elemento se distribuyó principalmente en los frutos. Este comportamiento se debe a una alta demanda metabólica que ejercen los frutos en la planta durante su crecimiento y llenado. Algunos autores reportan que el incremento acelerado en la extracción de K^+ es debido, en gran parte, a la formación y el crecimiento de frutos, los cuales llegan a constituir el principal órgano demandante de K^+, con valores de 70 a 80% de la cantidad total extraída por la planta (Bugarín *et al.*, 2002).

4.2.7 Rendimiento

Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en rendimiento precoz, comercial y total, en rendimiento de rezaga los tratamientos fueron estadísticamente similares (Cuadro 17).

En la Figura 20 para rendimiento precoz se muestra un incremento en el APN y APR que alcanzaron una producción de 1.13 y 1.11 kg planta^{-1} respectivamente, quedando por debajo el suelo desnudo con tan solo 0.49 kg planta^{-1}. Mientras que para el rendimiento comercial en APN, APB/N y APR con 4.97, 4.94 y 4.87 alcanzaron la mayor producción que el suelo desnudo con 3.90 kg planta^{-1}. Por otro lado tenemos al rendimiento total donde los mejores rendimientos se encontraron en el APN, APB/N y APR con 5.33, 5.21 y 5.07 kg planta^{-1} respectivamente, teniendo la menor producción en el suelo desnudo con 4.22 kg planta^{-1}.

Se puede observar la superioridad del acolchado en el rendimiento precoz con 130.6%, comercial con 27.4% y total con 26.3% sobre el suelo desnudo. El efecto favorable del acolchado plástico en el rendimiento, se atribuye a una mayor actividad radical, disponibilidad de nutrientes y humedad en el suelo y por el incremento de la temperatura del suelo.

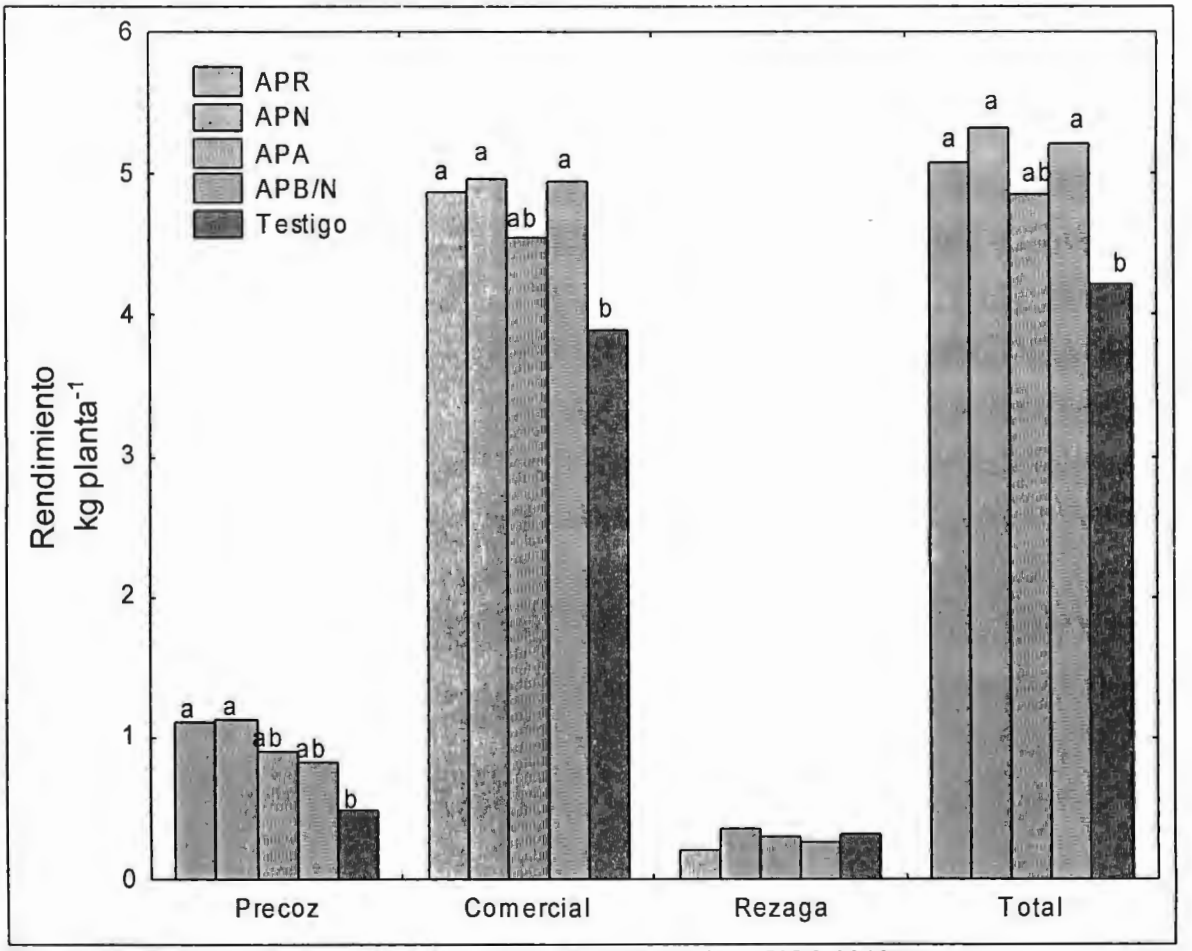

Figura 20: Rendimiento del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.

Resultados similares fueron obtenidos por Wang *et al.* (1998) y Fan *et al.* (2005) quienes observaron que el acolchado plástico disminuyó los efectos adversos del déficit hídrico y aumentó la eficiencia de asimilación de los nutrientes del suelo. Lo que quizá permitió un mayor rendimiento en el suelo acolchado.

Se encontró una correlación entre las unidades calor y el rendimiento total que se muestra en la Figura 21, donde podemos observar que el incremento en la temperatura o acumulación de unidades calor favorece el aumento del rendimiento en el cultivo de pepino hasta un punto donde un exceso de temperatura provoca una condición estresante para la planta, lo que disminuye la producción de frutos, la mayor producción 5.33 kg planta^{-1} se alcanzó con 88.17 UC. El acolchado de suelo trae como consecuencia la mayor temperatura en la rizosfera y mayor

conservación de la humedad en dicha zona (Quezada *et al.*, 1995), que permite tener plantas menos estresadas, con menor aborto de flores y mayor absorción de elementos nutritivos (Misle y Norero, 2001; Robledo *et al.*, 2010), y con más rendimiento de fruto y semilla (Díaz *et al.*, 2005).

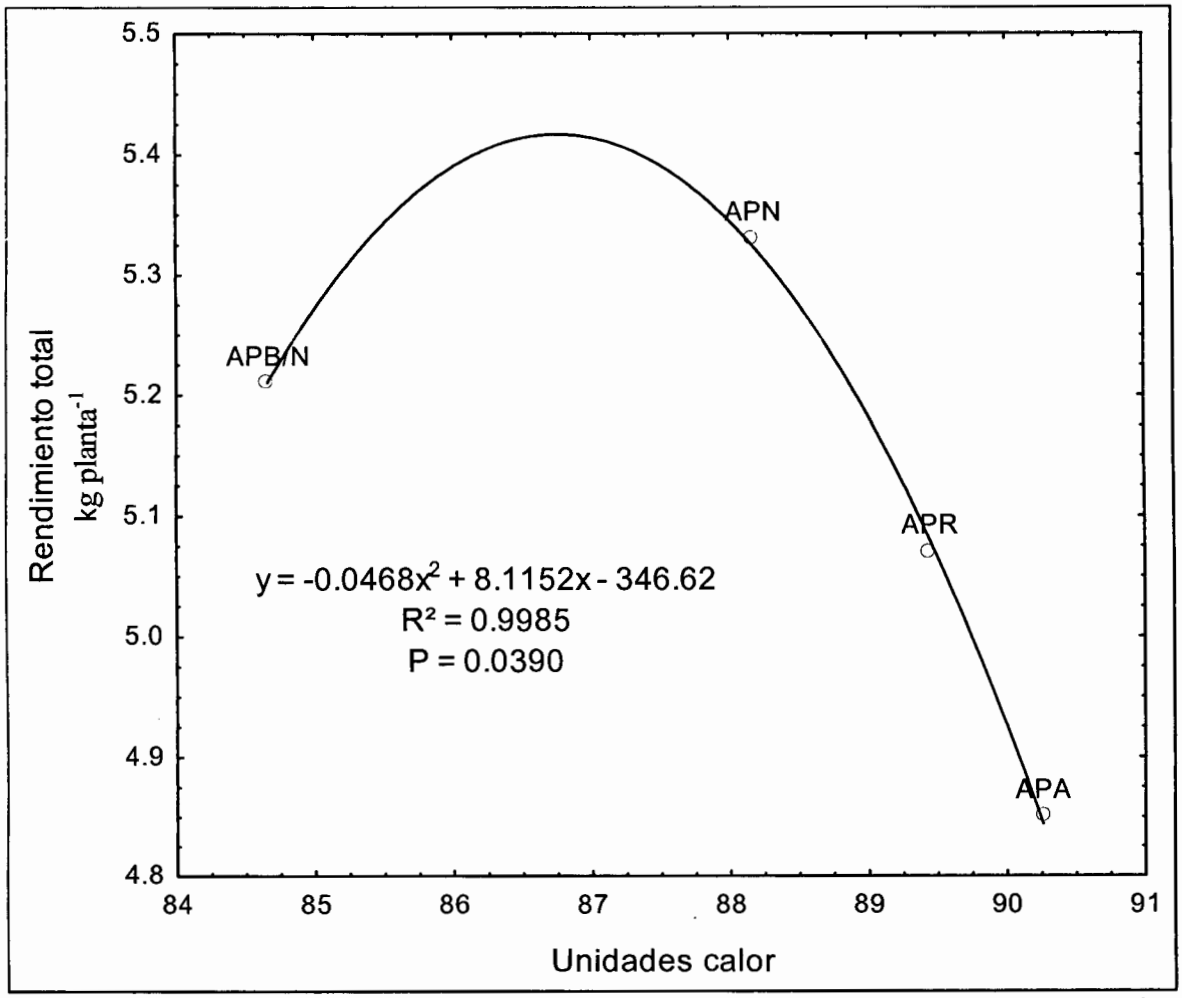

Figura 21. Relación entre unidades calor y rendimiento total del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.

Resultados similares son reportados por Ibarra-Jiménez et al. (2006) en un informe sobre sandia donde muestra un aumento lineal en el rendimiento con temperatura de la zona radical y UC.

Por otro lado se obtuvo una relación entre la concentración de Ca^{++} en la hoja con el rendimiento total (Figura 22) donde una mayor concentración repercutió en un aumento en el rendimiento total del cultivo de pepino.

Esta condición pudo haber sido por alta temperatura del suelo provocada por el acolchado plástico, que incremento "la evapotranspiración" y promovió un vigoroso crecimiento de la planta y el fruto y una mayor demanda de nutrientes, además que al interior de la casa sombra se presentaron condiciones que propiciaron una mayor actividad fotosintética, la demanda de CO_2 dentro de la hoja es alta y los poros estomáticos están quizá mas abiertos, disminuyendo la resistencia de la cámara estomática a la difusión de CO_2. Estas condiciones aumentan la transpiración (Taiz y Zeiger, 1998), incrementando la absorción de agua y calcio y la distribución de éste hacia las partes transpirantes de la planta (Adams, 1991).

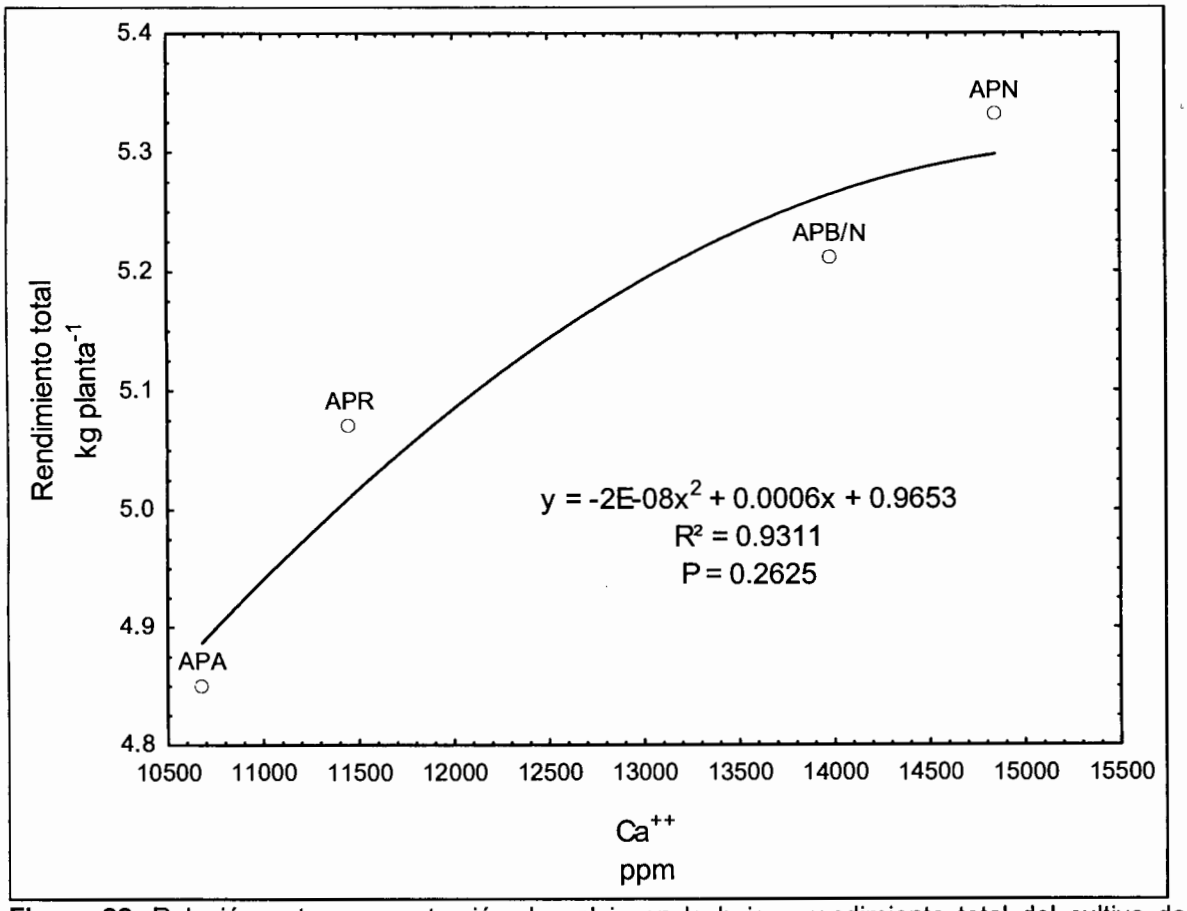

Figura 22. Relación entre concentración de calcio en la hoja y rendimiento total del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.

Algunos autores como Ho (2000) indican que un aumento de los niveles de Ca^{++} en frutos de tomate provoca una rápida expansión y aumento en las paredes y membranas celulares, mejorando la calidad y disminuyendo los desordenes fisiológicos asociados a deficiencia de Ca^{++}, obteniendo frutos de calidad.

En Mg^{++} se encontró una relación con el rendimiento total, en la Figura 23 se puede observar que un incremento en la absorción de Mg^{++} favorece un incremento en el rendimiento, Lo anterior puede deberse a que el Mg^{++} es el elemento constituyente principal de la molécula de clorofila, fundamental en la fotosíntesis, por lo que una mayor fotosíntesis presentada en casa sombra propició una demanda del Mg^{++} debido a que una deficiencia del mismo repercute en la disminución de fotoasimilados que a su vez afectan el crecimiento y desarrollo del fruto.

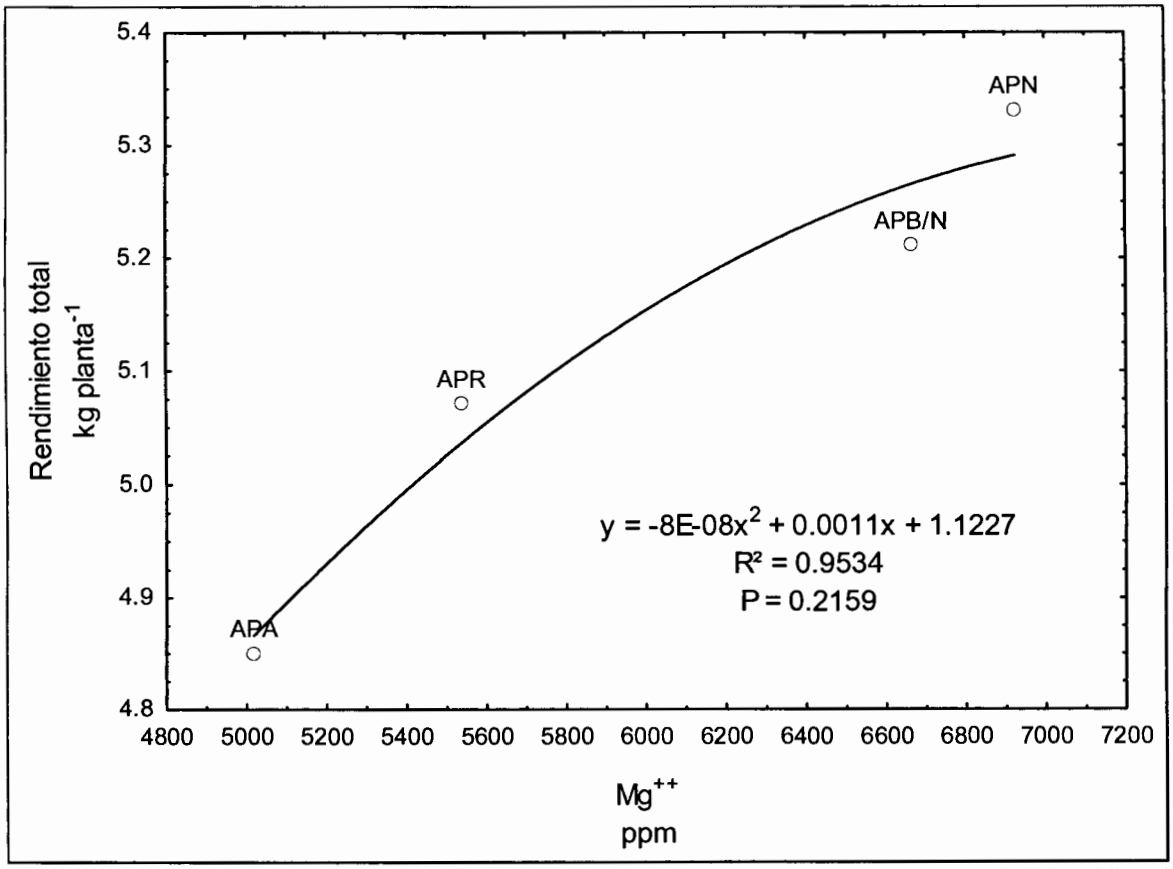

Figura 23. Relación entre concentración de magnesio en hoja y rendimiento total del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.

Walker y Weinstein (1991) señalan que una deficiencia de Mg^{++} disminuye la actividad de la Mg-quelatasa, enzima responsable de catalizar la biosíntesis de clorofila.

Por último se presenta una relación entre el contenido de N en la hoja y el rendimiento total del cultivo de pepino (Figura 24), donde observamos un aumento en el contenido de N cuando aumenta el rendimiento.

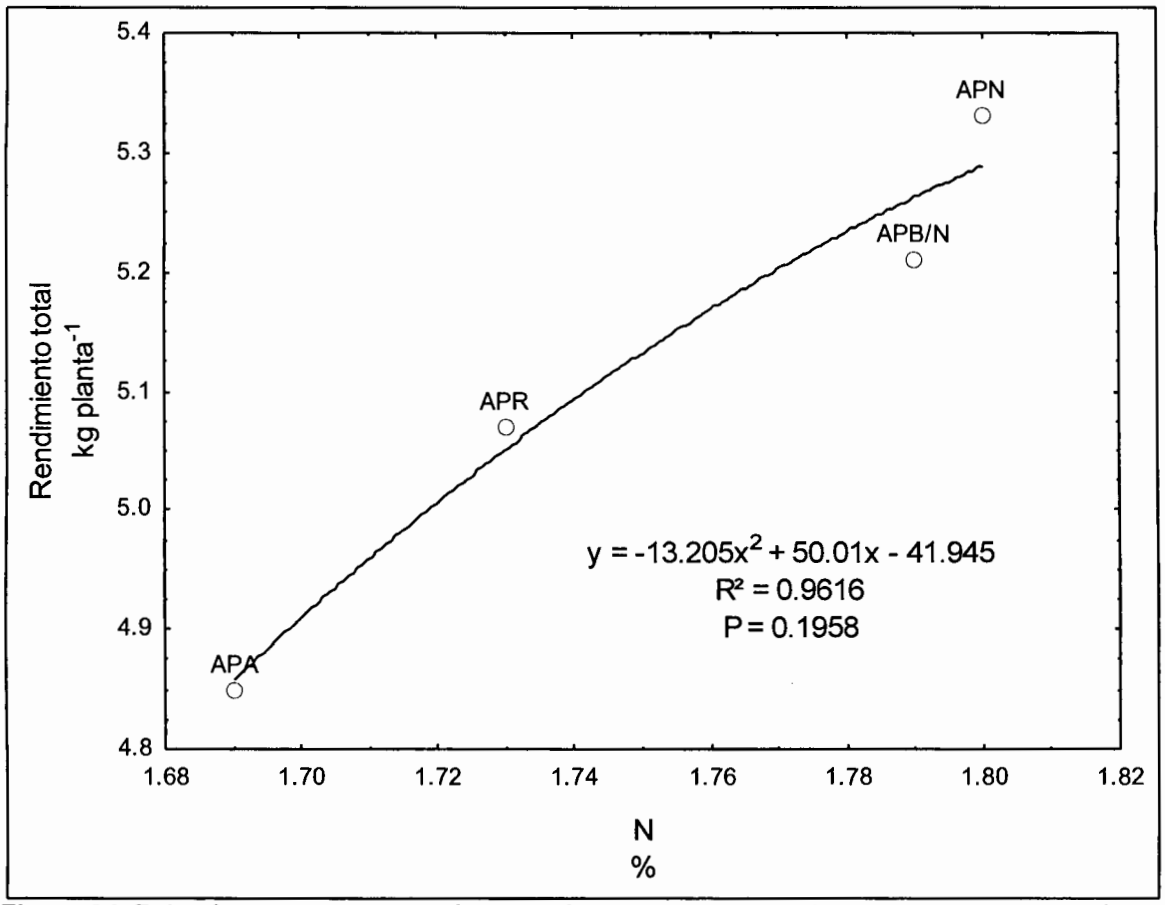

Figura 24. Relación entre concentración de nitrógeno en hoja y rendimiento total del cultivo de pepino, en casa sombra. CIQA 2010.

Lo que podría deberse a que el N es movilizado hacia hojas maduras y retraslocado a áreas de nuevo crecimiento (Olsthoorn *et al.*, 1991). Los cambios inducidos por el N en la morfología de la hoja se presentan como un incremento de la longitud, ancho y área foliar, lo cual esta correlacionado con un incremento en la fotosíntesis neta, lo que favoreció al incremento en la producción de frutos.

4.3 Comparación entre Campo Abierto - Casa Sombra

4.3.1 Área Foliar

Al comparar el AF en los dos ambientes se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre ambos a través del tiempo (Cuadro 18), la casa sombra promedió 7872 cm^2 $planta^{-1}$ superando al campo abierto que registró 6146 cm^2 $planta^{-1}$.

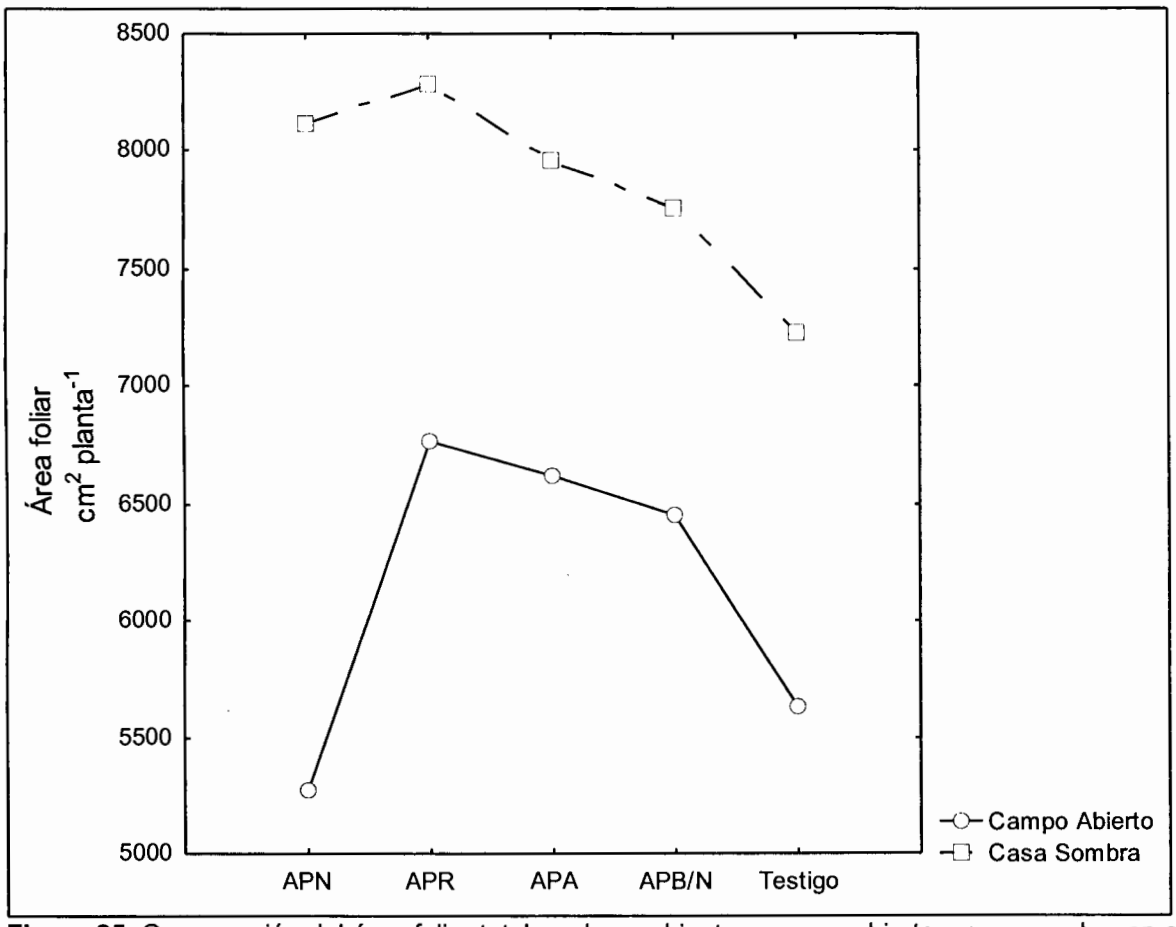

Figura 25: Comparación del área foliar total en dos ambientes, campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino. CIQA 2010.

El incremento del área foliar con menor disposición de radiación (Figura 25) posiblemente es debido a que las plantas en esas condiciones requieren superar las deficiencias en fotosíntesis y destinan mayor proporción de los carbohidratos que producen hacia la formación de hojas (Gawronska *et al.*, 1990). Así como una

reducción en la temperatura de las hojas, lo que podría tener un impacto sobre el crecimiento y expansión foliar (Ben Haj Salah y Tardieu, 1995; Granier y Tardieu, 1998; Lafarge *et al.*, 1998; Granier *et al.*, 2002). Resultados similares han sido reportados por Kittas *et al.* (2009) quienes mencionan respecto a los efectos de sombreado sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate, se encontró en casa sombra un mayor índice de área foliar que en condiciones de campo.

4.3.2 Biomasa

En biomasa en ambos ambientes podemos observar diferencias significativas (Cuadro 21) donde en el primer muestreo a los 15 dds las plantas bajo malla sombra presentan una mayor acumulación de biomasa 9.56 g planta^{-1} superando al campo abierto con una acumulación de 4.93 g planta^{-} . Sin embargo, en el promedio de acumulación de biomasa el campo abierto se posiciona por encima de la malla sombra por un 25.8% (Figura 26).

Investigaciones reportadas por Björkman (1981) muestran que las plantas pueden ajustarse a un ambiente de menor irradiación aumentando el área foliar específica (AFE). Es decir, que en las plantas bajo sombra aumenta el AFE o área por unidad de peso foliar destacando que las hojas son más delgadas al crecer en condiciones de menor irradiación. Otro tipo de adaptación presentado por diferentes especies comprende el aumento en la relación de peso foliar (RPF), indicando que aumenta la distribución de biomasa que forma la superficie asimilatoria, no obstante, este efecto solo se observó en la fase temprana del crecimiento vegetativo del cultivo de pepino. Páez y López (2000) mencionan que en algunas especies, el efecto del sombreado sobre el aumento de la materia seca total distribuida hacia las hojas (RPF) es menor en relación con el efecto sobre el área foliar específica (AFE).

Resultados similares han sido reportados por Páez y López, (2000) en plantas de tomate colocadas debajo del dosel de un árbol (sombra) este efecto solo se observó en las fases tempranas del crecimiento, es decir, antes de los 40 días de crecimiento vegetativo.

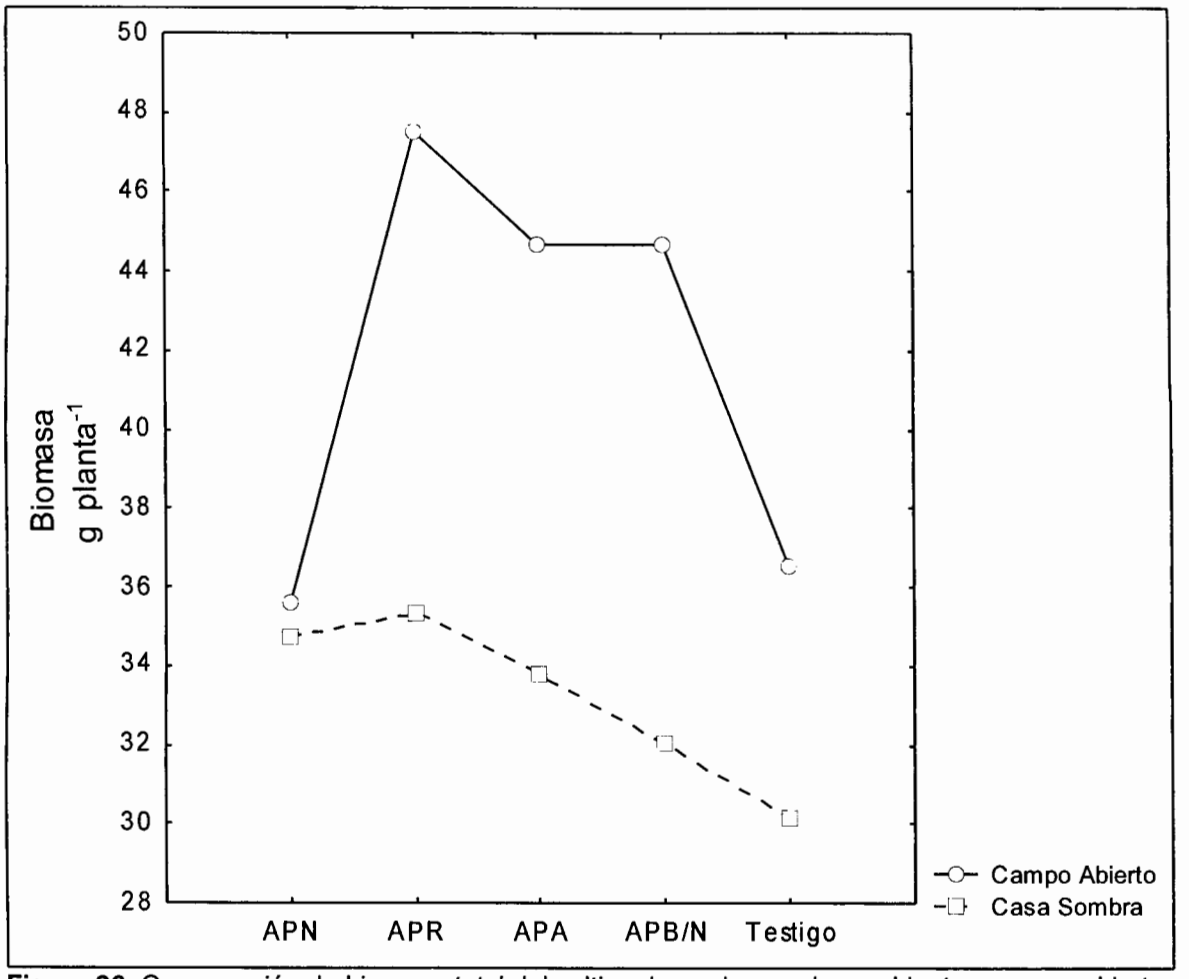

Figura 26: Comparación de biomasa total del cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010.

4.3.3 Unidades Calor

En la acumulación de unidades calor se encontraron diferencias altamente significativas para la comparación de los dos ambientes (Cuadro 22), se observa un comportamiento de mayor acumulación de grados día en la casa sombra los primeros 30 dds con 0.14 hasta 1.76 UC mayor que en campo abierto, para posteriormente ser mayor en campo abierto incluyendo el promedio de acumulación de unidades calor (Figura 27) donde el campo abierto fue superior a la casa sombra por 1.52 UC.

La superioridad del campo abierto con respecto al promedio de acumulación de grados día puede ser explicada por el uso de las mallas que sin importar el color, reducen la radiación que llega al suelo. Obviamente, mientras más alto el factor de

sombra, más radiación será bloqueada. Algunos autores como Stamps (1994) mencionan que la reducción de la radiación afecta la temperatura (aire, planta, suelo) y la humedad relativa.

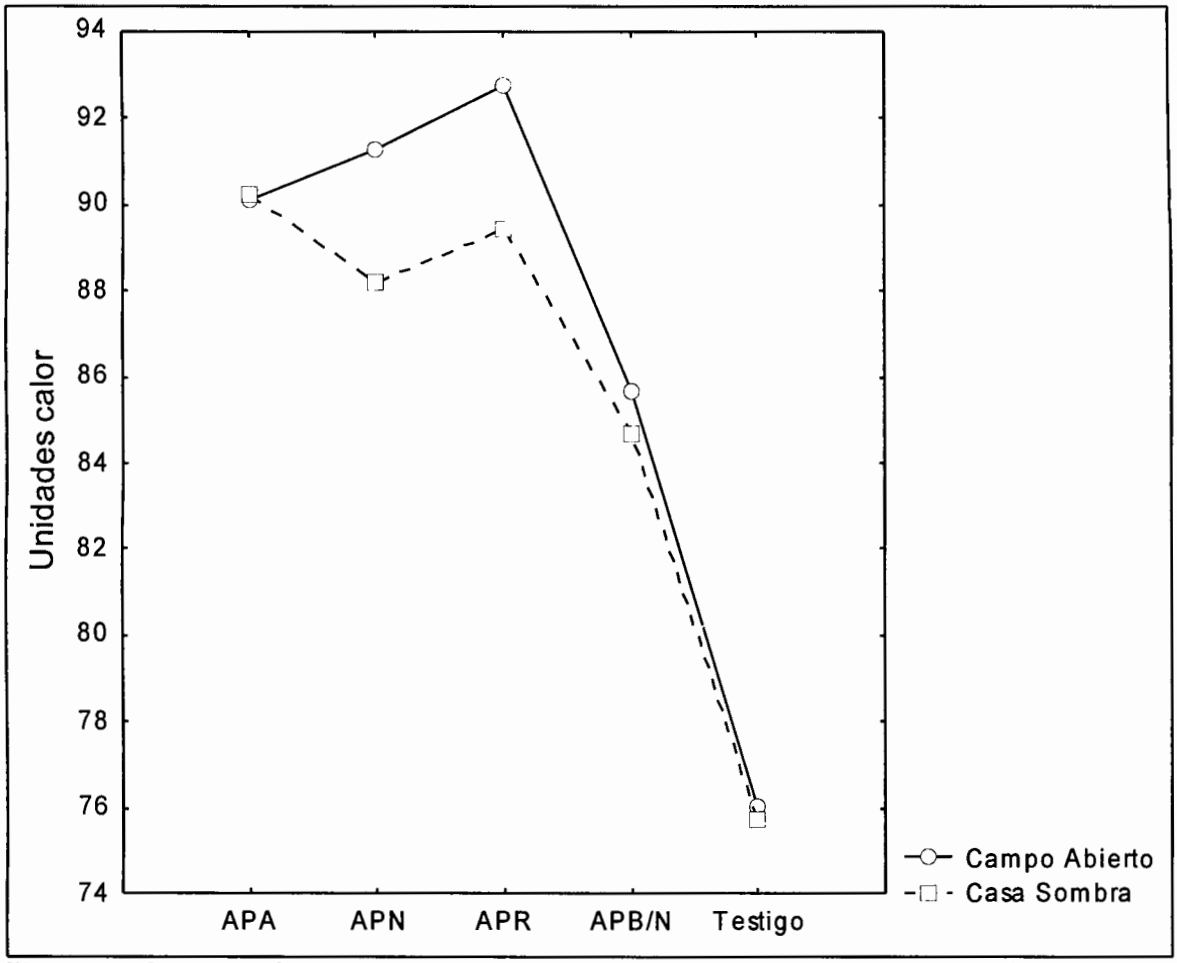

Figura 27: Comparación de unidades calor acumulados en el cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010.

4.3.4 Variables Fisiológicas

Para la comparación de las variables fisiológicas en los dos ambientes se encontraron diferencias altamente significativas en los diferentes componentes a lo largo del ciclo del cultivo de pepino (Cuadros 26, 27, 28, 29, y 30), a excepción del déficit de presión de vapor (DPV) y transpiración a los 15 dds, fotosíntesis a 45 dds, diferencia entre temperatura del aire y de la hoja 55 dds donde no presentaron diferencias entre ambientes.

Entre las variables más destacadas se encuentran la temperatura del aire que fue superior en campo abierto que en casa sombra (Figura 28), lo que se debió al efecto del sombreo proporcionado por la malla sombra que reduce el exceso de temperatura que se presenta en cierta época del año.

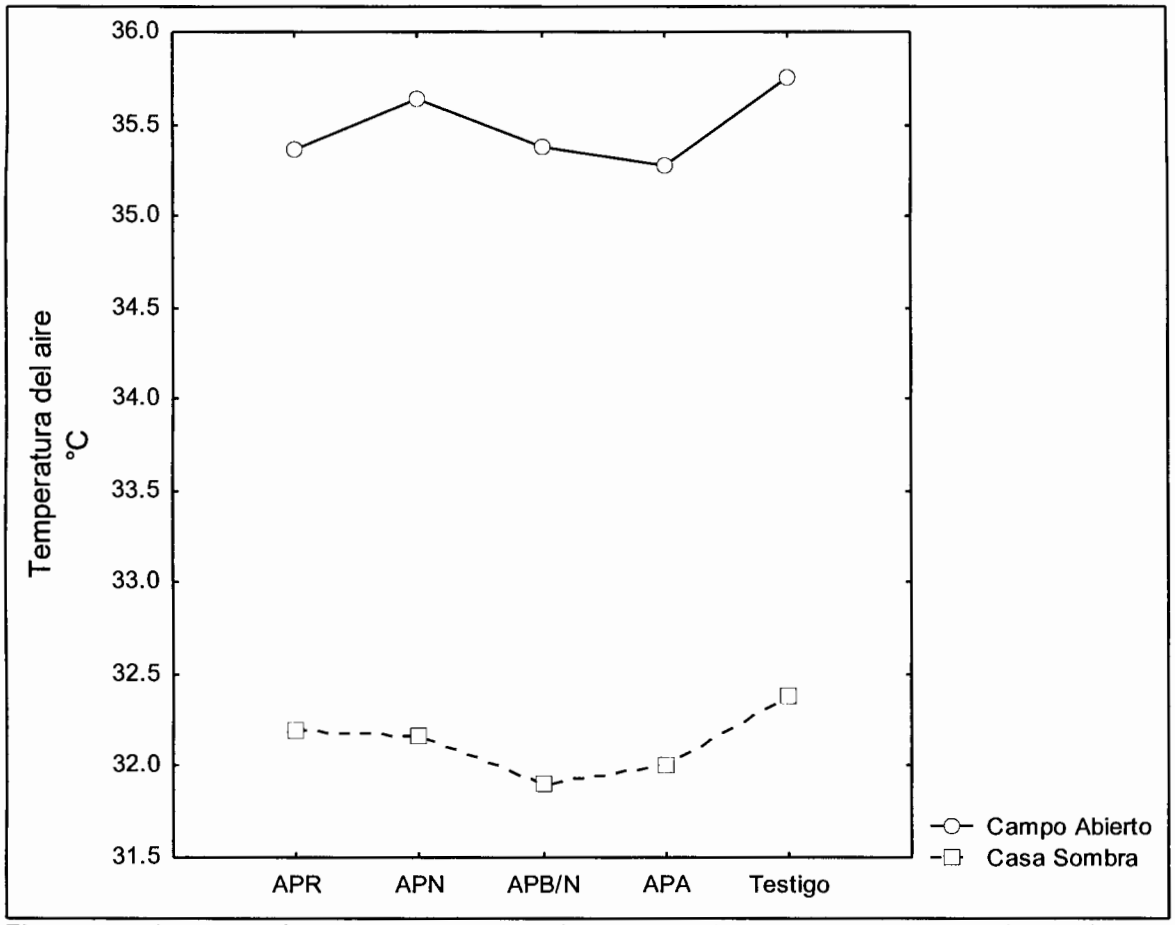

Figura 28: Comparación de la temperatura del aire en el cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010.

Algunos autores mencionan que el objetivo del uso de sombreo no es reducir la luz, sino el exceso de temperatura que se presenta en cierta época del año. Considerando que ésta es producida por la radiación infraroja, el material de sombreo debe ser un filtro selectivo que detenga gradualmente dicha radiación sin afectar la parte útil para la fotosíntesis. Además, la radiación infraroja detenida debe ser reflejada en su mayor parte, para que no sea emitida hacia el interior del invernadero en forma de calor (Martínez y Bimbo, 2001).

La temperatura de la hoja fue mayor en campo abierto (Figura 29) debido a que la temperatura de la hoja depende del balance de energía: energías absorbidas de la radiación solar y de las radiaciones emitidas por otros cuerpos y energías perdidas por enfriamiento (calor sensible y calor latente).

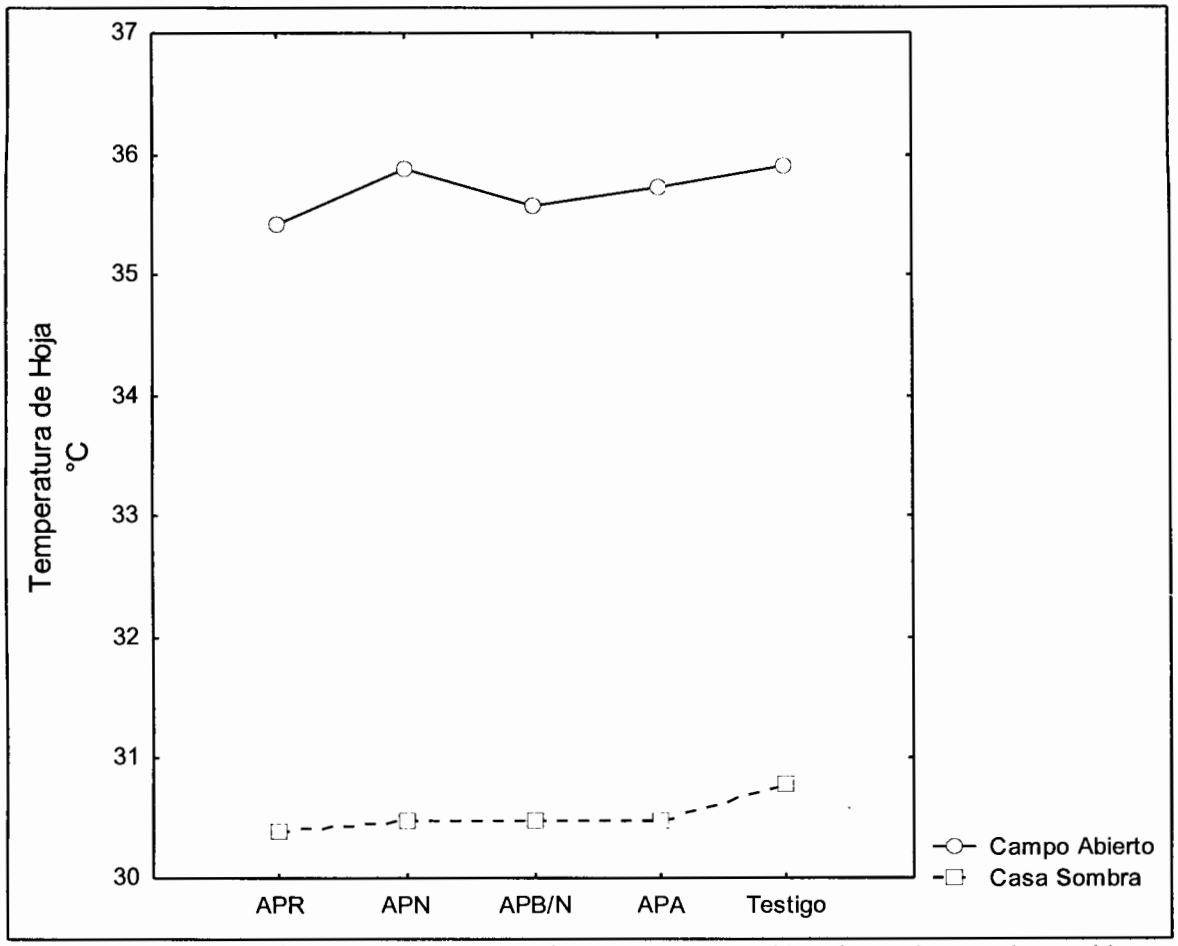

Figura 29: Comparación de la temperatura de la hoja en el cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010.

Algunos autores reportan que la malla permite mayor movimiento ascendente del aire caliente lo que reduce la temperatura cerca de las plantas (Tanny et al., 2008). Una reducción en la cantidad de la luz puede causar una disminución en la temperatura de las hojas, lo que podría tener un impacto sobre el crecimiento y expansión foliar (Ben Haj Salah y Tardieu, 1995; Granier y Tardieu, 1998; Lafarge *et al.*, 1998; Granier *et al.*, 2002).

Para el CO_2 se encontró mayor concentración en la casa sombra (Figura 30) que a campo abierto. Debido a que los vientos fuertes pueden retirar bruscamente el CO_2 de la capa de aire, del cual la malla sombra reduce el impacto del viento.

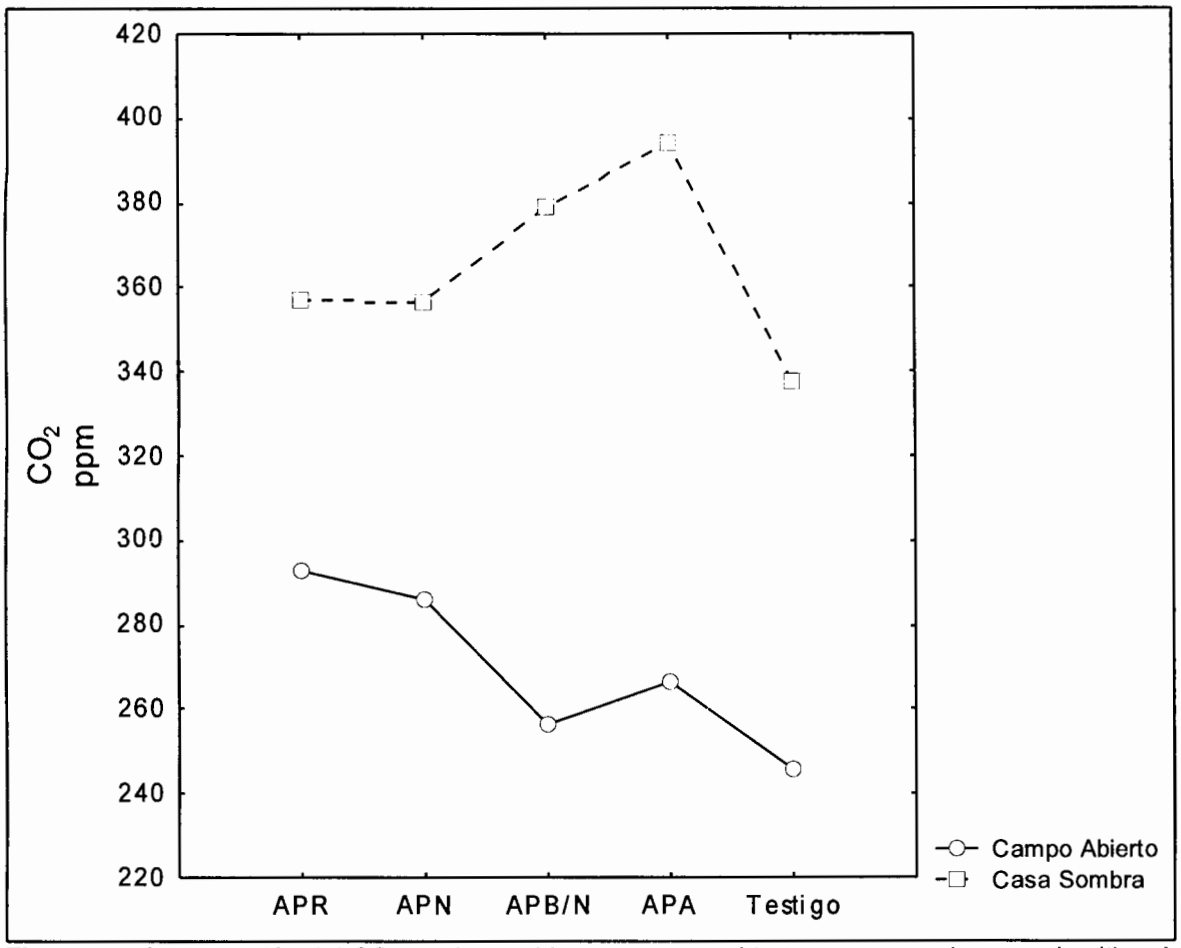

Figura 30: Comparación del CO_2 en dos ambientes, campo abierto y casa sombra, en el cultivo de pepino. CIQA 2010.

Algunos autores reportan que una alta concentración del CO_2 en el aire también ocasiona un incremento del CO_2 intercelular (*Ci*) en las hojas. El aumento del *Ci* a su vez provoca reducción de la fotorrespiración en este tipo de plantas, porque mantiene ocupada a la enzima Rubisco con una cantidad adicional de CO_2 en el estroma de los cloroplastos, como se demostró al aplicar 1,200 $\mu mol \cdot mol^{-1}$ de CO_2 en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) durante la fase de crecimiento del fruto, lo cual se reflejó en el mayor número de frutos por planta (Soldevilla-Canales *et al.*, 1997).

Por otro lado la fotosíntesis fue mayor en casa sombra que en campo abierto (Figura 31) a pesar de que la luz representa un sustrato fundamental para la realización de la fotosíntesis, una intensidad luminosa que sobrepase el nivel de adaptación de los vegetales, combinada con otros factores causantes de estrés, causa reducción en la actividad fotosintética.

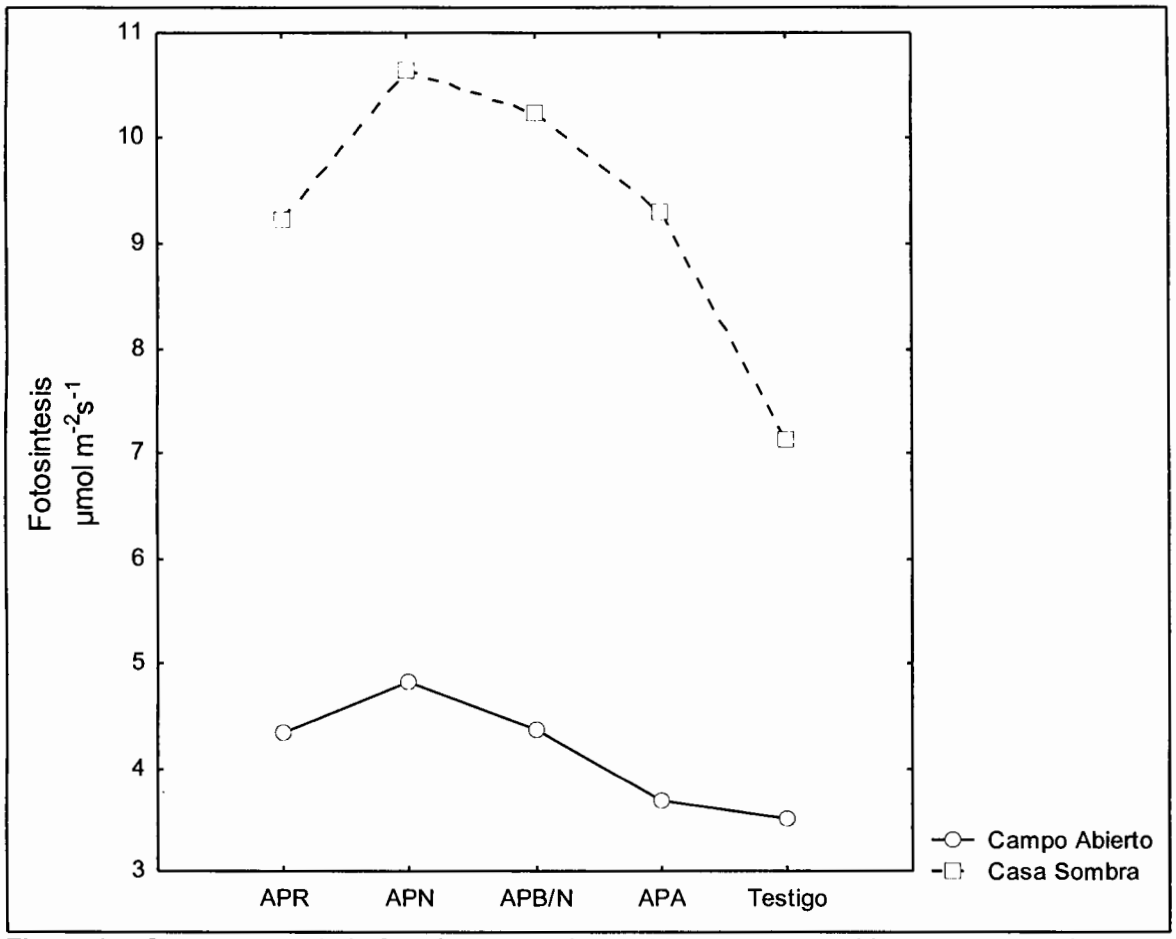

Figura 31: Comparación de la fotosíntesis en dos ambientes, campo abierto y casa sombra, en el cultivo de pepino. CIQA 2010.

Algunos autores reportan que si la energía lumínica absorbida que llega a los centros de reacción, excede la cantidad de energía que puede utilizarse, se pueden generar daños en el aparato fotosintético (Demming-Adams y Adams, 1992; Horton *et al.*, 1994; Lucinski y Jackowski, 2006). Lo que provoca una fotoinhibición (PI) que fue definido originalmente por Kok en 1956, como una reducción en la actividad fotosintética que ocurre como consecuencia de un exceso de iluminación (Yordanov y Veleikova, 2000).

4.3.5 Análisis de Nutrimentos en Hoja

En la comparación de ambos ambientes en la concentración de nutrientes en hoja, se encontró diferencias altamente significativas en K^+, Mg^{++} y N (Cuadro 31) no así para Ca^{++} y P que fueron estadísticamente iguales.

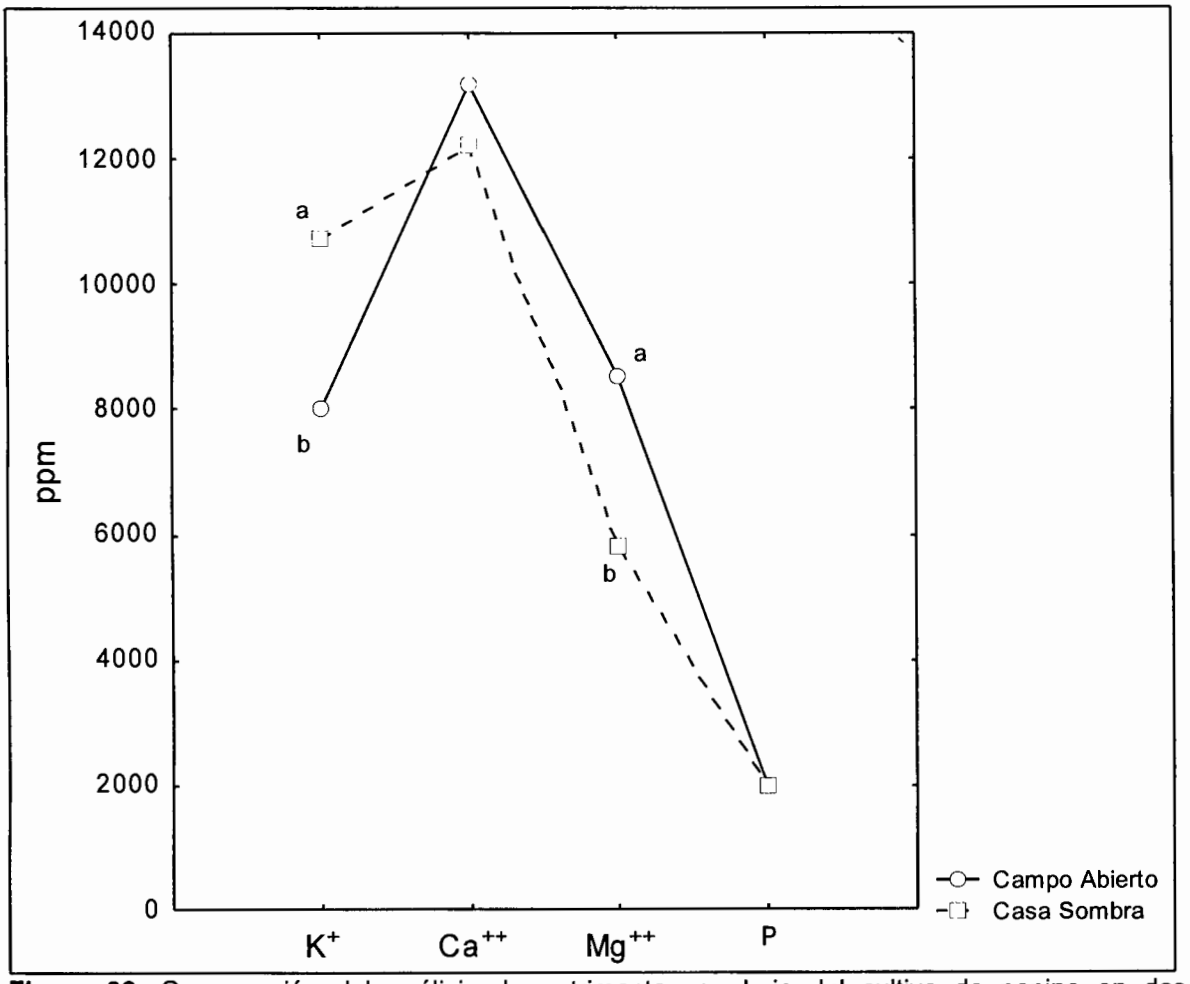

Figura 32: Comparación del análisis de nutrimentos en hoja del cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010.

Para el K^+ se observa (Figura 32) que la mayor concentración se registró en la casa sombra con un valor de 10750 ppm lo que representa un 34.1% por encima del campo abierto. En casa sombra se presentó un mayor número de frutos por lo que el incremento acelerado en la concentración de K^+ es debido, en gran parte, a la formación y el crecimiento de frutos, los cuales llegan a constituir el principal órgano demandante de K^+, con valores de 70 a 80% de la cantidad total extraída por la planta (Bugarín *et al.*, 2002).

Mientras que para Mg^{++} la mayor concentración se presentó en campo abierto con 8529 ppm quedando por debajo la casa sombra con 5822 ppm. Esta menor concentración de Mg^{++} en casa sombra se debe al antagonismo existente entre K^{+} y Mg^{++}, debido a que el potasio es absorbido por la planta en su forma catiónica, K^{+} en el caso de magnesio como (Mg^{++}), por problemas de competencia iónica, en la cual son absorbidos con mayor facilidad y velocidad los cationes que tienen una sola carga positiva que los que tienen mayor cantidad (Rodríguez, 1992). Por lo que en casa sombra al presentarse una mayor concentracción de K^{+} disminuyó la asimilación Mg^{++}.

Por otro lado la extracción de N fue mayor en casa sombra con 1.68% lo que se podría explicarse por la alta tasa en la fotosíntesis. Winder y Nishio (1995) reportó que la catálisis de la Rubisco y la fijación de CO_2, están relacionadas con el metabolismo del N, por lo que las plantas invierten grandes cantidades de N en estas funciones.

4.3.6 Análisis de Nutrimentos en Fruto

En el análisis de concentración de nutrientes en fruto se encontraron diferencias altamente significativas en Mg^{++} y N (Cuadro 32) no así para K^{+}, Ca^{++} y P que fueron igual estadísticamente.

Para Mg^{++} la mayor concentración se encontró en campo abierto con 1805 ppm mientras que en casa sombra con 1510 ppm presentó la menor concentración, este efecto se debió a que el Mg^{++} es influenciado por la temperatura, como lo demostró Jones (1973), ya que la liberación del Mg^{++} aumentó en 35%, 83%, y 142%, respectivamente cuando la temperatura se incrementó de 2°C a 12°C y de 25°C a 35°C.

Para el caso de N se encontró una mayor concentración en campo abierto con 1.20% y en la casa sombra se obtuvo un valor de 0.77% estos datos indicaron que

entre mayor es el nivel de irradiancia, mayor disponibilidad de N requiere las plantas para reparar los daños ocasionados por exceso lumínico y así alcanzar valores normales de Fv/Fm (Pérez-Asseff *et al.*, 2007), debido a que la eficiencia fotosintética (Fv/Fm) en función de la interacción entre la irradiancia y el N, se afecta cuando una planta en estrés es expuesta a altas intensidades de luz; se ha sugerido que los daños en los centros de reacción pueden ser reparados mediante la síntesis de proteína D1. Demostrando por lo tanto la importancia del N para la síntesis de pigmentos y proteínas estructurales del aparato fotosintético. Barber (1994) y Porter (2000) reportan que cuando la tasa de daño es equivalente a la tasa de reparación, no se observa disminución alguna en la eficiencia fotosintética.

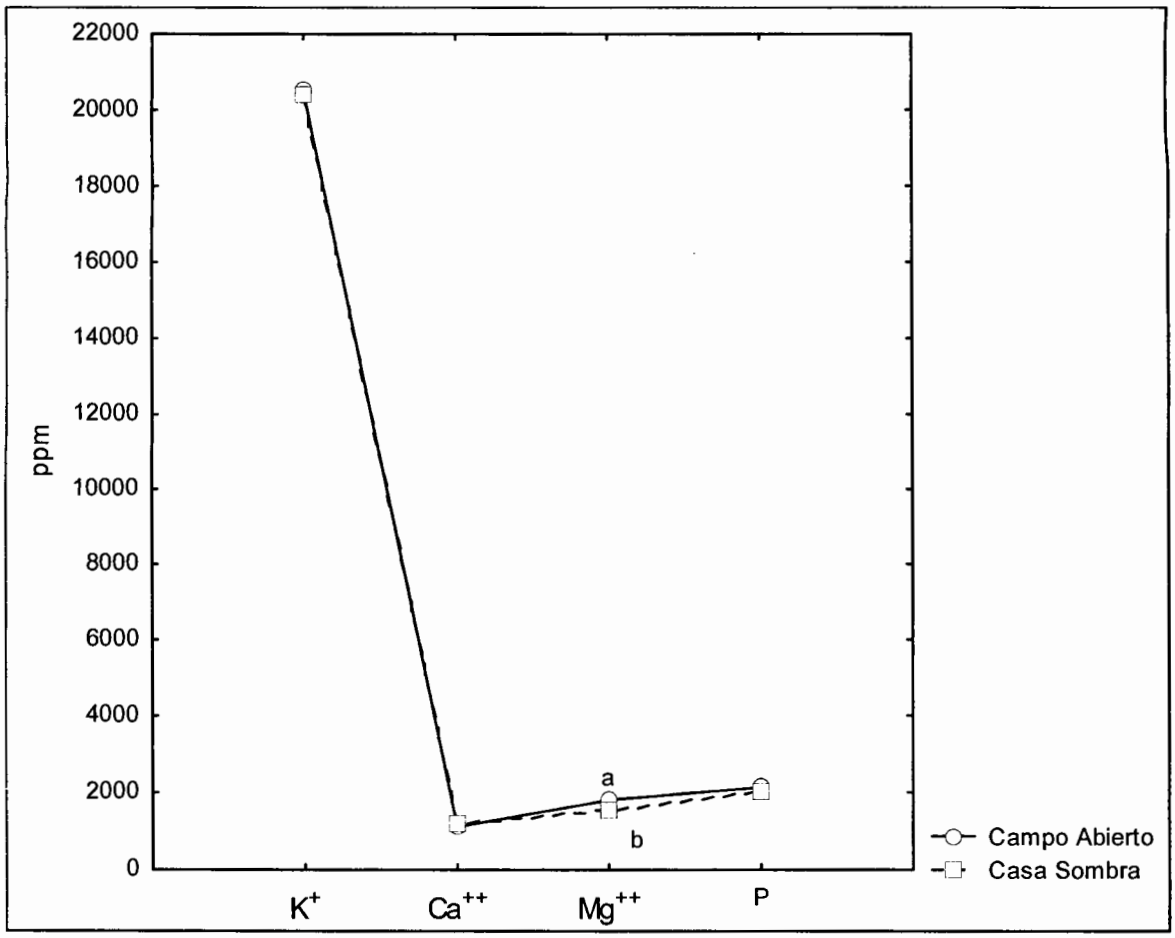

Figura 33: Comparación del análisis de nutrimentos en fruto del cultivo de pepino dos ambientes campo abierto y casa sombra. CIQA 2010.

4.3.7 Rendimiento

En la comparación del rendimiento en los dos ambientes se encontró diferencias altamente significativas en rendimiento comercial y total, no así para rendimiento precoz y rezaga que fueron estadísticamente similares (Cuadro 33).

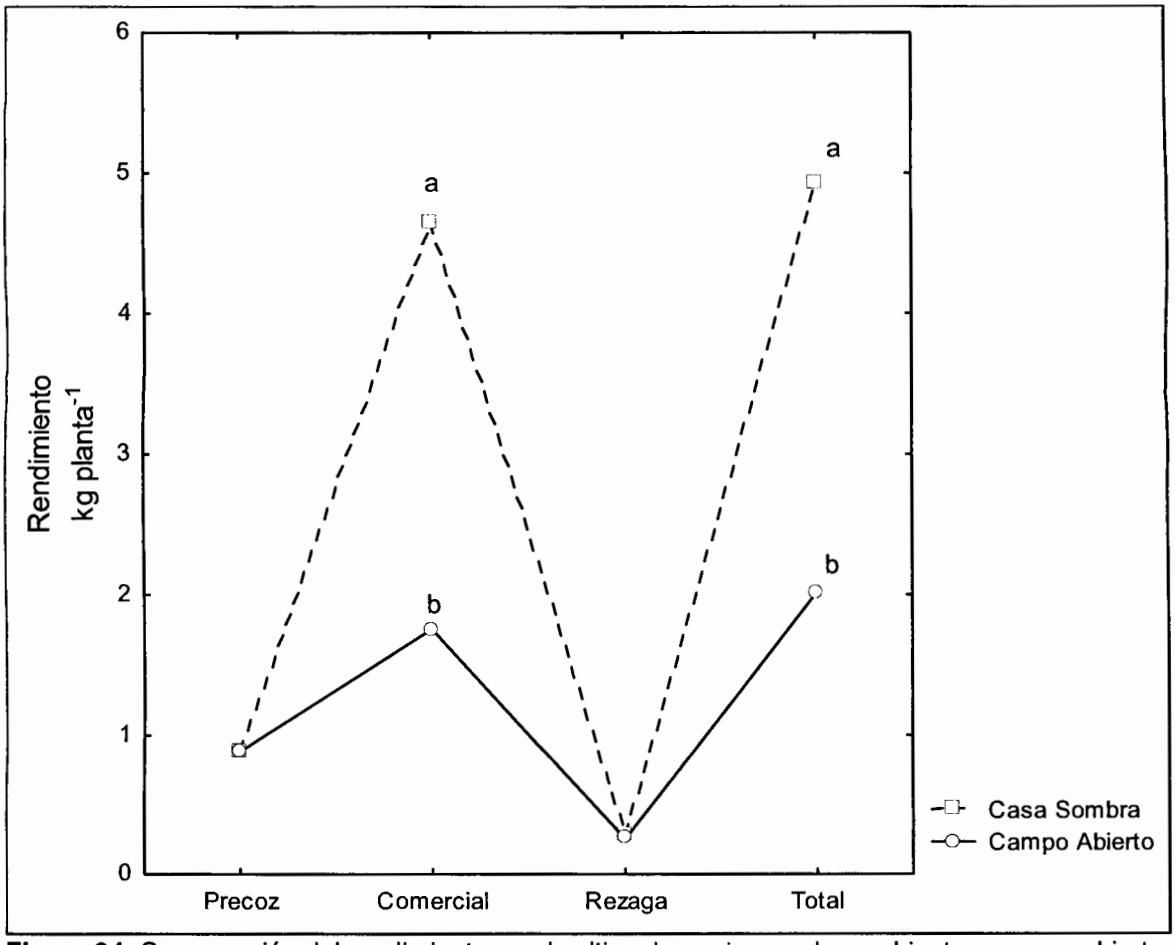

Figura 34: Comparación del rendimiento en el cultivo de pepino en dos ambientes, campo abierto y casa sombra. CIQA 2010.

El rendimiento comercial fue mayor en la casa sombra superando al campo abierto con un 164.2% (Figura 34), debido al uso de malla sombra que disminuyen los daños por aves, insectos, viento y temperaturas extremas (Rodríguez, *et al.* 2004) lo que permite obtener fruto de mejor calidad. Además esto permitió obtener un mayor número de frutos que permitió elevar el rendimiento total en casa sombra el cual supero al campo abierto con un 145.8%, estos resultados se debieron a los beneficios de la malla que mejoró la penetración y distribución de la radiación

hacia los estratos inferiores del follaje, que se manifestó en una mayor altura de la planta, diámetro y peso de fruto. La mayor penetración y distribución de la RFA contribuye a una mayor asimilación de la radiación, que mejora la fotosíntesis del follaje del cultivo (Mock y Pearce, 1975).

Al comparar la información del AF con el rendimiento total en los dos ambientes, se observó que son caracteres asociados, es decir, que al aumentar el AF se incrementa el rendimiento total (Figura 35).

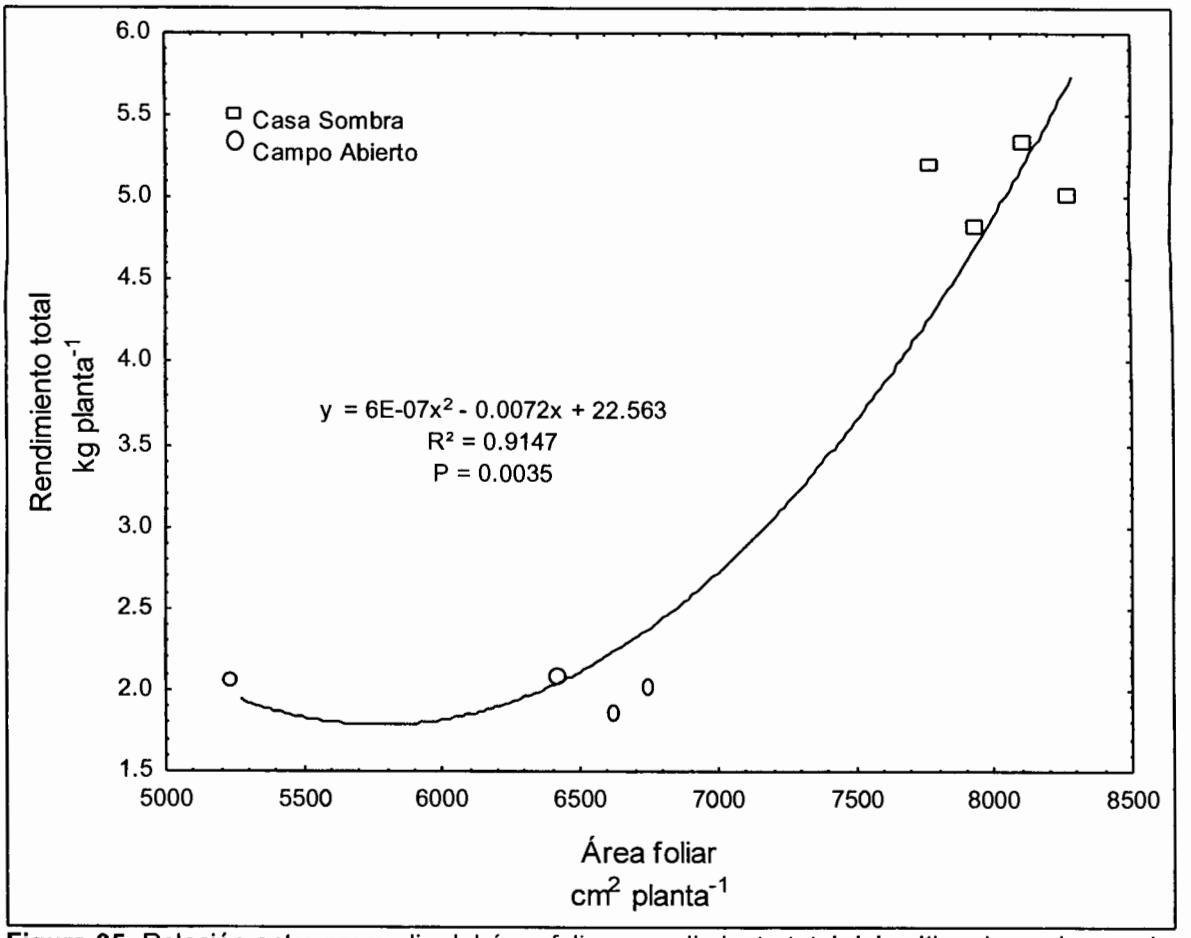

Figura 35. Relación entre promedio del área foliar y rendimiento total del cultivo de pepino en dos ambientes, casa sombra y campo abierto. CIQA 2010.

Los resultados quizá son una consecuencia de una mayor superficie receptora de radiación solar y por ende una mayor fotosíntesis. Bajo condiciones óptimas, la luz y la temperatura son los factores del medio ambiente que influyen directamente sobre las tasas de crecimiento foliar. Bajo la malla de color perla o blanco la luz se

difunde en gran medida y cubre más partes de la planta, tales como la parte baja de los tallos y las hojas inferiores. Hay una mayor eficiencia fotosintética que promueve un crecimiento acelerado de plantas más pesadas, mejor calidad y rendimientos más altos. Otros autores como Kittas *et al.* (2009) mencionan que respecto a los efectos de sombreado sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate, se encontró en casa sombra un mayor índice de área foliar, producción total y producción comercial que en condiciones de campo.

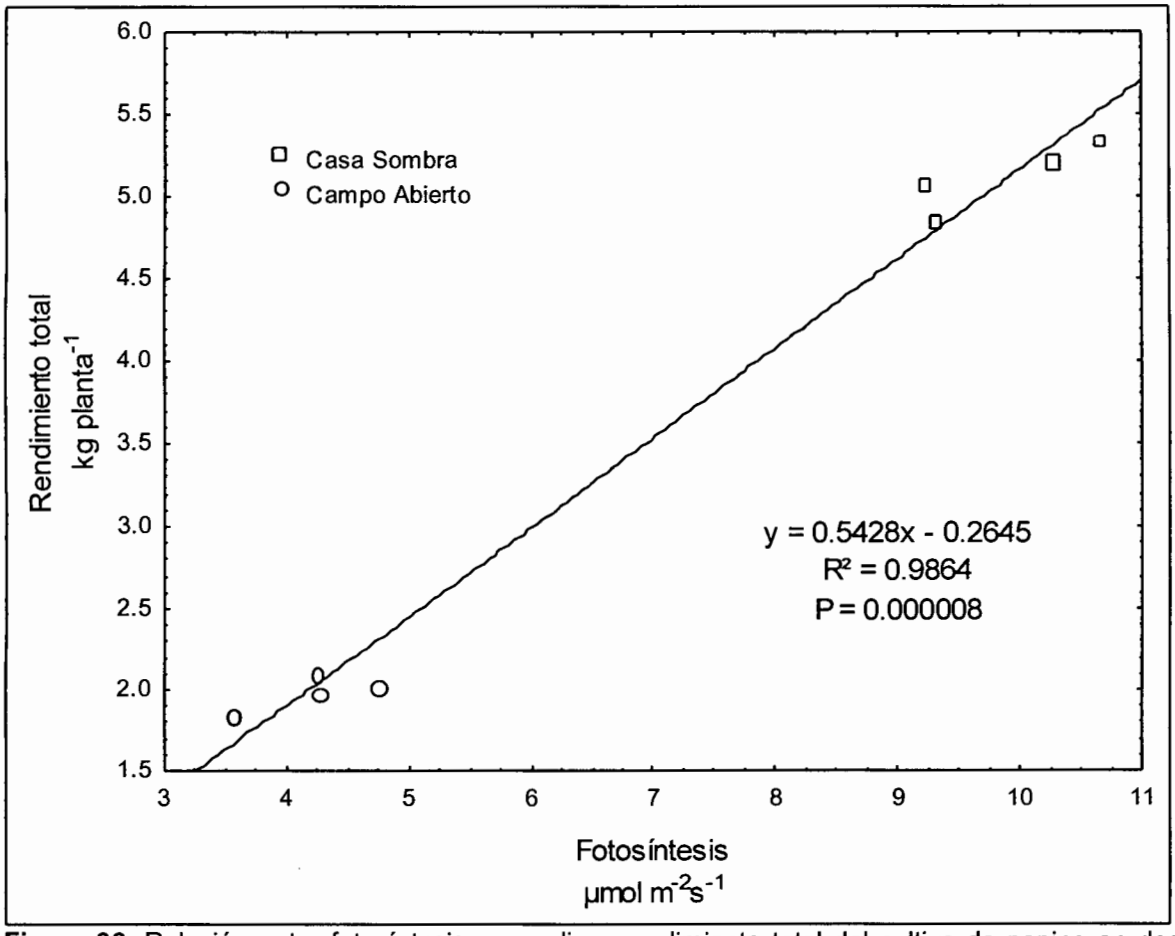

Figura 36. Relación entre fotosíntesis promedio y rendimiento total del cultivo de pepino en dos ambientes, casa sombra y campo abierto. CIQA 2010.

Por otro lado se encontró una correlación lineal entre la fotosíntesis y el rendimiento total; en la Figura 36 se puede observar que en casa sombra se obtuvo un mayor rendimiento al existir una mayor fotosíntesis neta.

Estos resultados demuestran que la malla sombra al mejorar la penetración y distribución de la radiación protege a las plantas de un posible daño por exceso de radiación, lo que coincide con algunos autores que mencionan que si la energía lumínica absorbida que llega a los centros de reacción, excede la cantidad de energía que puede utilizarse, se pueden generar daños en el aparato fotosintético (Demming-Adams y Adams, 1992; Horton *et al.*, 1994; Lucinski y Jackowski, 2006). Otros autores como Ramos y Rallo (1992) encontraron que la mayoría de las especies C_3 se saturan a niveles de radiación de aprox. 800 µmol m^{-2}/s^{-1}, equivalente al 40 - 50% de la radiación máxima de un día de verano.

V. CONCLUSIONES

- La casa sombra modificó el ambiente, favoreciendo el crecimiento, desarrollo y fructificación con respecto al campo abierto, lo cual se manifiesta en mayor rendimiento; existe aún un potencial para que este rendimiento sea mayor ya que el periodo de cosecha fue de tan solo 50 días.

- El mayor rendimiento en campo abierto se obtuvo en el APB/N, mientras que los mayores rendimientos en casa sombra se obtuvieron en APN, APB/N, APR. Se obtuvo una ganancia en el rendimiento total de un 145.8% en casa sombra en comparación con campo abierto, así mismo la casa sombra superó al campo abierto en CO_2 ambiental y fotosíntesis unitaria lo mismo sucedió en la concentración de potasio en la hoja.

- El campo abierto superó a la casa sombra en producción de biomasa y unidades calor, lo mismo sucedió con la temperatura del aire, temperatura de la hoja y concentración de magnesio en la hoja.

- La fotosíntesis se relacionó cuadráticamente con el rendimiento.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Adams P., J. Atherton and J. Rudich. 1986. The tomato crop mineral nutrition. ed. Chapman and Hall, London, pp 280- 334.

Adams, P. 1991. Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrient or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. J. Hortic. Sci. 66: 210-217.

Adams P. 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponics systems. Acta Horticulturae 361: 245-257.

Akanbi B. W., T. A. Adebayo, O. A. Togun, A. S. Adeyeye and O. A. Olaniran. 2007. The use of compost extract as foliar spray nutrient source and botanical insecticide in *Telfairia occidentalis*. World Journal of Agricultural Sciences. 3(5):642-652.

Al-Mulla Y. A., M. Al-Balushi, M. Al-Rawahy, F. Al-Raisy and S. Al-Makhmary. 2008. Screenhouse microclimate effects on cucumber production planted in soilless culture (Open System). Acta Hort. 801.

Alcántar G. G. y V. M. Sandoval. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo. A.C. Chapingo, México. 156 p.

Anaya M. E. 1995. Nutrición del manzano y fundamentos técnicos para su fertilización. En: Aristizabal L. M.; Villegas, E. B. & Noreña, E. C. A. (eds.) 2° Simposio Internacional sobre Manzano. Memorias Universidad de Caldas. Corporación para el Desarrollo de Caldas. Manizales: Artes Gráficas Tizán, pp. 1-22.

Anderson D. L. 1992. The sugarcane plant and magnesium. Sugar Journal 55 (1):12.

Andersson A. and Johansson E. 2006. Nitrogen partitioning in entire plants of different spring wheat cultivars. J. Agronomy & Crop Science 192:121-131.

Andrade F. H., A. G. Cirilo, S. A. Uhart, y M. E. Otegui. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Dekalb Press. Buenos Aires, Argentina. 292 p.

Anglés M. 2001. Control climático y ciclo de cultivo. Ediciones de Horticultura. Polysack España. 7 pp.

Baeza P. 1994. Caracterización fisiológica y agronómica de diferentes sistemas de conducción del viñedo (*Vitis vinífera* L.) en regadío. Tesis doctoral. U.P. Madrid 209 pp.

Barber J. 1994. Molecular basis of the vulnerability of photosystem II to damage by light. Australian Journal of Plant Physiology. 22: 201-208.

Benavides A., R. K. Maiti, M. J. Verde, R. Foroughbakhch, H. Gámez, M. Badii. 1998. Agroplasticultura: del control microambiental al control del metabolismo y la morfogénesis. Ciencia UANL 1:135-140.

Benavides M. A. 1999. Productividad, sólidos solubles y redox de extractos de peciolos en espinacas. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México.

Benavides M. A. 2000. Agroplásticos control microambiental, control metabólico y morfogénesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura. Saltillo, Coah.

Benavides M. A., A. G. de León-Ramírez, M. E. Facio-Castro, J. Zamarripa-Leyva, V. Robledo-Torres, H. Ramírez-Rodríguez, J. Hernández-Dávila, G. Arias. 2002. Estudio espectroradiométrico de diferentes materiales plásticos para acolchado. AGROFAZ 2(1):36-44. Publicación Semestral de Investigación Científica ISBN 968-6404-32-5.

Ben Haj Salah H. and F. Tardieu. 1995. Temperature affects leaf expansion rate of maize without change in spatial distribution of cell length. Analysis of the coordination between cell division and cell expansion. Plant Physiol. 109, 861-870.

Björkman O. 1981. Responses to different quantum flux densities. Physiological Plant Ecology. I. Responses the physical environment. (Eds. O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond and H. Ziegler). Encycl. Plant Physiol. New Ser., Vol. 12A, pp 57-107. Springer-Verlag.

Bregliani M. M., E. J. M. Temminghoff, W. H. Van Riemsdijk and E. S. Haggi. 2006. Nitrogen fractions in arable soils in relation to nitrogen mineralization and plant uptake mabel. Commun. Soil Sci. Plan. Anal. 37: 1571-1586.

Briassoulis D., A. Mistriotis and D. Eleftherakis. 2007. Mechanical behaviour and properties of Agricultural nets. Part II: Analysis of the performance of the main categories of agricultural nets, Polym. Test. 20 970–984.

Bugarin M. R., A. Galvis S., P. Sánchez G. y D. García P. 2002. Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. Terra 20:401-409.

Bugarin M. R., A. Galvis S., P. Sánchez G. y D. García P. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. Terra 20: 391-399.

Bustamante O. J. de D. 2001. Bioespacios y la modificación microclimática, alternativa de control del "chino" en jitomate (*L. esculentum* Mill.) y otras hortalizas. Simposium el "chino" del jitomate. Horticultura Mexicana 8 (3): 22-27.

Bustamante O. J. de D., J. A. Ávila M., A. Trujillo C., R. Rodríguez H., E. Bravo M., J. L. Jiménez V., López, L. P. Díaz. 2007. Cultivares de jitomate con alto potencial de rendimiento para otoño–invierno en bioespacios y para el estado de Morelos. Memoria XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas 2007. Zacatecas, Zac. México. Pág. 193.

Caldari J. P. 2007. Manejo de la luz en Invernaderos. Los beneficios de luz de calidad en el cultivo de hortalizas. I Simposio Internacional de Invernaderos – 2007 – México.

Carbonneau A., C. Riou, D. Guyon, J. Riom and C. Schneider. 1992. Agrométéorologie de la vigne en France. Office Publications Officielles Communautés Européennes ed.

Carrasco R. L. 2009. Efecto de la radiación ultravioleta-b en plantas. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Tarapacá. Arica-Chile. IDESIA. Volumen 27, Nº 3, Páginas 59-5796.

Castellano S., G. M. Scarascia, G. Russo, D. Briassoulis, A. Mistriotis, S. Hemming, D. Waaijenberg. 2008. Plastic nets in agriculture: a general review of types and applications, Appl. Eng. Agric. 24 799–808.

Castillo M. H., P. Alvarado Valenzuela y M. L. Tapia. 2000. Efecto del uso de acolchados de polietileno sobre la estacionalidad de algunos parámetros agrometeorológicos, el crecimiento de malezas y la precocidad de los cultivos. Horticultura Argentina, Vol. 19. Nº 46. Resumen 091.

Celis P. O. 2005. Análisis de crecimiento y rendimiento en chile Anaheim *Capsicum annuum L.* por efecto de acolchado de suelo y fertilización. Tesis licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Cenobio P. G., M. A. Inzunza I., S. F. Mendoza M., C. I. Sánchez y L. A. Román. 2006. Acolchado plástico de color en sandía con riego por goteo. Terra Latinoamericana. Volumen 24. Número 4. pp. 515-520.

Chapman H. D., P. F. Pratt. 1973. Manual de Análisis para Suelos, Aguas y Plantas. Ed. Trillas, México. Pp.195.

Cooper A. J. 1973. Root Temperature and Plant Growth—A Review. Commonwealth Agriculture Bureaux, Slough, England.

Crawley M. J. 1997. Life history and environment. In: Crawley M.J. (ed). Plant Ecology: 73-131. Blackwell, Oxford.

Decoteau D. R., M. J. Kasperbauer, D. D. Daniels and P. G. Hunt. 1989. Mulch surface color affects yield of fresh-market tomatoes. J. Am. Soc. Hort. Sci. 114:216-219.

De Luna G. A., M. Valenzuela L., A. Lara H., M. Parra D., J. Avelar M., J. Llamas Ll. 2007. Desarrollo y producción de tomate (*lycopersicon esculentum* Mill) en dos tipos de malla sombra. XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Zacatecas, Zac. México.

Demming-Adams B. and W. W. Adams. 1992. Photoprotection and others responses of plants to high light stress. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol.43, 599-626.

Dengler N. G. 1980. Comparative histological basis of sun and shade leaf dimorphism in *Helianthus annuus*. Can. J. Bot. 58, 717-730.

Díaz-Pérez J. C. & K. D. Batal. 2002. Colored plastic mulch affects tomato growth and yield via changes in root-zone temperature. Journal of the American Society for Horticultural Science, 127, 127_136.

Díaz-Pérez J. C., S. C. Phatak, D. Giddings, D. Bertrand, H. A. Mills. 2005. Root zone temperature, plant growth, and fruit yield of tomatillo as affected by plastic film mulch. HortScience 40:1312-1319.

Díaz-Pérez J. C. 2009. Root zone temperature, plant growth and yield of broccoli [*Brassica oleracea* (Plenck) var. italica] as affected by plastic film mulches. Scientia Horticulturae 123, 156–163.

Dodd I. C., J. He, C. G. N.Turnbull, S. K. Lee, C.Critchley. 2000. The influence of supraoptimal root-zone temperatures on growth and stomatal conductance in *Capsicum annuum* L. J. Exp. Bot. 51, 239–248.

Düring H., B. R. Loveys. 1996. Stomatal patchiness of field-grown Sultana leaves: Diurnal changes and light effects. Vitis 35, 7-10.

Ebert G. and F. Casierra. 2000. Verringert die Einnetzung grundsatlich die Assimilationsleistung von Apfelbaumen. Erwerbsobstbau 42, 12-14.

El-Sharkawy M., J. Cock, J. Lynam, A. Hernández y L. Cadavid. 1990. Relationships between biomass, rootyield and single-leaf photosynthesis in field-grown cassava. Field Crops Research 25, 183-201.

Enciso B. E. y C. Gómez. 2004. Comparación de las respuestas de cuatro cultivares de mora (*Rubus* sp.) a las variaciones del factor luz. Agronomía Colombiana. 22 (1): 46-52.

Epstein E. and A. J. Bloom. 2005 Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. 2nd ed, Sinauer Associates, Inc, Sunderland, MA, USA. Pp: 400.

Fan T., B. A. Stewart, W. A. Payne, Y. Wang, S. Song, J. Luo, and C. A. Robinson. 2005. Supplemental irrigation and water-yield relationships for plasticulture crops in the loess plateau of China. Agron. J. 97: 177-188.

Flores L. R., F. Sánchez del C., J. E. Rodríguez P., R. Mora A., M. T. Colinas L., H. Lozoya S. 2009. Influencia de la radiación solar en la producción de semilla-tubérculo de papa bajo cultivo sin suelo. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(1): 25-30, 2009.

Flores P., J. M. Navarro, C. Garrido, J. S. Rubio and V. Martínez. 2004. Influence of Ca^{++}, K^{+} and NO_3^{-} fertilization on nutritional quality of pepper. Journal of the Science of Food and Agriculture. 84: 569-574.

Gálvez H. F. 2004. El cultivo de pepino en invernadero. *In*: Manual de Producción Hortícola en Invernadero, 2a ed. R. J. Castellanos (ed). INTAGRI. Celaya, Gto. México. pp: 282-293.

Galvis S. A., J. Etchevers B. and J. Rodríguez S. 1994. A system approach for determining NP fertilizer recommendations for annual crops. pp. 440-441. *In:* Vol. 5. II. Nutrient demand. 15th World Congress of Soil Science. Acapulco, México.

García E. 1984. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen. Primera Edición. México, D. F.

Gawronska H., B. R. Dwelle, J. J. Pavek. 1990. Partitioning of photoassimilates by potato plants (*Solanum tuberosum* L.) as influenced by irradiance: II. Partitioning patterns by four clones grown under high and low irradiation. American Potato Journal 67: 163-176.

Gianoli E. 2004. Plasticity of traits and correlations in two populations of *Convolvulus arvensis* (Convolvulaceae) differing in environmental heterogeneity. Int J. Plant Sci.;165:825-832.

Granier C., C. Massonnet, O. Turc, B. Muller, K. Chenu and F. Tardieu. 2002. Individual leaf development in Arabidopsis thaliana: a stable thermal-timebased programme. Ann. Bot. 89, 595-604.

Granier C. and F. Tardieu. 1998. Is thermal time adequate for expressing the effects of temperature on sunflower leaf development. Plant Cell Environ. 21, 695–703.

Guzmán M. 2000. Manejo de la nutrición en cultivos en suelo y sustrato. Seminario Internacional: Adaptaciones tecnológicas para la modernización de

cultivos forzados. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso, 12 y 13 de octubre 2000. s.p.

Hanna H. Y., E. P. Millhollon, J. K. Herrick and C. L. Fletcher. 1997. Increased yield of heat-tolerant tomatoes with deep transplanting, morming irrigation, and white mulch. HortScience 32:224-226.

Hanna H. Y., R. L. Parish and R. P. Bracy. 2003. Reusing black polyethylene mulch saves Money in vegetable business. Louisiana Agriculture. 46(1): 21-22.

Havlin J., S. Tisdale, W. Nelson and J. Beaton. 1999. Soil fertility and fertilizers an introduction to nutrient management. 6 ed. Editorial Lori Harvey. pp. 86-298.

Ho L. C. and P. Adams. 1995. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. Acta Hort. 396: 33-44.

Ho L. C. 1996. Tomato. pp. 709-728. *In:* E. Zamsky y A.A. Schaffer. Photoassimilate distribution in plants and crops. Marcel Dekker. New York.

Ho L. 2000. Mejoramiento de la calidad del fruto de tomate a través del cultivo. Universidad Católica de Valparaíso. Seminario Adaptaciones Tecnológicas para la Modernización de Cultivos Forzados. Quillota, 12-13 octubre 2000. S.p.

Horton P., A. V. Ruban and R. G. Walters. 1994. Regulation of light harvesting in green plants. Plant Physiol. 106, 415-420.

Horton P., A. V. Ruban & R. G. Walters. 1996. Regulation of light harvesting in green plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 47: 655 – 684.

Hunt P. G., T. A. Matheny and M. J. Kasperbauer. 1990. Cowpea yield response to light reflected from different colored mulches. Crop Sci. 30:1292-1294.

Ibarra J. L. y A. Rodríguez 1991. Acolchados de Suelos con Películas Plásticas. Editorial Limusa. 1ª Ed. México D.F.

Ibarra J. L., G. Núñez P., J. Flores V. 1995. Ajuste de los coeficientes de cultivo de tomate para sus diferentes etapas fenológicas cultivado en condiciones de acolchado con plástico negro. Terra 13(2): 148-154.

Ibarra-Jiménez L., Quezada-Martin, R., Cedeño-Rubalcava, B., Rio, A.J.D., de la Rosa-Ibarra, M., 2006. Watermelon response to plastic mulch and row covers. Eur. J.Hortic. Sci. 71, 262–266.

Ibarra-Jiménez L., A. Zermeño-González, J. Munguía-López, M. R. Quezada-Martin, y M. de La Rosa-Ibarra. 2008. Photosynthesis, soil temperature and yield of cucumber as affected by colored plastic mulch. Acta Agric. Scand. BS P 58, 372–378.

Ibarra-Jiménez Luis, Lira-Saldivar, R. Hugo, Valdez-Aguilar, Luis Alonso and Lozano-Del Río, Javier. (2011) 'Colored plastic mulches affect soil temperature and tuber production of potato'. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science, 61: 4, 365 — 371.

INIFAP. 2007. Catálogo de productos y servicios; Morelos. Comps. Cadena, I. P. y Ambriz, C. R. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacifico Sur. Campo Experimental Zacatepec. Publicación Especial Núm. 45 Zacatepec, Morelos, México. 92 p.

Inzunza I. M., M. S. F. Mendoza, E. A. Catalán, C. M. M. Villa, C. I. Sánchez y L. A. Román. 2007. Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. Revista Fitotecnia Mexicana, año/vol. 30, número 004 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México pp. 429-436.

Inzunza I. M., C. M. Villa, V. E. Catalán y L. A. Román. 2010. Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y niveles de riego. terra latinoamericana volumen 28 número 3. pp. 211-218

Jones R. L. 1973. Gibberellic Acid and Ion Release from Barley Alenrone Tissue. Plant Physiol. 52, 303-308.

Kader A. A., L. L. Morris, M. A. Stevens and M. Albright-Holton. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest procedures. J. Am. Soc. Hort. Sci. 103: 6-13.

Kittas C., N. Rigakis, N. Katsoulas and T. Bartzanas. 2009. Influence of shading screens on microclimate, growth and productivity of tomato . Acta Hort. (ISHS) 807:97-102.

Kok B. (1956) On the inhibition of photosynthesis by intense light. Biochim Biophys Acta 21: 234244

Kroon H., H. Huber, J. Stuefer and J. Groenendael. 2005. A modular concept of phenotypic plasticity in plants. New Phytol. 166:73-82.

Lafarge T., M. de Raïssac and F. Tardieu. 1998. Elongation rate of sorghum leaves has a common response to meristem temperature in diverse African and European conditions. Field Crop Res. 58, 69-79.

Larcher W. 1995. Physiological Plant Ecology. 3ra Edición. Springer (Ed). Alemania.

Lee D. W., S. F. Oberbauer, P. Johnson, B. Krishnapilay, M. Mansor, H. Mohamad and K. S. Yap. 2000. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedling of two southeast Asian Hopea (Dipterocarpaceae) species. Amer. J. Bot. 87, 447-455.

Lichtenthaler H. K. 1983. Differences in morphology and chemical composition of leaves grown at different light intensities and qualities. Pp.201-221. In: Baker, N. R., W. J. Davies and C.K. Ong (eds.). Control of leaf growth. University Press, Cambridge.

Li L. Y., C. Stanghellini and H. Challa. 2001. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato. Scientia Horticulturae 88: 11-29.

Locascio S. J. and A. G. Smajstrla. 1995. Fertilizer timing and pan evaporation scheduling for drip irrigated tomato. In Lamm (ed.) Microirrigation for a changing world: Conserving resources/preserving the environment. ASAE Publ., 4-95:175-180.

López-Gutiérrez M. A. 2003. Alternativas de Protección de Cultivos con Materiales Plásticos. IDEA 11: 6 - 12.

Lucinski R. and G. Jackowski. 2006. The structure, functions and degradation of pigment-binding proteins of photosystem II. Acta Biochim. Pol. 534), 693–708.

Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. London, UK. 889 p.

Martínez F. y B. Bimbo. 2001. Propiedades de cubiertas, mallas y pantallas térmicas. Productores de hortalizas. Febrero: 8-9.

Martínez F. R. 1997. Efecto del Acolchado en la Temperatura Superficial del Suelo y su Relación en ei Desarrollo y Rendimiento del Cultivo del Melón (*Cucumis melo L.*) Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Martínez S., M. Garbi, P. Etchevers y M. Asborno. 1998. Efecto del color de la cobertura plástica sobre el régimen térmico del suelo para el cultivo de tomate en invernadero plástico. Revista Brasileira de Agrometeorología, Vol. 6 N°2:147-150.

Matsuda Y., H. Toyoda, A. Veda, S. Tamaki, Y. Hosol and S. Orechi. 1997. Establishment of photosynthesic hairy roots in cultures of melón leaves (*Cucumis melo* L) Environment control in biology 35 (2): 131-134.

Matthews M. A. (2004). Growth and physiology of the grapevine. Viticulture & Enology 110. University of California, Davis. 6. Fundamentals of light. Environmental Control of photosynthesis.: 67- 79.

Mendoza-Moreno S. F., M. A. Inzunza-Ibarra, R. Morán-Martínez, I. Sánchez-Cohen, E. A. Catalán-Valencia y M. Villa-Castorena. 2005. Respuesta de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante. Rev. Fitotec. Mex. 28:351-357.

Misle E. y A. Norero. 2001. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas. I. Efecto de diferentes tipos de láminas. Agric. Téc. Méx. 61:488-499.

Mitchell J. R. y C. Shennan. 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. J. Am. Soc. Hort. Sci. 116: 215-221.

Mock J. J. and R. B. Pearce. 1975. Ideotype of maize. Euphytica 24, 613.

Moller M. and S. Assouline. 2006. Effects of a shading screen on microclimate and crop water requirements. Irrig. Sci. 25:171-181.

Munguía J., A. Zermeño, R. Quezada, M. de la Rosa, L. Ibarra y A. Torres. 2004. Relación entre los componentes del balance de energía y la resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico. Revista Internacional de Botánica Experimental. 2004: 181-192.

Navarro S. y G. Navarro. 2000. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Química Agrícola. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, Barcelona, México. 488 pág.

Ojeda B. S. 2003. Efecto del acolchado plástico de diferentes colores en el crecimiento vegetativo y rendimiento en el cultivo de pepino *Cucumis sativus* L. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Oliveira R. H., C. A. Rosolem and R.M. Trigueiro. 2004. Importance of mass flow and diffusion on the potassium supply to cotton plants as affected by soil water and potassium. Revista Brasileira de Ciencia *do Solo*. 28: 439-445.

Olsthoorn A., W. Keltjens, B. Van Baren, M. Hopman. 1991. Influence of ammonium on fine root development and rhizosphere pH of Douglas-fir seedlings in sand. Plant and Soil 133: 75-81.

Oren-Shamir M., E. E. Gussakovsky, E. Shpiegel, A. Nissim-Levi, K. Ratner, R. Ovadia, Y. E. Giller and Y. Shahak. 2001. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of Pittosporun variegatum. Journaal of Horticultural Science and Biotechnology 76: 353-361.

Páez A. V. P. y J. C. López 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. 2000. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 17: 173-184.

Peña E. J., R. Zingmark and C. Nietch. 1999. Comparative photosynthesis of two species of intertidal epiphytic macroalgae on mangrove roots during submersion and emersion. Journal Phycology 35: 1206-1214.

Peña E. J., 2004. Ecofisiología de algas bénticas asociadas a manglar, En H. M. Cabrera (Ed) Fisiología ecológica en plantas. Mecanismos y respuestas a estrés en los ecosistemas. Pontificia Universidad de Valparaíso, Chile.

Pérez-Asseff J. M., E. J. Peña y C. Torres. 2007. Efecto del nitrógeno y la irradianza en la eficiencia fotosintética del anamú *Petiveria alliacea* (Phytolaccaceae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 31 (118): 49-55, ISSN 0370-3908.

Pérez-González L. J., I. Sánchez-Cohen, F. S. Mendoza-Moreno, M. A. Inzunza-Ibarra y J. A. Cueto-Wong. 2003. Productividad y rendimiento de sandía por efecto del agua en diferentes condiciones de manejo. Revista Chapingo Serie Horticultura 9(2): 209-223.

Pigliucci M. 2001 Phenotypic plasticity: beyond nature and nurture. Baltimore: The John Hopkins University Press.

Poorter H. N. 2000. The role of biomasa allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO_2, nutrients and water: a quantitaive review. Australian Journal Plant Physiology 27: 595-607.

Poysa V. 1992. Use of *Lycopersicon cheesmanii* and *L. chmielewskii* to increase dry matter content of tomato fruit. Can. J. Soil Sci. 73: 273-279.

Qi, Z. and Spalding E. P. (2004). Protection of plasma membrane K^+ transport by the salt averly sensitivel Na^+-H^+ antiporter during salinity stress. Plant Physiology. 136:2548-2555.

Quero E., G. E. Terán, A. Benavides, F. Hernández y M. S. Valle. 1993. Fertigación carbónica y lumínica en cultivos vegetales. Centro de Investigación en Química Aplicada. Presentado en el Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas, Manzanillo, México.

Quezada M. R., L. J. Munguía y J. L. Ibarra. 1992. Efecto del acolchado de suelo en la movilización de nutrientes en el cultivo de pepino. Memoria del

XXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Acapulco Guerrero, México. p. 179.

Quezada M. R., J. P. Munguía, C. Linares. 1995. Acolchado plástico y disponibilidad de nutrimentos del suelo en el cultivo de pepino. Terra 13:136-146.

Ramírez V. J. 1996. El uso de acolchados plásticos en la horticultura. 1ra Ed. UAS. Univ Autón Sinaloa. Dept de Común Educ y Divulg, Facultad Agron, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. 70 p.

Ramos E. y L. Rallo. 1992. Horticultura Moderna. Ed. Mundi- Prensa. España.

Rangarajan A. and B. Ingall. 2001. Mulch color affects radicchio quality and yield. HortScience 36:1240-1243.

Ransmark S. E. 1995. The influence of light intensity on photosynthesic yield. Report, Department of Agricultural Biosystems and Technology. Swedish University of Agricultural Sciences, Lund, Sweden.

Raveh E., S. Cohen, T. Raz, D. Yakir, A. Grava and E. E. Goldschmidt. 2003. Increased growth of young citrus trees under reduced radiation load in a semi-arid climate. J. Exper. Bot. 54(381):365-373.

Rincón S. L., S. J. Sáez, C. J. A.Pérez, C. Pellicer y L. M. D. Gómez. 1998. Crecimiento y absorción de nutrientes del melón bajo invernadero. Invest. Agr: Prod. Prot. Veg. Vol. 13 (1-2).

Rodríguez del B. L. A., M. M. Ramírez y C. O. Pozo. 2004. Tecnología de producción de chile piquín en el noreste de México. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Rio Bravo. Folleto Técnico Número 29. Tamaulipas, México. 33p.

Rodríguez S. A. 1992. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT editor. Segunda reimpresión. México, D.F.

Robledo T. V., G. M. M. Ramírez, T. N. A. Ruiz, B. M. E. Vázquez, V. M. Zamora y G. F. Ramírez. 2010. Producción de semilla de calabacita italiana (*cucurbita pepo* l.) con acolchados plásticos fotoselectivos. Rev. Fitotec. Méx. Vol. 33 (3): 265 – 270.

Rubio J. S., F. García-Sánchez, P. Flores, J.M. Navarro and V. Martínez. 2010. Yield and fruit quality of sweet pepper in response to fertilization whit Ca^{2+} and K^{+}. Spanish Journal of Agricultural Research. 8:170-177.

Rus A., B. H. Lee, M. A. Muñoz, A. Sharkhuu, K. Miura, J. K. Zhu, R. A. Bressan and P. M. Hasegawa. 2004. AtHKT1 facilitates Na^{+} homeostasis and K^{+} nutrition in plant. Plant Physiology. 136: 2500-2511.

Saleh S. M., M. A. Medany, U. A. El-Behiry and A. F. Abu-Hadid, 2003. Effect of polyethylene colour on the growth and production of cucumber (*Cucumis sativus*) in greenhouse during autumn. Proceedings of the international symposium on the horizons of using organic matter and substrates in horticulture, Cairo, Egypt, 6-9 April, 2002. 2003, No. 608, 259-265.

Salisbury F. B. and C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana. México.

Sanchez J. F. and M. J. Quiles. 2006. Studying photosynthesis by measuring fluorescence, Journal of Biological Education 41(1), 34-37.

Santos B., D. Rios and R. Nazco. 2006. Climatic conditions in tomato screenhouse in Tenerife (Canary Islands). Acta Hort. 719:215-221.

Schnyder H. and C. j. Nelson. 1988. Diurnal distribution of tall fescue leaf blades. I. Spatial distribution of growth, deposition of water, and assimilate import in the elongation zone. Plant Physiol. 86, 1070-1076.

Schultz H. R., W. Kiefer and W. Gruppe. 1996. Photosynthetic duration, carboxylation efficiency and stomatal limitation of sun and shade leaves of different ages in field-grown grapevine (*Vitis vinifera* L.). Vitis 35(4): 169-176.

Shabala S. 2003. Regulation of potassium transport in leaves: from molecular to tissue level. Annals of Botany. 92: 627-634.

Smekens M., M. Van Tienderen. 2001. Genetic variation and plasticity of Plantago coronopus under saline conditions. Acta Oecol.22:187-200.

Sogbedji J. M., H. M. Van Es, C. L. Yang, L. D. Geohring and F. R. Magdoff. 2000. Nitrate leaching and nitrogen budget as affected by maize nitrogen rate and soil type. J. Environ. Qual. 29: 1813-1820.

Soldevilla-Canales S., A. Peña-Lomelí, F. Solís-Mendoza, T. R. Vázquez-Rojas y L. T. Colinas. 1997. Aplicación radical de bióxido de carbono en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Rev. Chapingo S. Hort. 3:17-23.

Sonneveld C. 1987. Magnesium efficiency in rockwool grown tomatoes as affected by climatic condition and plant nutrition. Journal of plant Nutrition. 10 (9-16): 1591-1604.

Stoev K. and S. Dobreva. 1976. Influence du modo de conduite de la vigne sur la photosynthese et la distribution des substances. Connaissance de la Vigne et du Vin. 10(2): 125-139.

Subrahmaniyan K., P. Kalaiselvan, T. N. Balasubramanian and W. Zhou. 2008. Soil properties and yield of groundnut with herbicides, plant geometry, and plastic mulch. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 39:1206-1234.

Sultan S. 2003. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. Evol Dev. 5:25-33.

Summers C. G. and J. J. Stapleton. 2002. Use of UV. reflective mulch to delay the colonization and reduce the severity of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) infestations in cucurbits. Crop- Protection, 21(10): 921-928.

Sica C. and P. Picudo. 2008. Spectro-radiometrical characterization of plastic nets for protected cultivation. Acta Hort. 801:245-252.

Silva B. 1991. Calcio, un problema nutricional frecuente en numerosas species de frutales y hortalizas. Aconex 31:17-20.

Stamps R. H. 2009. Use of Colored Shade Netting in Horticulture. Hortscience vol. 44(2) April.

Taber H. G. 1983. Effects of plastic soil and plant covers on Iowa tomato and muskmelon production. Proc. Natl. Agr. Plastics Congr. 17:37-45.

Taiz L. and E. Zeiger. 1998. Plant Physiology. Sunderland, Sinauer Asosciates Inc. 792 p.

Tanny J., L. Haijun and S. Cohen. 2006. Airflow characteristics, energy balance and eddy covariance measurements in a banana screenhouse. Agricultural and Forest Meteorology, 139(1-2):105-118.

Tanny J., M. Teitel, M. Barak, Y. Esquira and R. Amir. 2008. The Effect of Height on Screenhouse Microclimate. Acta Hort. 801.

Tarara J. M. 2000. Microclimate modification with plastic mulch. HortScience 35: 169-179.

Tindall J. A., H. A. Mills and D. E. Radcliffe. 1990. The effect of root zone temperature on nutrient uptake of tomato. J. Plant Nutr. 13, 939–956.

Tognoni J. F. 2000. Temperatura. In. Memoria del curso internacional de ingeniería, Manejo y operación de invernaderos para la producción intensiva de hortalizas. Instituto nacional de capacitación para la productividad agrícola (INCAPA, s.c.) 21-26 de agosto 2000. Guadalajara, Jal. México. Pp: 12-27.

Tóth V. R., I. Meszaros, S. Verez and J. Nagy. 2002. Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle of maize in field. Journal Plant Physiology 159: 627-634.

Tun D. J. C., B. F. Santamaría and B. W. Avilés. 2004. Efecto del sombreo sobre el comportamiento de chile (*capsicum annum* l.) en suelos pedregosos de Yucatán. Primera Convención Mundial del Chile 2004.

Van Lune, P. and B. J. Van Goor. 1977. Ripening disorder of tomatoes as affected by the K/Ca ratio in the culture solution. J. Hort. Sci. 52: 173-180.

Vasco M. R. 2003. El cultivo del pepino bajo invernadero. *In*: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos. F F Camacho (ed). Caja Rural Intermediterránea, Cajamar. Almería, España. pp: 691-722.

Vilarnau A. 1997. El CO_2 en la horticultura. Horticultura global: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola, ISSN 1132-2950, Nº 118, 1997, págs. 65-70.

Volenec J. J. and C. J. Nelson. 1982. Diurnal leaf elongation of contrasting tall fescue genotypes. Crop Sci. 22, 531-535.

Walker C. J. and J. D. Weinstein. 1991. Further characterization of the magnesium chelatase in isolated developing cucumber chloroplasts. Plant Physiology. 95:1189-1196.

Wang S. Y., G. J. Galletta and M. J. Camp. 1998. Mulch types affect fruit quality and composition of two strawberry genotypes. HortScience 33: 636-640.

Wilson G. L. 1966. Studies on the expansion of the leaf surface. V. Cell division and espansion in a developing leaf as influenced by light and upper leaves. J. Exp. Bot. 17, 440-451.

Winder T. L., J. N. Nishio. 1995. Early iron deficiency stress response in leaves of sugar beet. Plant Physiology. 108: 1487-1494.

Xu Q. and B. Huang, 2001. Lowering soil temperatures improves creeping bentgrass growth under heat stress. Crop Sci. 41:1878–1883.

Yano S. and I. Terashima. 2004. Developmental process of sun and shade leaves in *Chenopodium álbum* L. Plant Cell Environ. 27, 781-793.

Yordanov I. and V. Veleikova. 2000. Photoinhibition of photosystem I. Bulg. J. Plant Physiol. 26(1-2), 70-92.

Zérega M. L., A. T. Hernández y G. J. Valladares. 1997. Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno y dosis de magnesio sobre el suelo y el cultivo de caña de azúcar. Bioagro 9(2):43-51.

Zufferey V. 2000. Echanges gazeux des feuilles chez Vitis vinifera L. (cv. Chasselas) en fonction des parametres climatiques et physiologiques et des modes de conduite de la vigne. Zurich, Ecole Polytechnique Federale: 335.

APÉNDICE

Cuadro 2. Comparación de medias para área foliar del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Área Foliar (cm^2 $planta^{-1}$)			
Trat.	15 dds	30 dds	45 dds	Promedio
Campo Abierto				
APN	901.22 a	7225	7675	5267.1
APR	834.96 a	9793	9661	6763.1
APA	819.92 a	7774	11276	6623.3
APB/N	755.36 a	7117	11482	6451.5
Testigo	273.62 b	6868	9740	5626.9
P	.0001	0.1849	0.0694	0.0912
Casa Sombra				
APR	2679.9 a	9139.8	13047.3	8289.0 a
APN	2530.8 a	8941.1	12895.8	8122.5 a
APA	2357.0 ab	9672.8	11856.7	7962.2 ab
APB/N	1650.8 bc	8655.5	12970.4	7758.9 ab
Testigo	1336.1 c	7678.4	12674.3	7229.6 b
P	0.0012	0.1003	0.4808	0.0208

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$.

Cuadro 3. Comparación de medias para peso seco de hoja del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Peso Seco de Hoja (g $planta^{-1}$)			
Trat.	15 dds	30 dds	45 dds	Promedio
Campo Abierto				
APN	4.73 a	26.36	29.66	20.25
APA	4.50 a	28.21	42.57	25.11
APR	4.37 a	37.73	39.39	27.16
APB/N	4.03 a	27.92	44.57	25.51
Testigo	1.55 b	27.24	36.83	21.88
P	.0001	0.1738	0.1239	0.0988
Casa Sombra				
APR	8.8000 a	22.637	35.800	22.413 a
APN	8.2833 a	22.227	37.627	22.710 a
APA	7.5000 ab	23.210	35.327	22.010 ab
APB/N	5.6833 bc	20.337	36.250	20.757 ab
Testigo	4.5667 c	18.047	34.717	19.113 b
P	0.0020	0.0740	0.7704	0.0229

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$.

Cuadro 4. Comparación de medias para peso seco de tallo del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Peso Seco de Tallo (g planta^{-1})			
Trat.	15 dds	30 dds	45 dds	Promedio
Campo Abierto				
APN	1.38 a	17.01	27.60	15.33 bc
APR	1.35 a	25.81	33.82	20.33 a
APA	1.23 a	20.15	37.33	19.57 ab
APB/N	1.17 a	18.18	38.09	19.15 abc
Testigo	0.32 b	16.54	27.22	14.69 c
P	.0001	0.0824	0.0276	0.0104
Casa Sombra				
APR	3.5000 a	12.4100	22.950	12.953 a
APN	3.1667 a	12.5500	20.350	12.023 ab
APA	2.9333 ab	13.1033	19.227	11.753 ab
APB/N	1.8833 bc	11.3167	20.550	11.250 b
Testigo	1.4833 c	11.0633	20.650	11.067 b
P	0.0021	0.0927	0.0818	0.0157

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$.

Cuadro 5. Comparación de medias para peso seco de planta del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Peso Seco de Planta (g planta^{-1})			
Trat.	15 dds	30 dds	45 dds	Promedio
Campo Abierto				
APN	6.12 a	43.37	57.26	35.58
APA	5.73 a	48.36	79.96	44.68
APR	5.72 a	63.54	73.21	47.49
APB/N	5.20 a	46.10	82.67	44.66
Testigo	1.87 b	43.78	64.05	36.57
P	.0001	0.1266	0.0646	0.0393
Casa Sombra				
APR	12.300 a	35.047	58.750	35.367 a
APN	11.450 a	34.777	57.977	34.737 a
APA	10.433 ab	36.313	54.553	33.763 ab
APB/N	7.567 bc	31.653	56.800	32.010 ab
Testigo	6.050 c	29.107	55.367	30.173 b
P	0.0019	0.0577	0.4526	0.0070

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$.

Cuadro 6: Comparación de medias para unidades calor acumuladas en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Unidades Calor													
Trat	10 dds		20 dds		30 dds		40 dds		50 dds		60 dds		Promedio	
Campo Abierto														
APA	18.62	a	17.73	a	12.96	c	13.59	c	13.75	c	13.47	c	90.13	c
APN	18.60	b	16.85	c	13.01	b	14.16	b	14.34	b	14.32	b	91.28	b
APR	17.59	c	17.01	b	13.59	a	14.81	a	15.04	a	14.72	a	92.77	a
APB/N	16.52	d	16.04	d	12.68	d	13.43	d	13.72	d	13.30	d	85.68	d
Testigo	14.71	e	14.41	e	11.97	e	11.83	e	11.76	e	11.39	e	76.07	e
P	.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001	
Casa Sombra														
APA	19.18	a	17.93	a	15.16	a	11.88	a	13.77	a	12.34	a	90.26	a
APR	19.16	a	17.68	a	14.99	ab	11.97	a	13.46	a	12.18	a	89.44	a
APN	18.39	a	17.26	a	15.09	ab	11.78	ab	13.40	a	12.25	a	88.16	a
APB/N	16.45	b	16.24	b	14.74	b	11.83	a	13.28	a	12.12	a	84.66	b
Testigo	14.32	c	13.65	c	13.03	c	11.41	b	12.19	b	11.16	b	75.76	c
P	.0001		.0001		.0001		0.0109		0.0003		.0001		.0001	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$

Cuadro 7: Comparación de la temperatura media del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Temperatura Media (°C)												
Trat	10 dds		20 dds		30 dds		40 dds		50 dds		60 dds		Promedio	
Campo Abierto														
APN	28.59	a	26.99	c	22.97	c	24.23	b	24.30	b	24.44	a	25.25	b
APA	28.57	b	27.79	a	23.08	b	23.59	c	23.79	c	23.44	c	25.04	c
APR	27.55	c	27.02	b	23.48	a	24.56	a	24.96	a	24.12	b	25.28	a
APB/N	26.53	d	26.16	d	22.63	d	23.45	d	23.65	d	23.24	d	24.28	d
Testigo	24.65	e	24.24	e	21.86	e	21.96	e	21.79	e	21.54	e	22.68	e
P	.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001	
Casa Sombra														
APA	29.25	a	27.89	a	25.20	a	21.83	a	23.76	a	22.28	a	25.03	a
APR	29.24	a	27.61	a	24.99	ab	21.91	a	23.50	a	22.13	a	24.89	a
APN	28.45	a	27.27	a	25.12	ab	21.76	a	23.45	a	22.20	a	24.71	a
APB/N	26.52	b	26.23	b	24.76	b	21.79	a	23.32	a	22.06	a	24.11	b
Testigo	24.35	c	23.63	c	23.01	c	21.39	b	22.25	b	21.12	b	22.62	c
P	.0001		.0001		.0001		0.0054		0.0001		.0001		.0001	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$.

Cuadro 8: Comparación de medias para temperatura máxima del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Temperatura Máxima (°C)													
Trat	10 dds		20 dds		30 dds		40 dds		50 dds		60 dds		Promedio	
Campo Abierto														
APN	32.39	a	28.82	c	24.60	b	25.88	b	26.06	b	26.82	b	27.43	b
APA	32.23	b	30.38	a	24.45	c	25.30	c	25.18	c	25.37	c	27.15	c
APR	30.36	c	29.11	b	24.92	a	27.07	a	27.55	a	27.84	a	27.81	a
APB/N	29.29	d	28.15	e	23.96	d	24.80	d	24.95	d	24.85	d	26.00	d
Testigo	28.85	e	28.22	d	23.50	e	23.47	e	22.99	e	22.89	e	24.98	e
P	.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001	
Casa Sombra														
APR	30.93	a	29.51	a	26.52	a	23.02	a	24.77	a	23.18	a	26.32	a
APA	30.80	ab	29.70	a	26.78	a	22.97	a	25.16	a	23.43	a	26.47	a
APN	29.78	b	28.84	a	26.52	a	22.76	ab	24.55	a	23.24	a	25.94	ab
APB/N	27.60	c	27.76	b	26.16	a	22.88	ab	24.54	a	23.12	a	25.34	b
Testigo	25.46	d	25.05	c	24.43	b	22.37	b	23.42	b	22.09	b	23.81	c
P	.0001		.0001		.0001		0.0216		0.0032		0.0009		.0001	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$.

Cuadro 9: Comparación de medias para temperatura mínima del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Temperatura Mínima (°C)													
Trat	10 dds		20 dds		30 dds		40 dds		50 dds		60 dds		Promedio	
Campo Abierto														
APA	25.01	a	25.08	a	21.47	b	21.88	d	22.32	d	21.58	d	22.89	c
APR	24.83	b	24.92	b	22.27	a	22.56	a	22.54	b	21.60	c	23.12	a
APN	24.82	c	24.88	c	21.41	c	22.45	b	22.62	a	21.82	a	23.00	b
APB/N	23.75	d	23.93	d	21.40	d	22.05	c	22.49	c	21.75	b	22.56	d
Testigo	20.57	e	20.60	e	20.45	e	20.20	e	20.52	e	19.89	e	20.37	e
P	.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001	
Casa Sombra														
APA	27.56	a	26.16	a	23.53	a	20.80		22.37	a	21.26	a	23.61	a
APR	27.40	a	25.84	a	23.46	a	20.92		22.15	a	21.19	a	23.49	a
APN	26.99	a	25.68	a	23.66	a	20.81		22.26	a	21.25	a	23.45	a
APB/N	25.30	b	24.71	b	23.31	a	20.78		22.03	a	21.11	a	22.87	b
Testigo	23.18	c	22.24	c	21.62	b	20.45		20.97	b	20.23	b	21.45	c
P	.0001		.0001		.0001		0.0878		.0001		.0001		.0001	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$.

Cuadro 10: Comparación de medias en radiación fotosintéticamente activa y CO_2 ambiental en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Radiación Fotosintéticamente Activa $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$					CO_2 ppm				
	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds
Campo Abierto										
APR	1802.51	1901.1	1735.96	1821.85	1861.10	319.42	304.11	280.14	383.27	178.86
APN	1798.11	2053.0	1740.14	1746.07	1838.78	278.73	286.10	306.23	375.50	184.68
APB/N	1786.20	2006.4	1598.47	1680.40	1848.99	271.36	258.18	260.12	327.19	166.02
APA	1716.27	2047.3	1702.44	1737.60	1810.31	299.66	269.04	251.14	329.69	184.11
Testigo	1800.93	2096.8	1758.63	1779.45	1775.01	266.63	249.23	228.02	324.19	159.59
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Casa Sombra										
APR	841.06	437.42	510.72	391.79	626.88	325.02	426.69	390.07	432.78	211.86
APB/N	840.71	651.58	495.26	461.45	697.40	295.74	443.95	384.14	474.58	296.38
APN	823.26	646.71	583.57	503.77	530.32	304.55	510.48	287.00	407.79	273.70
APA	805.11	585.38	512.98	468.27	697.09	335.49	484.75	449.71	461.33	240.81
Testigo	828.05	549.12	367.78	407.21	720.68	297.00	339.97	375.90	497.94	177.53
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. NS No Significativo.

Cuadro 11: Comparación de medias en temperatura de aire, hoja y diferencial de temperaturas en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Temperatura del Aire °C					Temperatura de Hoja °C					Diferencia T° aire - T° hoja °C				
	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds
Campo Abierto															
APR	36.97	33.94	32.50	36.21	37.23	34.81	35.60	33.17	36.26	37.28	2.16	-1.66	-0.67	-0.047	-0.047
APN	37.21	33.67	33.76	36.20	37.38	35.92	36.07	33.80	36.25	37.42	1.30	-2.40	-0.04	-0.047	-0.043
APB/N	37.35	33.81	32.69	36.09	36.96	35.67	36.11	32.91	36.14	37.00	1.68	-2.29	-0.22	-0.050	-0.043
APA	37.33	33.41	32.42	36.45	36.81	35.87	36.17	33.26	36.50	36.86	1.46	-2.76	-0.84	-0.050	-0.050
Testigo	37.06	34.41	33.40	36.66	37.22	35.22	36.26	34.11	36.70	37.27	1.84	-1.84	-0.70	-0.047	-0.047
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Casa Sombra															
APR	37.43	32.57	28.83	28.28	33.85	33.61	29.68	26.44	28.32	33.89	3.82	2.89	2.38	-0.050	-0.050
APB/N	37.68	32.18	28.55	27.86	33.28	33.79	29.92	27.50	27.91	33.33	3.89	2.26	1.05	-0.043	-0.047
APN	37.53	32.38	28.86	28.22	33.81	33.57	30.08	26.61	28.26	33.86	3.96	2.30	2.25	-0.043	-0.047
APA	37.32	32.06	28.57	27.95	34.13	33.83	29.77	26.61	28.00	34.18	3.49	2.29	1.95	-0.050	-0.047
Testigo	37.55	32.82	29.01	28.57	33.98	34.09	29.99	27.27	28.61	34.02	3.47	2.83	1.74	-0.050	-0.043
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS No Significativo.

Cuadro 12: Comparación de medias en humedad relativa y déficit de presión de vapor en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Humedad Relativa %					Déficit de Presión de Vapor mb				
	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds
Campo Abierto										
APR	61.81	74.49	65.67	76.91	55.00	38.78	39.47	32.09	45.16	34.97
APN	64.52	75.89	66.53	78.90	56.59	40.99	39.62	33.63	45.98	35.11
APB/N	64.31	71.12	68.67	80.55	54.33	41.19	39.73	33.97	47.49	33.93
APA	61.95	73.85	66.81	81.45	56.04	39.60	38.02	33.96	48.48	35.15
Testigo	65.03	75.63	70.35	80.09	56.00	40.93	41.17	36.22	47.57	35.15
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Casa Sombra										
APR	64.98	62.77	65.00	65.59	62.45	41.79	30.91	25.82	24.99	33.03
APB/N	66.19	65.79	65.84	66.47	62.23	43.17	31.60	25.67	24.90	31.80
APN	63.93	64.94	65.30	64.59	58.74	41.36	31.57	25.95	24.71	33.26
APA	68.09	64.80	65.73	64.39	62.48	43.54	30.97	25.71	24.27	33.52
Testigo	66.16	63.18	64.89	64.31	61.00	42.91	31.50	26.03	25.12	32.44
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS No Significativo.

Cuadro 13: Comparación de medias en fotosíntesis y CO_2 intercelular en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Fotosíntesis $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$					CO_2 Intercelular ppm				
	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds
Campo Abierto										
APR	5.22	3.43	5.97	2.50	4.62	298.70	280.99	245.99	313.23	147.10
APN	3.47	3.41	6.65	4.83	5.82	257.76	261.95	250.34	329.16	159.19
APB/N	3.66	3.90	6.19	3.69	4.38	250.26	233.89	230.28	298.26	127.04
APA	3.13	3.99	3.82	3.29	4.24	269.98	244.69	205.33	301.52	151.67
Testigo	3.44	2.93	4.58	3.54	3.00	249.58	230.23	205.27	299.00	159.27
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Casa Sombra										
APR	6.54	15.27	7.34	6.39	10.61	306.26	392.76	363.91	315.45	172.70
APB/N	5.30	20.42	6.34	7.98	11.17	279.01	388.03	356.66	436.41	238.33
APN	5.76	23.14	5.410	8.27	10.65	317.24	464.47	269.76	357.95	213.87
APA	5.91	16.30	7.48	7.09	9.74	318.73	434.14	425.49	420.05	178.58
Testigo	5.62	13.88	5.08	4.91	6.18	278.51	362.45	361.18	460.65	146.47
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS No Significativo.

Cuadro 14: Comparación de medias en resistencia estomática, conductancia estomática y transpiración en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010. Felicidades

	Resistencia Estomática s cm^{-1}					Conductancia Estomática cm s^{-1}					Transpiración $\mu gH_2O\ m^{-2}s^{-1}$				
	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds	15 dds	30 dds	45 dds	55 dds	65 dds
Campo Abierto															
APR	0.59 a	0.55	0.61	1.19	1.05	1.74 b	1.98	1.55	0.67	1.03	10.28 b	11.77	9.4	3.94	10.50
APN	0.62 a	0.60	0.71	1.69	1.16	1.74 b	1.73	1.51	0.61	0.90	11.33ab	11.36	9.7	2.67	10.78
APB/N	0.54 a	0.59	0.57	1.10	0.96	1.87 b	1.73	1.83	0.87	1.05	10.86ab	11.28	9.9	3.50	9.99
APA	0.66 a	0.57	0.62	1.22	0.94	1.47 b	1.95	1.34	0.91	1.14	10.43 b	11.35	9.8	2.71	11.26
Testigo	0.39 b	0.53	0.57	1.20	0.83	2.34 a	1.92	1.63	0.92	1.06	11.77 a	12.36	10.5	4.09	11.01
P	0.001	NS	NS	NS	NS	0.001	NS	NS	NS	NS	0.02	NS	NS	NS	NS
Casa Sombra															
APR	0.27	0.37	0.36	0.70	0.74	3.80	2.68	2.78	1.44	1.35	11.05	8.61	7.2	6.91	9.64
APB/N	0.26	0.36	0.50	0.61	0.74	4.24	2.86	2.28	1.70	1.35	10.97	9.29	7.5	6.90	9.38
APN	0.28	0.37	0.37	0.72	0.78	3.71	2.70	2.71	1.41	1.27	11.16	9.30	7.57	6.83	9.13
APA	0.23	0.38	0.39	0.71	0.74	4.68	2.72	2.62	1.40	1.34	10.90	9.15	7.51	6.76	9.76
Testigo	0.29	0.37	0.45	0.72	0.79	3.20	2.75	2.14	1.39	1.27	10.98	9.35	7.56	6.98	9.52
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS No Significativo.

Cuadro 15: Comparación de medias del análisis de nutrimentos en hoja del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

Análisis de Nutrimentos en Hoja									
Trat	K (ppm)		Ca (ppm)		Mg (ppm)		P (ppm)		N (%)
Campo Abierto									
APA	9500.0	a	11674		6408.8	c	2025.3	ab	1.52
APB/N	8166.6	ab	13255		7619.5	c	1828.8	b	1.54
APN	8000.0	bc	12793		7609.2	c	1821.9	b	1.41
APR	6750.0	c	14525		11697.3	a	2308.4	a	1.51
Testigo	7666.6	bc	13734		9307.6	b	1929.9	ab	1.55
P	0.002		NS		.0001		0.03		NS
Casa Sombra									
APR	11917		11458	ab	5540.3	ab	2071.3	ab	1.73 ab
APN	11000		14851	a	6924.8	a	2243.3	a	1.80 a
APB/N	10917		13984	ab	6665.4	a	2119.9	ab	1.79 a
APA	10250		10680	b	5018.3	b	1863.6	ab	1.69 ab
Testigo	9667		10104	b	4960.9	b	1645.4	b	1.39 b
P	NS		0.01		0.01		0.03		0.03

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, TUKEY $P \leq 0.05$, N.S. No Significancia

Cuadro 16: Comparación de medias del análisis de nutrimentos en fruto del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

Análisis de Nutrimentos en Fruto									
Trat	K (ppm)		Ca (ppm)		Mg (ppm)		P (ppm)		N (%)
Campo Abierto									
APR	22333	ab	1210.8	ab	1970.6		2344.7	ab	1.29
APA	21500	ab	1025.9	ab	1821.6		2173.1	ab	1.29
APB/N	17500	b	1432.5	a	1941.1		1939.2	ab	1.06
APN	15917	b	899.9	b	1527.1		1756.9	b	1.15
Testigo	25333	a	964.2	ab	1766.0		2445.3	a	1.22
P	0.01		0.03		NS		0.04		NS
Casa Sombra									
APB/N	22000	a	1281.2		1584.2		2223.3		0.81
APN	20333	ab	1259.8		1589.3		2131.0		0.78
APR	19667	ab	1208.2		1494.7		1985.7		0.80
APA	17333	b	1027.0		1353.5		1788.9		0.65
Testigo	22667	a	1297.7		1525.9		2120.9		0.79
P	0.01		NS		NS		NS		NS

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$. NS No Significativo.

Cuadro 17: Comparación de medias en el rendimiento del cultivo de pepino en acolchado de diversos colores en campo abierto y casa sombra, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

Trat	Rendimiento							
	Fruto por Precoz n° planta^{-1}	Rendimiento Precoz kg planta^{-1}	Fruto Comercial n° planta^{-1}	Rendimiento Comercial kg planta^{-1}	Fruto Rezaga n° planta^{-1}	Rendimiento Rezaga kg planta^{-1}	Fruto Total n° planta^{-1}	Rendimiento Total kg planta^{-1}
Campo Abierto								
APR	3.05 a	0.95 a	4.50	1.76 ab	1.38 a	0.32 a	5.88	2.07 ab
APB/N	3.00 a	1.02 a	4.63	1.86 a	1.10 ab	0.26 ab	5.73	2.12 a
APN	2.93 a	0.95 a	4.42	1.78 ab	1.28 ab	0.31 a	5.70	2.08 ab
APA	2.50 ab	0.82 b	4.38	1.72 ab	0.77 b	0.18 b	5.15	1.91 bc
Testigo	2.17 b	0.67 c	4.23	1.67 b	0.88 ab	0.22 ab	5.12	1.88 c
P	0.01	.0001	NS	0.02	0.02	0.01	NS	0.005
Casa Sombra								
APN	3.51 a	1.13 a	12.15 a	4.97 a	1.54	0.36	13.69 a	5.33 a
APR	3.33 a	1.11 a	11.54 ab	4.87 a	0.85	0.20	12.38 ab	5.07 a
APA	2.79 ab	0.91 ab	10.87 ab	4.55 ab	1.33	0.30	12.21 ab	4.85 ab
APB/N	2.54 ab	0.83 ab	11.59 ab	4.94 a	1.13	0.27	12.72 ab	5.21 a
Testigo	1.62 b	0.49 b	9.92 b	3.90 b	1.23	0.32	11.15 b	4.22 b
P	0.01	0.01	0.03	0.003	NS	NS	0.04	0.005

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, NS No Significativo.

Cuadro 18: Comparación de medias para área foliar en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Área Foliar (cm^2 $planta^{-1}$)			
Trat	15 dds	30 dds	45 dds	Promedio
Acolchados				
APR	1757.4 a	9466.5 a	11354.2	7526.1 a
APN	1716.0 a	8083.0 ab	10285.5	6694.8 ab
APA	1588.5 a	8723.4 ab	11566.3	7292.7 ab
APB/N	1203.1 b	7886.2 ab	12226.4	7105.2 ab
Testigo	804.9 c	7273.0 b	11207.0	6428.3 b
Ambientes				
CS	2110.93 a	8817.5 a	12688.9 a	7872.4 a
CA	717.02 b	7755.3 b	9966.8 b	6146.4 b
P				
Amb (A)	.0001	0.0230	.0001	.0001
Acol (B)	.0001	0.0433	0.1337	0.0135
A x B	0.0038	0.3402	0.0352	0.1029

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto).

Cuadro 19: Comparación de medias para peso seco de hoja en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Peso Seco de Hoja (g $planta^{-1}$)			
Trat	15 dds	30 dds	45 dds	Promedio
Acolchados				
APR	6.583 a	30.185 a	37.597	24.788 a
APN	6.508 a	24.293 ab	33.642	21.480 ab
APA	6.000 ab	25.710 ab	38.977	23.562 ab
APB/N	4.858 b	24.127 ab	40.412	23.132 ab
Testigo	3.058 c	22.643 b	35.775	20.495 b
Ambientes				
CS	6.967 a	21.291 b	35.944	21.401 b
CA	3.837 b	29.492 a	38.617	23.982 a
P				
Amb (A)	.0001	.0001	NS	0.0056
Acol (B)	.0001	0.0590	0.1880	0.0290
A x B	0.0390	0.2204	0.0758	0.0687

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto). NS No Significativo.

Cuadro 20: Comparación de medias para peso seco de tallo en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Peso Seco de Tallo (g planta^{-1})							
Trat.	15 dds		30 dds		45 dds		Promedio	
Acolchados								
APR	2.425	a	19.110	a	28.383	ab	16.640	a
APN	2.275	a	14.778	ab	23.975	ab	13.677	bc
APA	2.083	ab	16.627	ab	28.277	ab	15.662	ab
APB/N	1.523	b	14.750	ab	29.322	a	15.198	ab
Testigo	0.900	c	13.803	b	23.933	b	12.880	c
Ambientes								
CS	2.593	a	12.089	b	20.745	b	11.809	b
CA	1.090	b	19.539	a	32.811	a	17.813	a
P								
Amb (A)	.0001		.0001		.0001		.0001	
Acol (B)	.0001		0.0271		0.0133		0.0007	
A x B	0.0116		0.0840		0.0087		0.0079	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto).

Cuadro 21: Comparación de medias para peso seco de planta en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Peso Seco de Planta (g planta^{-1})							
Trat	15 dds		30 dds		45 dds		Promedio	
Acolchados								
APR	9.008	a	49.295	a	65.980		41.430	a
APN	8.783	a	39.072	ab	57.617		35.157	b
APA	8.083	ab	42.337	ab	67.255		39.222	ab
APB/N	6.383	b	38.877	ab	69.733		38.333	ab
Testigo	3.958	c	36.445	b	59.708		33.370	b
Ambientes								
CS	9.560	a	33.379	b	56.689	b	33.210	b
CA	4.927	b	49.031	a	71.428	a	41.795	a
P								
Amb (A)	.0001		.0001		.0001		.0001	
Acol (B)	.0001		0.0388		0.0536		0.0049	
A x B	0.0263		0.1610		0.0299		0.0349	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto).

Cuadro 22: Comparación de medias para unidades calor en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Unidades Calor													
	10 dds		20 dds		30 dds		40 dds		50 dds		60 dds		Promedio	
Acolchados														
APA	18.90	a	17.83	a	14.06	b	12.74	c	13.76	bc	12.91	b	90.19	ab
APN	18.49	b	17.05	b	14.05	b	12.97	b	13.87	b	13.28	a	89.72	b
APR	18.38	b	17.34	b	14.29	a	13.39	a	14.25	a	13.45	a	91.10	a
APB/N	16.49	c	16.14	c	13.71	c	12.63	c	13.50	c	12.71	b	85.17	c
Testigo	14.52	d	14.03	d	12.50	d	11.62	d	11.98	d	11.27	c	75.91	d
Ambientes														
CS	17.50	a	16.55		14.60	a	11.78	b	13.22	b	12.01	b	85.65	b
CA	17.21	b	16.41		12.84	b	13.56	a	13.72	a	13.44	a	87.19	a
P														
Amb (A)	0.0021		NS		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001	
Acol (B)	.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001	
A x B	.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		0.0003	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto). NS No Significativo.

Cuadro 23: Comparación de medias para temperatura media en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Temperatura Media (°C)													
	10 dds		20 dds		30 dds		40 dds		50 dds		60 dds		Promedio	
Acolchados														
APA	28.91	a	27.84	a	24.14	ab	22.71	c	23.77	b	22.86	c	25.04	a
APN	28.52	b	27.13	b	24.05	b	22.99	b	23.87	b	23.32	a	24.98	a
APR	28.40	b	27.31	b	24.24	a	23.24	a	24.23	a	23.12	b	25.09	a
APB/N	26.53	c	26.19	c	23.69	c	22.62	c	23.49	c	22.65	d	24.20	b
Testigo	24.50	d	23.94	d	22.44	d	21.67	d	22.02	d	21.33	e	22.65	c
Ambientes														
CS	27.56	a	26.52		24.62	a	21.73	b	23.25	b	21.96	b	24.27	b
CA	27.18	b	26.44		22.80	b	23.56	a	23.70	a	23.36	a	24.51	a
P														
Amb (A)	0.0001		0.2071		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001	
Acol (B)	.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001	
A x B	.0001		0.0006		.0001		.0001		.0001		.0001		0.0010	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05, 0.01$. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto).

Cuadro 24: Comparación de medias para temperatura máxima en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Temperatura Máxima (°C)													
	10 dds		20 dds		30 dds		40 dds		50 dds		60 dds		Promedio	
Acolchados														
APA	31.52	a	30.04	a	25.62	a	24.13	b	25.17	bc	24.40	c	26.81	ab
APN	31.09	ab	28.83	c	25.56	a	24.32	b	25.30	b	25.03	b	26.69	b
APR	30.64	b	29.31	b	25.72	a	25.05	a	26.16	a	25.51	a	27.07	a
APB/N	28.45	c	27.96	d	25.06	b	23.84	c	24.74	c	23.99	d	25.67	c
Testigo	27.15	d	26.64	e	23.97	c	22.92	d	23.21	d	22.49	e	24.39	d
Ambientes														
CA	30.62	a	28.94	a	24.29	b	25.30	a	25.35	a	25.55	a	26.67	a
CS	28.91	b	28.17	b	26.08	a	22.80	b	24.49	b	23.01	b	25.58	b
P														
Amb (A)	.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001	
Acol (B)	.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001	
A x B	.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		0.0002	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05, 0.01$. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto).

Cuadro 25: Comparación de medias para temperatura mínima en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Temperatura Mínima (°C)													
	10 dds		20 dds		30 dds		40 dds		50 dds		60 dds		Promedio	
Acolchados														
APA	26.29	a	25.62	a	22.50	b	21.34	c	22.35	a	21.42	ab	23.25	a
APR	26.12	ab	25.38	ab	22.86	a	21.74	a	22.34	a	21.39	b	23.31	a
APN	25.91	b	25.28	b	22.53	b	21.63	ab	22.44	a	21.54	a	23.22	a
APB/N	24.52	c	24.32	c	22.36	b	21.41	cb	22.26	a	21.43	ab	22.72	b
Testigo	21.88	d	21.42	d	21.04	c	20.32	d	20.74	b	20.06	c	20.91	c
Ambientes														
CS	26.09	a	24.93	a	23.11	a	20.75	b	21.96	b	21.01	b	22.97	a
CA	23.80	b	23.88	b	21.40	b	21.83	a	22.10	a	21.33	a	22.39	b
P														
Amb (A)	.0001		.0001		.0001		.0001		0.0015		.0001		.0001	
Acol (B)	.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001		.0001	
A x B	0.0001		0.0020		.0001		.0001		.0001		.0001		.0010	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto).

Cuadro 26: Comparación de medias para análisis fisiológicos evaluados a los 15 dds en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	RFA µmol $m^{-2}s^{-1}$	T° aire °C	T°hoja °C	T°a-T°h °C	CO_2 ppm	HR %	DPV mb	Fotosíntesis µmol $m^{-2}s^{-1}$	CO_2Int ppm	RE s cm^{-1}	CE cm s^{-1}	Trans µgH_2O $m^{-2}s^{-1}$
Acolchados												
APR	1321.79	37.20	34.21	2.99	322.22	63.40	40.29	5.88	302.48	0.43 a	2.77	10.67
APB/N	1313.45	37.52	34.73	2.78	283.55	65.25	42.18	4.48	264.63	0.40 ab	3.05	10.91
APN	1310.68	37.37	34.75	2.63	291.64	64.23	41.18	4.62	287.50	0.44 a	2.72	11.24
APA	1260.69	37.33	34.85	2.47	317.57	65.02	41.57	4.52	294.35	0.45 a	3.08	10.67
Testigo	1314.49	37.31	34.65	2.65	281.82	65.59	41.92	4.53	264.05	0.34 b	2.77	11.38
Ambientes												
CA	1780.8a	37.18 b	35.50 a	1.69 b	287.2 b	63.52 b	40.30	3.78 b	265.3 b	0.56 a	1.83 b	10.93
CS	827.6 b	37.50 a	33.78 b	3.72 a	311.6 a	65.87 a	42.55	5.83 a	299.9 a	0.27 b	3.93 a	11.01
P												
Amb (A)	.0001	0.0305	.0001	.0001	0.0294	0.0401	0.0086	0.0002	0.0060	.0001	.0001	0.6561
Acol(B)	0.5670	0.6692	0.1931	0.3119	0.0599	0.6903	0.5576	0.2095	0.1373	0.0104	0.3718	0.0575
A x B	0.9266	0.7657	0.1450	0.2190	0.9051	0.3682	0.6506	0.8224	0.6205	0.0007	0.0019	0.0904

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto).

Cuadro 27: Comparación de medias para análisis fisiológicos evaluados a los 30 dds en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	RFA µmol $m^{-2}s^{-1}$	T°aire °C	T°hoja °C	T°a-T°h °C	CO_2 ppm	HR %	DPV mb	Fotosíntesis µmol $m^{-2}s^{-1}$	CO_2Int ppm	RE s cm^{-1}	CE cm s^{-1}	Trans µgH_2O $m^{-2}s^{-1}$
Acolchados												
APN	1349.86	33.03ab	33.08	-0.05	398.29	70.42	35.59	13.28	363.21	0.49	2.22	10.33ab
APB/N	1329.01	32.99ab	33.02	-0.02	351.07	68.45	35.67	12.16	310.96	0.48	2.30	10.28ab
APA	1316.34	32.74 b	32.97	-0.23	376.89	69.32	34.50	10.15	339.42	0.48	2.34	10.26ab
APR	1169.28	33.25ab	32.64	0.61	365.40	68.63	35.19	9.35	336.87	0.47	2.33	10.19 b
Testigo	1322.98	33.62 a	33.12	0.50	324.60	69.40	36.33	8.41	296.34	0.45	2.34	10.86 a
Ambientes												
CA	2020.94a	33.85 a	36.04 a	-2.19 b	273.33b	74.19 a	39.60 a	3.53 b	250.35b	0.57 a	1.86 b	11.63 a
CS	574.04b	32.40 b	29.89 b	2.51 a	453.17a	64.30 b	31.31 b	17.80 a	408.37a	0.37 b	2.74 a	9.14 b
P												
Amb(A)	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001
Acol(B)	0.4075	0.0275	0.8993	0.3311	0.1226	0.5790	0.2208	0.0711	0.1496	0.9720	0.9818	0.0254
A x B	0.8989	0.9356	0.9899	0.9817	0.3116	0.0849	0.5468	0.1048	0.4185	0.9664	0.8843	0.0211

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto).

Cuadro 28: Comparación de medias para análisis fisiológicos evaluados a los 45 dds en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	RFA µmol $m^{-2}s^{-1}$	T°aire °C	T°hoja °C	T°a-T°h °C	CO_2 ppm	HR %	DPV mb	Fotosíntesis µmol $m^{-2}s^{-1}$	CO_2Int ppm	RE s cm^{-1}	CE cm s^{-1}	Trans µgH_2O $m^{-2}s^{-1}$
Acolchados												
APN	1161.86	31.31	30.21	1.11	296.62	65.91	29.79	6.03	260.05	0.54	2.11	8.66 ab
APR	1123.34	30.67	29.81	0.86	335.11	65.34	28.96	6.66	304.95	0.49	2.17	8.31 b
APA	1107.71	30.50	29.94	0.56	350.43	66.27	29.83	5.65	315.41	0.50	1.98	8.67 ab
APB/N	1046.86	30.62	30.21	0.41	322.13	67.26	29.82	6.27	293.47	0.53	2.06	8.73 ab
Testigo	1063.20	31.21	30.69	0.52	301.96	67.62	31.13	4.83	283.22	0.51	1.89	9.08 a
Ambientes												
CA	1707.13a	32.96 a	33.45 a	-0.50 b	265.13b	67.61 a	33.98 a	5.44	227.44b	0.61 a	1.57 b	9.90 a
CS	494.06b	28.76 b	26.89 b	1.87 a	377.37a	65.35 b	25.84 b	6.33	355.40a	0.41 b	2.51 a	7.47 b
P												
Amb (A)	.0001	.0001	.0001	.0001	0.0001	0.0237	.0001	NS	.0001	0.0007	.0001	.0001
Acol(B)	0.2460	0.1497	0.6656	0.5397	0.5227	0.4989	0.2475	0.3339	0.4274	0.9512	0.7830	0.0903
A x B	0.1300	0.5239	0.6655	0.3673	0.0683	0.4564	0.3328	0.1268	0.0519	0.4082	0.2382	0.4258

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto). NS No Significativo.

Cuadro 29: Comparación de medias para análisis fisiológicos evaluados a los 55 dds en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	RFA µmol $m^{-2}s^{-1}$	T°aire °C	T°hoja °C	T°a-T°h °C	CO_2 ppm	HR %	DPV mb	Fotosíntesis µmol $m^{-2}s^{-1}$	CO_2Int ppm	RE s cm^{-1}	CE cm s^{-1}	Trans µgH_2O $m^{-2}s^{-1}$
Acolchados												
APN	1124.92	32.21	32.26	-0.045	391.65	71.74	35.34	6.55	343.55	1.20	1.01	4.75
APR	1106.82	32.25	32.29	-0.048	408.03	70.98	35.08	4.45	314.34	0.94	1.06	5.43
APA	1102.93	32.20	32.25	-0.050	395.51	72.92	36.38	5.19	360.79	0.97	1.16	4.73
APB/N	1070.92	31.98	32.02	-0.047	400.88	73.51	36.19	5.84	367.33	0.86	1.29	5.20
Testigo	1093.33	32.62	32.66	-0.048	411.06	72.20	36.34	4.22	379.82	0.96	1.16	5.53
Ambientes												
CA	1753.07a	36.32 a	36.37 a	-0.048	347.97b	79.58 a	46.93 a	3.57 b	308.23b	1.28 a	0.80 b	3.38 b
CS	446.50 b	28.18 b	28.22 b	-0.047	454.88a	64.96 b	24.80 b	6.93 a	398.10a	0.69 b	1.47 a	6.88 a
P												
Amb (A)	.0001	.0001	.0001	NS	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001
Acol(B)	0.8398	0.2193	0.2260	0.1194	0.9688	0.2257	0.5892	0.1138	0.1474	0.0785	0.1006	0.1802
A x B	0.1717	0.8148	0.8151	0.0595	0.1583	0.2336	0.3838	0.5502	0.0238	0.1828	0.2150	0.3763

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05, 0.01$. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto). NS No Significativo.

Cuadro 30: Comparación de medias para análisis fisiológicos evaluados a los 65 dds en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	RFA µmol $m^{-2}s^{-1}$	T°aire °C	T°hoja °C	T°a-T°h °C	CO_2 ppm	HR %	DPV mb	Fotosíntesis µmol $m^{-2}s^{-1}$	CO_2Int ppm	RE s cm^{-1}	CE cm s^{-1}	Trans µgH_2O $m^{-2}s^{-1}$
Acolchados												
APB/N	1273.19	35.12	35.17	-0.045	231.20	58.28	32.87	7.78	182.69	0.85	1.20	9.69
APA	1253.70	35.47	35.52	-0.048	212.46	59.26	34.34	6.99	165.13	0.84	1.25	10.51
APR	1243.99	35.54	35.59	-0.048	195.36	58.73	34.00	7.62	159.90	0.90	1.19	10.07
APN	1184.55	35.60	35.64	-0.045	229.19	57.67	34.19	8.24	186.53	0.97	1.09	9.95
Testigo	1247.85	35.60	35.65	-0.045	168.56	58.50	34.01	4.59	152.87	0.81	1.16	10.27
Ambientes												
CA	1826.84a	37.12 a	37.17 a	-0.046	174.65b	55.59 b	34.94 a	4.41 b	148.86b	0.99 a	1.03 b	10.70 a
CS	654.47 b	33.81 b	33.86 b	-0.047	240.06a	61.38 a	32.81 b	9.67 a	189.99a	0.76 b	1.32 a	9.49 b
P												
Amb (A)	.0001	.0001	.0001	NS	0.0075	0.0014	0.0323	<.0001	0.0488	0.0027	0.0002	0.0003
Acol(B)	0.1671	0.5174	0.5188	0.4929	0.3533	0.9721	0.8559	0.1445	0.7655	0.5650	0.5512	0.3773
A x B	0.0162	0.5322	0.5367	0.4929	0.4917	0.7487	0.9865	0.7727	0.3746	0.5718	0.8670	0.6637

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto). NS No Significativo.

Cuadro 31: Comparación de medias para análisis nutrimentales en hoja en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Análisis Nutrimentales de Hoja								
	K (ppm)		Ca (ppm)	Mg (ppm)		P (ppm)		N (%)	
Acolchados									
APA	9875.0		11177	5713.5	c	1944.4	ab	1.61	
APB/N	9541.6		13620	7142.5	b	1974.3	ab	1.66	
APN	9500.0		13822	7267.0	b	2032.6	ab	1.60	
APR	9333.3		12991	8618.8	a	2189.8	a	1.62	
Testigo	8666.6		11919	7134.2	b	1787.6	b	1.47	
Ambientes									
CS	10750.0	a	12215.3	5821.9	b	1988.69		1.68	a
CA	8016.6	b	13196.1	8528.5	a	1982.85		1.51	b
P									
Amb (A)	.0001		NS	.0001		NS		0.0026	
Acol (B)	0.4464		0.0872	.0001		0.0177		0.1673	
A x B	0.0407		0.0597	.0001		0.0074		0.0281	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto). NS No Significativo.

Cuadro 32: Comparación de medias para análisis nutrimentales en fruto en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Análisis Nutrimentales de Fruto								
	K (ppm)		Ca (ppm)		Mg (ppm)		P (ppm)	N (%)	
Acolchados									
APR	21000	ab	1209.50	ab	1732.7		2165.2	1.05	
APB/N	19750	b	1356.81	a	1762.7		2081.2	0.94	
APA	19417	b	1026.45	b	1587.5		1981.0	0.97	
APN	18125	b	1079.82	ab	1558.2		1944.0	0.97	
Testigo	24000	a	1130.95	ab	1645.9		2283.1	1.01	
Ambientes									
CA	20516.6		1106.65		1805.26	a	2131.85	1.20	a
CS	20400.0		1214.76		1509.51	b	2049.97	0.77	b
P									
Amb (A)	NS		NS		0.0008		NS	.0001	
Acol (B)	0.0017		0.0270		0.3423		0.2148	0.2400	
A x B	0.0028		0.0601		0.1601		0.0481	0.0148	

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto). NS No Significativo.

Cuadro 33: Comparación de medias para rendimiento en la interacción campo abierto y casa sombra en el cultivo de pepino en acolchado de diversos colores, ciclo primavera-verano. CIQA 2010.

	Rendimiento							
Trat	Fruto Precoz n° planta^{-1}	Rendimiento Precoz kg planta^{-1}	Fruto Comercial n° planta^{-1}	Rendimiento Comercial kg planta^{-1}	Fruto Rezaga n° planta^{-1}	Rendimiento Rezaga kg planta^{-1}	Fruto Total n° planta^{-1}	Rendimiento Total kg planta^{-1}
Acolchados								
APN	3.223 a	1.042 a	8.287 a	3.373 a	1.410	0.333 a	9.697 a	3.705 a
APR	3.192 a	1.030 a	8.020 a	3.317 a	1.115	0.258 ab	9.133 abc	3.573 ab
APB/N	2.770 a	0.927 a	8.112 a	3.400 a	1.115	0.266 ab	9.225 ab	3.667 ab
APA	2.647 a	0.867 a	7.628 ab	3.137 a	1.050	0.243 b	8.677 bc	3.380 b
Testigo	1.892 b	0.579 b	7.078 b	2.782 b	1.057	0.268 ab	8.133 c	3.052 c
Ambientes								
CS	2.759	0.893	11.217 a	4.646 a	1.215	0.291	12.429 a	4.937 a
CA	2.730	0.885	4.433 b	1.757 b	1.083	0.256	5.517 b	2.014 b
P								
Amb (A)	NS	NS	.0001	.0001	NS	NS	.0001	.0001
Acol (B)	0.0002	<.0001	0.0046	.0001	0.1110	0.0486	0.0026	.0001
A x B	0.0971	0.0334	0.0296	0.0011	0.0131	0.0052	0.0860	0.0062

Tratamientos con la misma literal no difieren entre sí, Tukey $P \leq 0.05$, 0.01. CS (Casa Sombra), CA (Campo Abierto.