

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Evaluación del efecto de la temperatura y radiación solar sobre calidad y
rendimiento del chile habanero (*Capsicum chinense*) Var. Uxmal**

Por:
JUAN MENDOZA RAMÍREZ

TESIS

**Presentada como requisito parcial para obtener el título
de:**
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre del 2002

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**Evaluación del efecto de la temperatura y radiación solar sobre la calidad
y rendimiento del chile habanero (*Capsicum chinense*) Var. Uxmal**

Por:

JUAN MENDOZA RAMÍREZ

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA:

El presidente del jurado

Ing. Rene A. de la Cruz Rodríguez

Sinodales

Ing. José A. De la Cruz Bretón

MC. Emilio Padrón Corral

El Coordinador de la División de Agronomía

M.C. Leopoldo Arce González

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.
DICIEMBRE DEL 2002

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por ser siempre la compañía en todo momento de mi vida y por darme unos padres tan maravillosos.

A mi “Alma Terra Mater” por darme la oportunidad de realizar mis estudios y ser un profesionista de provecho, y por formar parte de los ingenieros agrónomos egresados de la Narro.

Al MC. Rene A. de la Cruz Rodríguez, generador de la idea del trabajo de investigación y por su apoyo incondicional en la revisión este.

Al Ing. José Ángel de la Cruz Bretón, agradezco su apoyo, confianza y orientación, para llevar acabo esta investigación, y gracias por todas las facilidades brindadas para poder realizar el presente trabajo.

Al MC. Emilio Padrón Corral, por su asesoría en la parte estadística y revisión del trabajo de investigación, gracias por su valiosa colaboración.

A todos los profesores del departamento de horticultura, que me transmitieron sus conocimientos para poder defenderme en el ámbito profesional y laboral.

A mis compañeros de la generación XCIV, por su amistad que compartimos durante la estancia en la Universidad y a los que de alguna manera u otra colaboraron en la realización de trabajo de investigación gracias.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Con todo cariño, admiración y respeto, quienes me dieron la vida y por confiar en mí como persona capaz de salir adelante y ser alguien en la vida.

Gracias por todos sus consejos y regaños que me dieron, por que para mí fue de gran utilidad para poder enfrentar la realidad de la vida y que Dios los bendiga.

Dios, gracias por darme unos padres tan maravillosos.

Sr. Miguel Mendoza Calvo

Sra. Lucia Ramírez Pérez

A mis hermanos que en todo momento de mi vida siempre me brindaron cariño, confianza y apoyo moral, gracias por los valiosos consejos, los quiero mucho a todos.

Ma. Candelaria

Francisco Javier

Ma. de Jesús

Lucia del Carmen

Francisco Miguel

Dalia Margarita

A mis abuelos mil gracias por sus consejos y del cariño que me dieron cuándo era solo un niño.

Para mis cuñados: Bartolomé Jiménez y Ángel Espinosa. Y en especial a mis sobrinos, Karina de Jesús, Mariela, Saúl, Antonio, Guadalupe, Rocío, Lismar, Gabriela, Alejandro y Ricardo.

ÍNDICE DE CUADROS

No. de Cuadro		página
2.1.	Clasificación de fruto de chile habanero SARH-INIA.....	9
2.2.	Valor nutritivo por cada 100 gr de chile habanero.....	10
3.1	Descripción y arreglo de los tratamientos en diseño completamente al azar con tres tratamientos y seis repeticiones.....	32
3.2.	Las plagas y enfermedades que se presentaron durante la fase fonológica del cultivo.....	35
4.1.	Valores promedio de alturas en cm obtenidas en el último muestreo a los 105 días después del trasplante en el chile habanero.....	41
4.2.	Resultados de altura en la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1%.....	41
4.3.	Valores promedio en cm ² de coberturas máximas obtenidas en el último muestreo a los 105 días después del trasplante en el chile habanero.....	44
4.4.	Resultados de cobertura en cm ² en la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1%.....	44
4.5.	Promedio total de flores producidas por planta de chile habanero.....	46
4.6.	Comparación de medias del total de flores producidas por planta por el método de Tukey al 1%.....	46
4.7.	Comparación de medias del total de flores abortadas por plantas por el método de Tukey al 1%.....	48
4.8.	Comparación de medias del total de frutos cosechados por planta por el método de Tukey al 1%.....	50
4.9.	Comparación de medias del diámetro de frutos cosechados por planta por el método de Tukey al 1 %.....	51
4.10.	Comparación de medias del rendimiento total en gr/planta de frutos cosechados por el método de Tukey al 1%.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

No. de Figura	página
4.1. El comportamiento de las fluctuaciones de temperatura registradas durante el periodo de investigación en el cultivo de chile habanero del 22 de mayo al 3 de septiembre del 2001.....	39
4.2. Las fluctuaciones intensidad lumínica registradas en cada tratamiento durante el periodo de investigación en el cultivo de chile habanero del 22 de junio al 3 de septiembre del 2001.....	40
4.3. Comportamiento del crecimiento máximo de altura de las plantas a los 105 días después del trasplante en cultivo de chile habanero.....	42
4.4. Comportamiento de la cobertura máxima registrada de las plantas a los 105 días después del trasplante en el cultivo de chile habanero.....	45
4.5. Comportamiento del total de flores producidas por planta en cultivo de chile habanero.....	47
4.6. Total de flores abortadas durante el ciclo productivo del chile.....	49
4.7. Número de frutos cosechados por planta en 12 cortes durante la producción del chile habanero.....	50
4.8. Comportamiento del diámetro de los frutos de chile habanero (Var. Uxmal).....	52
4.9. El comportamiento de la longitud de los frutos en el cultivo de chile habanero (Var. Uxmal).....	53
4.10. El comportamiento del rendimiento total durante el ciclo de producción del cultivo de chile habanero.....	55

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Generalidades del cultivo.....	4
Características taxonómica.....	5
Partes de la flor y fruto del chile habanero.....	6
Requerimientos edafoclimaticos.....	7
Fertilización.....	8
Índice de calidad.....	9
El origen del picor ó pungencia de los chiles.....	9
Composición química.....	10
Fotosíntesis en las plantas.....	11
Condiciones necesarias para la fotosíntesis.....	12
Dióxido de carbono.....	12
Luz.....	12
Temperatura.....	13
Agua	14
Minerales.....	14
El cloroplasto.....	14
La hoja.....	15
Transpiración en las plantas.....	15
Importancia de la temperatura.....	17

Importancia de la radiación solar.....	17
Estrategias para maximizar la utilización de la radiación solar.....	18
Duración del área foliar.....	19
Densidad de población.....	20
Invernaderos.....	21
Factores ambientales a considerar dentro del invernadero.....	21
Temperatura.....	21
Luz.....	22
Humedad.....	24
Bióxido de carbono.....	24
Otros estudios fisiológicos en las plantas.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
Localización del sitio experimental.....	28
Tratamientos.....	28
Diseño experimental.....	30
Modelo estadístico.....	31
Arreglo de los tratamientos	32
Descripción de la variedad Uxmal.....	33
Metodología.....	34
Semilla.....	34
Obtención de plántulas.....	34
Llenado de bolsas y trasplante.....	34
Fertilización.....	35
Manejo del cultivo.....	35
Riegos.....	35
Control de plagas y enfermedades.....	35
Cosecha.....	36
Variables evaluadas.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
Altura de plantas.....	39
Cobertura de plantas.....	41

Numero de flores totales	43
Numero de flores abortadas.....	45
Numero de frutos amarrados.....	47
Diámetro de frutos.....	49
Longitud de frutos.....	50
Rendimiento.....	51
Correlaciones.....	53
CONCLUSIONES	56
LITERATURA CITADA.....	58
APÉNDICE.....	61

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el cultivo del chile se encuentra ampliamente difundido en todo México y el Mundo, ya que se cultiva desde el nivel del mar en las costas del golfo y pacífico, hasta los 2,000 msnm en la Mesa Central cubriendo diferentes zonas agroecológicas.

El chile (*Capsicum annum* L.) es originario de México, Centro y Sudamérica, considerado el mas importante debido a que se cosecha en abundancia así como su amplia distribución, en el aspecto social se genera una gran demanda de mano de obra, ya que requiere de 100 a 120 jornales por hectárea aproximadamente.

En nuestro país existen diversos tipos de chiles con características agronómicas diferentes (tamaño, forma, color, usos, etc.). El chile habanero pertenece al genero *Capsicum* y es originario de América Central y sur de Guatemala, la especie chinense a la cual pertenece este tipo de chile se distribuye normalmente en México, principalmente en los estados de Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Chiapas, Veracruz y Oaxaca. (Cadena et al,1996).

Este chile es universalmente reconocido como el más picante de todos. Se cree que sus semillas provienen de la habana de ahí su nombre, lo cierto es que la península de Yucatán, donde se cultivan unas 1,500 toneladas anuales, con una fluctuación de 4 a 8 ton/ha., es la patria y hogar del habanero. También se cultiva en Costa Rica, Belice, Trinidad y Jamaica. Los chiles se consumen frescos o secos, en salsa, en polvo o preparados como platillo principal, además proporciona una buena dosis de vitaminas, como A y C, y en menor cantidad vitamina E (que es antioxidante), ácido fólico y potasio. El chile habanero contribuye a una buena digestión, y hay indicios de que acelera el metabolismo y previene las enfermedades del corazón.

Uno de los problemas en las áreas de producción de chiles son las altas temperaturas las cuales acortan el periodo de producción, provocando caída de flores, frutos en formación y como consecuencia bajos rendimientos. La temperatura afecta el desarrollo de las plantas a través de su influencia sobre la velocidad de los procesos metabólicos. Las temperaturas bajas retardan el desarrollo, mientras que altas temperaturas (hasta cierto límite) lo aceleran y acortan el ciclo vegetativo de las plantas. La cual se ha manejado usando sus valores promedio diario, mensuales o anuales, y se expresa en forma de parámetro como: unidades calor, fototermicas, frío, etc. Conociendo la cantidad y distribución de las unidades calor de una región, se puede determinar la adaptación y posibilidad de éxito tanto en especies anuales como perennes. Además de otras aplicaciones, como la predicción de etapas fonológicas en las plantas.

También se dice que el chile habanero es muy exigente en la cantidad de luz, es decir la acción de la luz depende de la cantidad de energía luminosa que esta planta recibe por unidad de superficie y tiempo, puesto que realiza mayor actividad sintética y por consiguiente necesita mayor intensidad de energía luminosa. Cuando se presentan iluminaciones limitadas se reduce la fotosíntesis neta, implica mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y producción. Mojarro (1996).

Debido a estas causas nos veremos obligados a integrar nuestros conocimientos en el campo de la agricultura y lograr los aumentos en la producción, buscando que los cultivos lleven acabo sus procesos fisiológicos con mayor rapidez, intensidad y eficacia. Tal es el propósito de esta investigación, que tuvo como meta generar información en este aspecto para incluirse en un paquete tecnológico de producción, bajo condiciones de invernadero en comparación a cielo abierto.

Objetivos

Evaluar el efecto de la temperatura y radiación solar en el cultivo de Chile habanero.

Observar la respuesta del Chile habanero a las fluctuaciones de temperatura e intensidad lumínica.

Hipótesis

Se asume que la temperatura a diferentes ambientes dentro y fuera de invernaderos afecta la producción del Chile habanero (*Capsicum chinense*).

La cantidad y calidad de radiación solar recibida por unidad de superficie, afecta la calidad de los frutos cosechados del habanero.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del cultivo

El chile fue cultivado y usado como una planta alimenticia en América desde muchos años antes de la llegada de los españoles (Boswell, 1937). Todas las especies cultivadas son originarias del continente Americano. De acuerdo a los primeros exploradores de la América tropical se sabe que el chile fue cultivado extensamente en el nuevo mundo y constituyo un alimento importante en la dieta de los nativos (Erwin, 1929).

El chile habanero (*Capsicum chinense*) se siembra exclusivamente en la península de Yucatán, donde esta adaptado a las condiciones especiales de clima y suelo imperantes en esa región. Se han hecho intentos de establecerlo comercialmente en otras regiones del país pero sin resultados satisfactorios.

El origen de este tipo de chile se puede sugerir que es originario de América del sur, se supone, por el nombre, que en alguna época muy lejana fue introducido de cuba. Hay dos hechos adicionales que apoyan esta hipótesis: hasta el siglo XX, la península de Yucatán tenía mayor comercio con cuba que con el propio México y el habanero es el único chile de Yucatán que no tiene nombre maya. Lo cierto es que, en la actualidad, es parte indispensable de la riqueza gastronómica de la región. (pozo, 1984).

El genero *Capsicum* es originario de America del sur de los andes y de la cuenca alta del Amazonas – peru, Bolivia, Argentina y Brasil (Vavilov, 1951). *Capsicum annum* se aclimató en México, donde actualmente existen la mayor diversidad de los chiles. Citado por (Valadez, 1998)

Características taxonómicas

La variedad conocida como chile habanero, pertenece a la familia de las solanáceas y recibe el nombre científico de *Capsicum chinense*, y solo se desarrolla en forma comercial en la península de Yucatán, donde las condiciones ambientales y los tipos de suelo permite su cultivo. Es una planta que tienen un hábito de crecimiento indeterminado, ya que se comporta como una planta perenne. El tallo principal está bien diferenciado, con variación en cuanto al tipo de ramificaciones la cual, generalmente, es erecta y produce de 3 a 5 ramas primarias por 9 a 13 ramas secundarias; la planta presenta una altura no mayor de 1.30 m. por lo general, los tallos y las hojas carecen de pubescencia, aunque ocasionalmente se observan plantas con pelos cortos. Las plantas tienen hojas grandes, de 15 cm de largo por 10 cm de ancho, de color verde oscuro brillante.

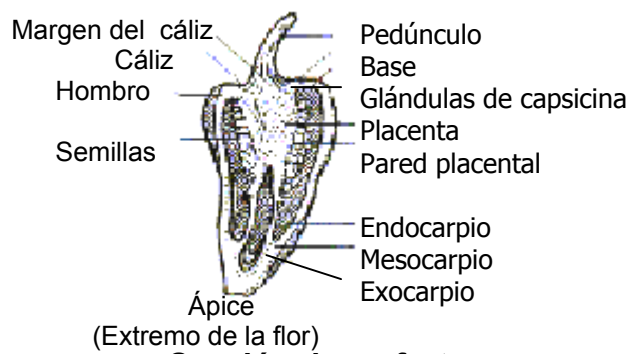
Los frutos de dicha planta presentan hasta seis frutos por axila; la forma de estos varía de redonda a oblonga. Por lo general, son ondulados con un ensanchamiento en la parte apical y tienen de 3 a 4 lóculos. El tamaño de los frutos varía de 2 a 6 cm de largo por 2 a 4 cm de ancho; son de color verde cuando tiernos y al madurar pueden ser anaranjados, amarillos, blancos o rojos, predominando el color anaranjado, el cual es preferido por el consumidor.

Los frutos son extremadamente pungentes y aromáticos; una característica importante es que la pungencia no es persistente y desaparece poco tiempo después que el fruto es consumido. Presente y futuro del chile en México, (1984)

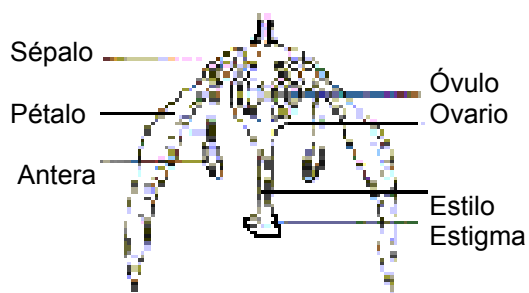
Partes de la flor y fruto del Chile habanero (*Capsicum chinense*).



Habanero



Sección de un fruto



Sección de una flor

Requerimientos edafoclimaticos

Suelo

El chile habanero tiene éxito en cualquier tipo de suelo, pero con buen drenaje, fértiles y profundos. En suelos arenosos y ligeros aceleran la producción, siempre que se dispongan de materia orgánica. En suelos pesados no se recomiendan por la mala aireación, las plantas presentan un crecimiento deficiente y se marchitan con facilidad por presencia de verticillium con ph de 5.5 a 6.8. (Ramírez, 1996).

El *Capsicum chinense* crece bien en cualquier tipo de suelos, por condiciones generales en verano prefiere los suelos medios pesados, mientras que el invierno le sientan mejor los suelos ligeros.

El tallo leñoso que tiene la planta, es sensible al exceso de agua que puede formarse en los suelos limosos con una estructura pobre o en suelos con una precolación difícil. Por la poca profundidad del sistema radicular, hay necesidad de mantener un nivel alto de humedad del suelo, pero sin llegar a los extremos.

Un factor muy importante, es que en lo posible, hay que evitar la plantación del chile, en los suelos recién cultivados con tomate o papa, sobre todo si estos fueron fuertemente atacados por enfermedades fungosas como por ejemplo: phytophthora y fusarium. También hay que evitar su cultivo, en aquellos suelos llenos de malezas perennes ó malezas que no pueden ser controladas con herbicidas selectivos y esta especie de chile necesita de un ph de 6.0 a 6.5. (Mojarro, 1996).

Clima

Esta especie de chile, es una hortaliza de clima cálido muy adaptado, los rangos de temperatura en que se desarrolla son: mínima de 10 °C , máxima de 32 °C y una optima de 30 °C. (Davis, 1978).

La temperatura para la germinación óptima es de 30 °C. aunque fluctúan entre los 18 y 35 °C, tardando 8 días en germinar con esta temperatura óptima. Según (Harrinton, 1988). Knott's (1988). señala que la temperatura y el tiempo de trasplante va de 18 a 24°C diurnas y de 16 a 18°C nocturnas y el tiempo para el trasplante es aproximadamente de 6 a 8 semanas.

Mojarro (1996). En general el desarrollo óptimo empieza en un rango de temperatura que oscila entre los 18 y 26°C. el desarrollo más rápido se lleva a cabo cuando el suelo es húmedo y una temperatura del aire entre los 21 y 26°C. Una variación excesiva de las temperaturas, puede afectar la tasa de crecimiento y provocan anomalías en la floración y repercute en el cuajado de los frutos. En caso de calor excesivo cuando la temperatura sube por arriba de los 38°C, se pueden presentar desprendimientos de las flores y una falta de maduración de los frutos cuajados.

Fertilización

chile habanero cultivado a campo abierto se recomienda 3 sacos de urea más 7 sacos de superfosfato de calcio triple por hectárea antes del trasplante u 8 días después de esta actividad, haciendo su aplicación en banda a un lado de la hilera y a una distancia de 3 cm. de esta, 2 sacos de urea más un saco de cloruro de potasio por hectárea a los 20 o 30 días después de la primera aplicación, haciéndolo por cepas o por bandas. (I.T.A. No. 5, 1996).

Para producir una tonelada de chile se requieren las siguientes cantidades de nutrientes: 3.2 – 4 kg de N, 0.4 – 0.6 kg de P, 5.5 kg de K, 65.5 grs de Mn, 43.7 grs de Cu, 109.2 grs de Fe, 44 grs de Zn, 21.8 grs de B, y 0.44 grs de Mb. La absorción diaria por hectárea cuando el crecimiento está en el pico, alcanza los 3 kg de N, 4.6 kg de K, 0.42 kg de fósforo. (Mojarro, 1996).

Índice de calidad

La calidad de los frutos del chile habanero la determina la apariencia del fruto; el tamaño y el peso unitario del mismo son factores importantes, así como la firmeza y el color. El cuadro 2.1. incluye las categorías de calidad, basándose en tamaño y peso.

Cuadro 2.1. Clasificación de fruto de chile habanero. SARH-INIA, 1984.

Categorías y tamaño de los frutos	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso unitario (gr)
Primera (grandes)	5.5	3.5	Mayor de 10
Segunda (medianos)	4.5	3.0	7.5 – 10
Tercera (chicos)	4.0	2.0	5.0 – 7.5
Rezaga	menor de 4.0	menor de 2.0	menor de 5.0

El origen del picor ó pungencia de los chiles

El picor ó pungencia de los chiles es independientemente del sabor del fruto y se debe, principalmente, a la Capsicina ($C_{18}H_{27}NO_3$). Este es un compuesto liposoluble, sin sabor, ni olor ó color. Se produce en la placenta, las semillas, la pared del fruto y cáscara. El porcentaje de concentración de este compuesto, en cada parte del fruto, varia según el tipo de chile. (Vargas, 1986) encontró que los frutos grandes tienen menor contenido de capsicina, por lo que los chiles de frutos pequeños serían los mejores productores de este compuesto.

Existen métodos químicos estandarizados para medir el grado de pungencia de los chiles. La Asociación Americana de Comercio de Especies (American Spice Trade Association) utiliza las unidades Scoville, que son recíproco de la dilución más alta en la cual la pungencia puede aun ser detectada por un grupo de panelistas. Es una forma muy subjetiva para estimar la pungencia, pero ha mostrado una buena correlación con las concentraciones de capsicina, existen al menos otros cuatro compuestos que también se relacionan con el grado de picor, el sabor y aroma de los chiles. (Bolaños, 1998).

Composición química

Cuadro 2.2. Valor nutritivo por cada 100 gramos de chile habanero. (Zubirán, 1992).

MINERALES (mg)	
Calcio	18.00
Fósforo	26.00
Fierro	2.44
Magnesio	25.00
Sodio	7.00
Potasio	340.00
Zinc	0.30
VITAMINAS (mg)	
Ácido ascórbico	94.00
Ácido fólico	23.00
Caroteno	0.53
Tiamina	0.11
Riboflavina	0.16
Retinol	12.00
Niacina	0.71
ÁCIDOS GRASOS	
Porción comestible	0.84%
Humedad	91.00%
Fibra	1.60%
Energía	31 Kcal
Hidratos de carbono	5.30gr.
Cenizas	0.71gr.
Proteínas	2.25gr.
Extracto etéreo (grasas)	0.83gr.
Carbohidratos totales asimilables	3.61gr.
Saturados totales	0.08gr.
Monoinsaturados oleicos	0.04gr
Poliinsaturados linoleico	0.44gr.

Fotosíntesis en las plantas

La fotosíntesis es el proceso por el que una planta verde elabora hidratos de carbono (azúcares y almidón) utilizando la luz como fuente de energía. Todos los seres vivos requieren materia orgánica como alimento, para construir su propia estructura y para el suministro de energía química como combustible en sus actividades. Todos los compuestos orgánicos complejos, basados en el carbono, deben producirse a partir de materias primas simples, agua y dióxido de carbono. Muchos organismos son incapaces de fabricar su propio alimento y deben, por tanto, alimentarse de materia ya elaborada, vegetal o animal. Puesto que los grandes animales son predadores de los más pequeños y éstos suelen alimentarse de plantas, todos los seres vivos dependen, directamente o indirectamente, de la fotosíntesis que se realiza en la planta como base de la cadena o trama alimentaria. Adams, (1989).

La fotosíntesis es el único mecanismo de entrada de energía y en estas participa la oxidación y la reducción. El proceso global es una oxidación de agua (eliminación de electrones con liberación de O_2 como subproducto) y una reducción de CO_2 para formar compuestos orgánicos tales como carbohidratos. Durante los procesos de combustión y respiración se extraen electrones de los compuestos carbonados y se les hace circular “cuesta abajo” (en un sentido energético), después de lo cual se combinan, junto con los iones H^+ , con un fuerte aceptor de electrones, O_2 , para formar moléculas estables de H_2O . Vista de otro modo, la fotosíntesis utiliza energía luminosa para llevar electrones “cuesta arriba”, retirándolos del agua hacia un aceptor de electrones más débil, el CO_2 . El principal responsable receptor de luz solar de los vegetales, es la membrana tilacoidal de los cloroplastos. Salisbury y Ross, (1992).

Condiciones necesarias para la fotosíntesis

Dióxido de carbono

Adams, (1989). Para que una planta pueda elaborar sus propios componentes orgánicos precisa de un suministro de carbono que sea realmente asimilable. El dióxido de carbono se halla presente en el aire en condiciones de 330 ppm, lo que es lo mismo 0.03 % y puede pasar, por difusión, al interior de las hojas a través de los estomas, el dióxido de carbono gas, se mueve diez mil veces más deprisa que si lo hiciera en solución a través de las raíces. La cantidad de este gas en el aire que esta en contacto directo con la planta, puede descender cuando se establece un cultivo a densidades de plantación muy altas o cuando el oxido de carbono ha sido fotosintetizado muy rápidamente, circunstancias ambas especialmente frecuentes en invernaderos sin ventilación. Esta reducción de nivel de CO puede disminuir la tasa de fotosíntesis; no obstante, el agricultor dispone de medios para efectuar un suministro adicional de dióxido de carbono, al interior de los invernaderos y enriquecer la atmósfera hasta tres veces la concentración normal, esta practica provoca en correspondiente aumento de crecimiento, en el supuesto de que la planta reciba en adecuado suministro del resto de los factores que necesita. Si cualquiera de ellos llegara por debajo de las necesidades, el crecimiento se retrasará igualmente. Este principio, conocido con el nombre de ley de los factores limitantes, establece que “el factor que se suministre en menor cantidad limitará la intensidad del proceso”.

Luz

La luz es un factor necesario para que la fotosíntesis tenga lugar. En alguna series de reacciones, en las que una sustancia se combina con otra para formar un compuesto más complejo, se necesita energía como combustible. En el caso de la energía esta fotosíntesis es proporcionada por la luz procedente

del sol o de lámparas artificiales. La cantidad de energía luminosa presente es importante para determinar la tasa de fotosíntesis; simplificando, a más luz o mayor intensidad (iluminación) absorbida por la planta, mayor será el nivel de fotosíntesis. La energía luminosa se mide en Julios por metro cuadrado, pero, a fines prácticos, la luz para el crecimiento de las plantas se valora en función de la luz que incide sobre una determinada superficie, es decir lumens por metro cuadrado(lux). Es difícil establecer las necesidades exactas de la planta, puesto que se dan variaciones con la especie, edad, temperatura, niveles de dióxido de carbono, suministro de nutrientes y estado sanitario. Sin embargo, se pueden dar los límites aproximados dentro de los cuales la fotosíntesis tendrá lugar; un mínimo de intensidad de luz, entre 1500 y 1000 lux, permite que la tasa de fotosíntesis de las plantas se iguale con la respiración y se mantenga a sí misma. La cantidad máxima de la luz que la mayoría de las plantas pueden absorber con utilidad, es aproximadamente de unos 30.000 lux, si bien con 10 a 15.000 lux suelen alcanzar un buen nivel de crecimiento. La baja intensidad de luz natural (3.000 – 8.000 lux) es el factor limitante para un activo crecimiento en las plantas en invernadero o en túneles de plástico que disponen de suministro de calor, puede aumentarse la intensidad luminosa mediante el empleo de luz artificial; también con una iluminación suplementaria puede ampliarse la longitud del día, limitada durante el invierno.

Temperatura

Las complejas reacciones químicas que tiene lugar durante la formación de los hidratos de carbono a partir de agua y CO₂, exigen la presencia de unos compuestos denominados enzimas, esenciales para acelerar la velocidad de las citadas reacciones. Sin estas sustancias poca actividad química podría haber. La actividad enzimática aumenta con la temperatura, desde los 0°C hasta los 36°C, y cesa a los 40°C. este comportamiento se refleja muy estrechamente en el efecto de la temperatura, tanto del aire como del medio de cultivo, sobre la tasa de fotosíntesis, cuyo óptimo, dependiendo de las especies,

se sitúa, entre los 25 °C y 36 °C, pero niveles de iluminación muy bajos, el aumento de la tasa de la fotosíntesis con el aumento de temperatura es muy limitado. Esto significa que, si la luz natural es limitante, se desperdicia el aumento de calor.

Agua

El agua es necesaria para las reacciones fotosintéticas, pero todo sólo representa una fracción muy pequeña del total de agua que toma la planta. El suministro de agua, a través del xilema, es esencial para el mantenimiento de la turgencia foliar y para que los estomas permanezcan abiertos, dejando pasar el dióxido de carbono al interior de la hoja. Precisamente es por un déficit en este gas por lo que, con un 10% de pérdidas de agua, puede provocarse una reducción de la fotosíntesis de un 50%; es evidente, por tanto, que una planta visiblemente marchita jamás podrá realizar esta esencial función.

Minerales

Los minerales son demandados por la hoja para elaborar la clorofila, pigmento que absorbe la mayor parte de la energía luminosa para la fotosíntesis. La producción de clorofila debe ser constante, ya que pierde su efectividad rápidamente. Una planta deficiente, sobre todo en hierro o magnesio, se vuelve amarilla (clorótica) y pierde gran parte de su capacidad fotosintética. Este aspecto abigarrado o decoloración también es causa de una reducción en la tasa de crecimiento.

El cloroplasto

Es la unidad subcelular de la fotosíntesis donde se manipulan conjuntamente todas las materias básicas mencionadas. La absorción de luz por parte de la clorofila tiene lugar en una parte y la energía se transfiere a otro

lugar, donde es utilizada para construir los hidratos de carbono, generalmente en forma de almidón insoluble.

La hoja

Es el órgano principal de realización de la fotosíntesis en la planta y esta dependerá de la cantidad o número de hojas presentes y expuestas directamente a luz del sol, que permitan el máximo de eficacia. Una hoja recientemente expandida es más eficaz para la absorción de luz, capacidad que se va reduciendo con la edad.

Transpiración en las plantas

Devlin, (1982). Las plantas pierden agua sobre todo en forma de vapor, a través de un proceso llamado transpiración. Después de ser sacada del suelo por las raíces, el agua es transportada a lo largo del xilema hasta llegar a las células del mesofilo de las hojas. La disposición laxa de las células de membrana fina que lo constituyen proporciona espacios intercelulares abundantes, lo que representa una disposición ideal para la evaporación del agua a partir de la superficie celular. Una parte de la superficie epidérmica de la hoja está constituida por un gran número de poros llamados estomas. Los poros estomáticos se abren a los espacios intercelulares de la hoja y el medio externo. A modo que aclara la idea de la corriente de transpiración, podemos imaginarla como una cadena de agua continua que es bombeada a partir del suelo a través de las raíces, a lo largo de los conductos del xilema, hasta las células del mesofilo, para salir al exterior por los poros estomáticos.

Aparte de la transpiración estomática, el agua también se pierde en forma de vapor, directamente a partir de la superficie de las hojas y de los tallos herbáceos, y por las lenticelas, pequeñas aberturas existentes en el tejido suberoso que recubre los tallos y las ramitas. La primera recibe el nombre de transpiración cuticular, y la segunda el de transpiración lenticular la

transpiración cuticular recibe este nombre por que implica la difusión directa de vapor de agua a través de la cutícula, una capa aérea formada por cutina, que recubre la superficie de las hojas. Esta capa impide con gran eficacia la pérdida de agua a su través, y sin ella, la retención de agua por la planta sería prácticamente imposible.

La importancia de la transpiración cuticular varía ampliamente según las distintas especies de plantas. En plantas cuyas hojas poseen una gruesa capa de cutina, esta forma de transpiración es insignificante. Sin embargo, en plantas cuya capa de cutina es delgada, pueden presentarse importantes pérdidas de agua a su través cuando prevalecen las condiciones que favorecen una elevada transpiración. La cantidad de agua perdida a través de la transpiración lenticular y cuticular es insignificante en comparación con la cantidad de agua perdida por transpiración estomática. Solamente en tiempos muy secos, cuando los estomas se encuentran cerrados, la pérdida de agua a través de la cutícula y de las lenticelas pueden alcanzar un nivel importante. Sin embargo, la transpiración lenticular puede provocar cierta desecación en los árboles que pierden sus hojas a principios de invierno. Durante un invierno frío, la absorción de agua por las raíces es mínima, con lo cual la importancia de la transpiración lenticular queda aumentada.

Otro de los efectos importantes de la transpiración es el llamado efecto refrigerante, el interés o falta de interés de la transpiración para la planta ha sido tema de debates entre los fisiólogos vegetales durante bastante tiempo. Algunos han argumentado que el efecto refrigerante de la transpiración evita que la planta se sobrecaliente. Sin embargo, las plantas que crecen en condiciones en que la transpiración es despreciable tampoco se sobrecalientan, lo que parece indicar que el efecto refrigerante de la transpiración no tiene una importancia real en la disipación del calor, en lo que se refiere a la planta.

Importancia de la temperatura

El crecimiento vegetal es extremadamente sensible a la temperatura. A menudo un cambio de pocos grados da lugar a un cambio significativo en la tasa de crecimiento. Cada especie o variedad posee, en cualquier estado determinado de su ciclo de vida y en cualquier conjunto determinado de condiciones de estudio, una temperatura mínima debajo de la cual no crece, una temperatura óptima (o rango de temperaturas) en la que crece con una tasa máxima y una temperatura máxima por encima de la cual no crecerá y con la que incluso puede morir.

En nuestras especulaciones acerca de la respuesta del crecimiento vegetal a la temperatura, con frecuencia postulamos la presencia de reacciones enzimáticas influidas por dos factores opuestos: con incrementos en la temperatura, el incremento en la energía cinética de las moléculas que reaccionan da lugar a un aumento en la velocidad de reacción, pero el incremento en la temperatura también provoca un incremento en la velocidad de desnaturalización enzimática. Salisbury y Ross, (1994).

Importancia de la radiación solar

Denisen, (1991). La agricultura es básicamente un sistema de explotación de la energía solar que, utilizando el CO₂ atmosférico a través del proceso de la fotosíntesis, conduce a la producción de biomasa en las plantas, siendo una fracción de la misma el producto cosechable habitual.

El rendimiento final de un cultivo depende fundamentalmente de tres procesos:

- Interceptación de la radiación solar a lo largo del ciclo del cultivo por parte de los órganos fotosintéticos de las plantas.

- Eficiencia con la que esta radiación interceptada es utilizada para producir la cantidad suficiente de biomasa.
- Fracción de esta biomasa total que se destina a los órganos cosechables.

La energía luminosa, también denominada energía radiante, incluye aquellas partes del espectro que no son visibles para el ojo humano. El espectro incluye todos los colores de la luz, como se ven en un arco iris o cuando se separan al hacer pasar un rayo de luz a través de un prisma. Una atmósfera húmeda puede absorber algunas de las longitudes de onda de la luz. Por lo tanto, un cielo nublado absorbe considerables cantidades de luz antes que esta toque la superficie de la tierra o las hojas de las plantas, y así resulta una sombra parcial. En este caso con la protección adicional para reducir la intensidad luminosa en un invernadero, ciertos pigmentos pueden incorporarse a los cristal o plásticos o aplicarse sobre su superficie; de esta manera, se reduce la intensidad o la cantidad de luz y se cambia la calidad o color de la luz, dependiendo del color del pigmento. El espectro de la intensidad se puede medir y graficar para diversas fuentes de luz en unidades de flujo luminoso (lumen) las cuales, mediante cálculos adicionales, pueden expresarse en pies-bujías o metros-bujías de luz. La unidad de medida de longitud de onda se puede definir como la distancia entre dos puntos similares en ondas adyacentes. La luz contribuye en sí misma un estudio fascinante en los fenómenos físicos y en la sensación visual. Los horticultores dependen en gran parte de la luz para el crecimiento y producción de las plantas. Sus relaciones con el calor son extremadamente importantes para la producción de los invernaderos.

Estrategias para maximizar la utilización de la radiación solar

Ramos y Rallo, (1992). El manejo de los cultivos para maximizar los rendimientos finales implica un manejo adecuado del proceso fotosintético, de tal forma que su eficiencia sea máxima. Siembras tempranas, uso de cultivares

adaptados a condiciones climáticas específicas y cultivos múltiples en zonas donde la estación de crecimiento es larga son prácticas diseñadas para hacer un uso óptimo de la “fabrica fotosintética”. Otras prácticas como manejo óptimo de fertilizantes y del agua de riego afectan al rendimiento final alterando la tasa y la duración de la fotosíntesis.

Duración del área foliar

A fin de correlacionar el rendimiento de un cultivo con el área foliar a lo largo del ciclo, (Watson, 1947) definió un nuevo parámetro: la duración del área foliar (DAF). La DAF es la integral del IAF a lo largo del tiempo. Este índice considera, tanto la magnitud del IAF a lo largo del ciclo, como el tiempo durante el cual el cultivo mantiene superficie fotosintética activa. Las unidades en las que se expresa la DAF son días y representa el tiempo que el cultivo tendría una superficie fotosintética de $1 \text{ m}^2/\text{m}^2$ suelo. Frecuentemente, las diferencias en producción final de biomasa se deben principalmente a la duración del área verde más que a la capacidad fotosintética del tejido vegetal en sí. En diversos cultivos anuales se ha encontrado una buena correlación entre la DAF y la biomasa total producida o el rendimiento final (Jiménez y Fereres, 1986). En algunos cultivos, la DAF a partir del periodo de floración es sumamente importante y puede jugar un papel primordial en la determinación del rendimiento final. Esto es debido a que el área fotosintética durante este período es la fuente principal de asimilados que los frutos y/o semillas necesitan para su óptimo desarrollo.

A pesar de la eficiencia con que la DAF de un cultivo puede predecir el rendimiento final, ésta es sólo una estimación de la utilización de la radiación a lo largo del ciclo y una cuantificación directa de la radiación interceptada por el cultivo se correlacionaría mejor con el rendimiento final que la DAF. Sin embargo, puede ser buena estimación cuando no se dispone de los medios necesarios para determinar la interceptación de radiación acumulada a lo largo del tiempo.

Densidad de población

Una de las vías para alcanzar una intercepción de radiación eficiente es manipulando la densidad de población de un cultivo.

Hay dos tipos de respuesta del rendimiento a un incremento en la densidad de población. La interacción rendimiento-densidad depende de si el rendimiento es el resultado del crecimiento vegetativo o del crecimiento reproductivo.

Cuando el rendimiento del cultivo es la biomasa total, la respuesta generalizada del rendimiento a un incremento en densidad es asintótica, y cuando el producto cosechable no es la biomasa total sino frutos o semillas, la respuesta es variable entre especies, siendo la más generalizada de tipo parabólico.

En la determinación de la densidad óptima de un cultivo hay que considerar los siguientes puntos:

- Tamaño de la planta: diferentes variedades de una misma especie muestran un tamaño de plantas individuales diferente. Esto hace que haya que ajustar la densidad óptima para rendimiento máximo en cada caso.
- Encamado: una densidad de población demasiado elevada da lugar a plantas más altas con tallos débiles, lo que aumenta el riesgo de encamado. Esto puede disminuir drásticamente la producción final del cultivo afectando, bien al rendimiento o bien a la calidad del producto cosechable.
- Reducción del cuajado de frutos: densidades de población demasiado elevadas dan lugar a aborto de flores y a una reducción en el número de frutos potenciales.
- La limitación de factores del medio ambiente como la radiación, agua disponible para el cultivo o fertilidad del suelo pueden reducir la densidad óptima para cada especie.

Invernaderos

Alpi, (1999). El invernadero es una construcción que siempre se ha realizado con armaduras y soportes muy diversos y con materiales de recubrimiento que dejan pasar las radiaciones solares que son indispensables para la vida de las plantas. La composición de la radiación solar incluye radiaciones visibles y radiaciones invisibles al ojo humano, ambas necesarias para un desarrollo regular de los numerosos procesos biológicos vegetales y se considera invernadero cuando posee de 2.73 m^3 de aire por metro cuadrado.

Aun reconociendo esta evolución puede tomarse como índice de la progresiva tendencia a la construcción de invernaderos cada vez más especializados y climatizados, esto no debe hacernos pensar que las formas menos evolucionadas deben considerarse como superadas.

Efectivamente, en una misma explotación puede coexistir válidamente invernaderos de diversa complejidad, en relación con las exigencias de las plantas cultivadas y de su rentabilidad. Por otra parte, como es fácil de comprender, juega un papel determinante en la elección del tipo de invernadero la disponibilidad económica inicial de la explotación. Tal disponibilidad aconsejara al cultivador interesado en los cultivos protegidos a realizar la primera inversión en instalaciones de relativa simplicidad, para pasar a las más complejas y perfeccionadas, sucesivamente; de este modo recorrerá las etapas de la evolución técnica, teniendo como base unas rígidas leyes económicas. También Alpi, (1999). considera importante los siguientes factores:

Factores ambientales a considerar dentro del invernadero

Temperatura

Lo primero que se impone en un invernadero, como ya sabemos, es reducir las oscilaciones diurnas y estacionales de la temperatura ambiental

para que las plantas puedan crecer en un nivel térmico óptimo. La temperatura ejerce mucha influencia sobre el crecimiento y el metabolismo de la planta, y no hay tejido procesos fisiológicos que no este influenciado. La respuesta a la temperaturas, además, sustancialmente diferente según el proceso metabólico el tejido considerado, y un mismo proceso fisiológico, por ejemplo, la fotosíntesis o respiración responde a la temperatura según modalidad es diferentes de acuerdo con el estado de desarrollo de las plantas. Las diferentes especies cultivadas no están influenciadas por la temperatura de manera unívoca, sino cada una y según características propias, aunque es posible establecer algunas estrategias. La temperatura ejerce una influencia determinante en las reacciones químicas cuyas velocidad aumenta de manera exponencial al aumento de la temperatura. Aunque la termodinámica de un organismo complejo como una planta superior sea mucho más complicada que una sola reacción química, el empleo de expresiones cuantitativas puede ser útil para describir la influencia de la temperatura sobre los procesos fisiológicos. La influencia de la temperatura sobre un organismo biológico tan complejo como una planta, no se limita a la regulación de la velocidad de las reacciones bioquímicas, si no que también interesa a otros muchos aspectos como la solubilidad de los metabolitos y, sobre todo en los dos extremos del intervalo térmico vital, a la estructura física así como la función de las membranas.

Luz

La energía solar radiante es seguramente el factor ambiental que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas cultivadas en el interior de un invernadero, para la cual cualquier técnica cultural, desde la frecuencia de irrigación a la densidad de implantación, se adecua a la intensidad de flujo radiante solar en el interior de la protección y a sus variaciones estacionales.

La luz actúa sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas como energética para la asimilación fotosintética del CO₂, así como fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo y determina la fotomorfogenesis y fotoperiodismo.

Por efecto de la protección se verifica inevitablemente en el interior del invernadero una reducción de la intensidad de energía solar radiante; la entidad de la atenuación varía según el tipo de estructura y la orientación del invernadero. La tendencia a hacer más herméticas las estructuras con el fin de evitar pérdidas de calor y reducir los consumos energéticos mediante el empleo de telas dobles o pantallas. Implica inevitablemente la consecuencia de una atenuación ulterior de la intensidad luminosa, nos detendremos en este párrafo como en la luz como fuerza motriz de la fotosíntesis y como factor determinante para la adquisición de la energía y del carbono para las plantas. El proceso fotosintético está constituido por un conjunto de reacciones fotoquímicas y enzimáticas estrechamente interdependientes según una secuencia lineal. La secuencia completa tiene lugar en órganos complejos, los cloroplastos: las reacciones fotoquímicas y los procesos de transporte de electrones y fosforilaciones en correlación se dan en las laminillas y tilacoideos, mientras las reacciones enzimáticas de fijación y reducción de CO_2 se verifican en el estroma, es decir, en la matriz que circunda a los tilacoideos. La fotosíntesis se inicia con la absorción de fotones en funcionamientos complejos pigmento-proteicos (los sistemas antena), y con la transferencia de energía “capturada” a los dos fotosistemas I y II con la formación de oxidantes y reductores primarios. Estos casos fotoquímicos son muy rápidos (tiempo medio en torno a 10^{-12} seg.) y dependen exclusivamente de la intensidad y calidad de la luz, siendo independientes de la temperatura ($Q_{10} = 1$). Los oxidantes y reductores primarios activan el transporte de electrones de H_2O a NADP^+ , que se reduce a NADPH_2 por medio de una cadena de transportadores de electrones. La energía también se utiliza para sintetizar ATP. Al contrario que los casos fotoquímicos, estas reacciones, síntesis de NADPH_2 y de ATP, solo dependen indirectamente de la luz y son muy sensibles a la temperatura. El NADPH_2 y el ATP se emplean para la fijación y reducción enzimática del CO_2 que se expande a través de los estomas, según un proceso cíclico conocido como ciclo de Calvin – Benson ó PCRC.

Humedad

Diferentes factores concurren a la hora de determinar en el interior de un invernadero unas condiciones de humedad elevada: cambios gaseosos con la atmósfera exterior y muy reducidos con las ventanas cerradas, temperatura elevada y reducción de la condensación de agua sobre la superficie interior del recubrimiento como consecuencia del empleo creciente de estrategia aptas para aumentar el aislamiento térmico.

El aumento de humedad puede producir cambios en el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero también en la incidencia de las enfermedades fúngicas y, en última instancia, en la producción.

La humedad atmosférica desempeña un papel determinante en el proceso de transpiración del agua por las hojas y sobre el potencial hídrico foliar, sobre la regulación de la conductancia estomática y la temperatura de las hojas, y realiza estos procesos mediante funciones primarias de la planta como la fotosíntesis, la absorción y el transporte de agua y elementos minerales.

Bióxido de carbono

La concentración de CO_2 en el interior de un invernadero sin ventilación no es constante ni corresponde a la atmosférica, pero indica un comportamiento cíclico en la relación con la actividad fotosintética de las plantas cultivadas. Por la noche, en ausencia de fotosíntesis, la concentración es más elevada que la atmosférica por que el CO_2 que se desprende tras la respiración permanece confinado en el interior de la protección. Durante el período luminoso la concentración de CO_2 se reduce en medida proporcional a la intensidad de la fotosíntesis hasta descender, en las horas de mayor insolación, a concentraciones inferiores a $200 \mu\text{l.l}^{-1}$. La concentración de CO_2 puede descender por debajo de la atmosférica, bajando a $250 - 300 \mu\text{l.l}^{-1}$, incluso en poca ventilación del invernadero si la fotosíntesis es muy intensa. (Alpi, 1999)

Otros estudios fisiológicos en las plantas

Dwyer et al.,(1989) investigaron la influencia de la edad de la hoja y de la planta en la tasa fotosintética en seis cultivares de maíz donde representaron a la fotosíntesis por P2000 (Tasa de fotosíntesis neta e irradiación = a $2000 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) el valor de P2000 tubo tendencia a incrementar para un máximo en el tiempo de expansión y llenado de hojas individuales y luego disminuyo, y concluyen que las diferencias significativas de los cultivares fueron encontrados en la tasa de desarrollo foliar y la longitud del periodo vegetativo.

Mehta y Sarkorn, (1992) realizaron estudios en 8 líneas avanzadas de maíz, seleccionados previamente para tasa fotosintética variable, y sus híbridos, se evaluó la tasa fotosintética y los componentes de eficiencia fotosintética, encontrando heterosis con respecto a la tasa fotosintética, pero no siempre la alta tasa fotosintética esta relacionado con altos rendimientos.

Yusifov, (1984). Estudio la actividad fotosintética en plantas de sandia en función de la nutrición, encontrando que la producción fotosintética pura(PPP) fue menor cuando la fruta estaba madurando.

Durante la transpiración, las columnas de agua en los elementos conductores del agua, esta bajo tensión. Un gradiente de potencial hídrico entre el mesófilo y los elementos del xilema es establecido, asegurando el flujo de agua contra la resistencia del flujo. Heber, (1986).

La producción de materia seca de avena y la cantidad de agua usada por el cultivo vía transpiración e intercepción se relaciona linealmente. Ehlers, (1989).

Una alta eficiencia en el uso de agua en un cultivo acarrea altos rendimientos con la menor cantidad de agua utilizada, indicando que se deben cuidar más los factores fotosintéticos y de respiración que la transpiración, ya que son los procesos más sensitivos al estrés hídrico. Stanhill, (1986).

Hernando, (1987). Dice que la humedad relativa influye fuertemente en la fotosíntesis neta, de 15 a 25 °C, aumenta la fotosíntesis y luego decrece gradualmente. Este hecho se puede atribuir al aumento de la fotorespiración a 25 °C. Para comprobar lo anterior, plantas de tomate se colocaron a 20 °C con una iluminación de 18.00 lux y la humedad relativa se vario en un rango que fue desde 80 hasta 32 %. Se observo que una disminución en la humedad relativa produjo una disminución en la fotosíntesis neta hasta un 50%.

Las temperaturas ambientales bajas, como las muy altas provocan caída de las flores de tomate y también afectan el color de los frutos amarrados. Folquer, (1976).

La temperatura afecta notablemente los procesos fisiológicos para el desarrollo favorable de la planta, encontrando que en el tomate, las temperaturas que más determinan su desarrollo son las nocturnas, ya que todos los procesos para el desarrollo ocurren por la noche. Gosselin y Trudel, (1985).

La calidad de los frutos de tomate no es apreciablemente afectada por la cantidad disponible de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y boro. La calidad más bien depende de las condiciones climatológicas que predominan durante el ciclo vegetativo de la planta (principalmente la temperatura) y a caracteres inherentes a la variedad. Lips et al., (1990).

Reddy et al., (1991) condujeron un experimento buscando información en la respuesta del algodón a un amplio rango de condiciones de temperatura durante el periodo de fructificación. El crecimiento, fotosíntesis y respiración fueron medidas en el dosel de plantas de algodón crecidos en cámaras ambientales, con la temperatura como variable independiente.

Al colocarse la plantas bajo los distintos tratamientos de luz y temperatura y medirse la P_g (fotosíntesis en $\text{mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) se observó que a medida que pasaban los días, la fijación de CO_2 era menor en las plantas expuestas a $20 - 10^\circ\text{C}$ que a $35 - 25^\circ\text{C}$.

El día 37 de exposición a $35 - 25^\circ\text{C}$ la P_g fue de $5 \text{ mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-1}$ estando a $1725 \text{ M mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de flujo de fotones fotosintéticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El trabajo de investigación se realizó a partir del 25 de febrero del 2001, en los invernaderos No. 1 y No.2, e intemperie en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), que se localiza en las siguientes coordenadas a 25°23' latitud norte y 101°00' longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich y con una altura de 1743 msnm.

La UAAAN se localiza en Buenavista municipio de Saltillo a siete kilómetros al sur de la misma ciudad, la cual esta ubicada en la región sureste del Estado de Coahuila.

Tratamientos

El tratamiento No.1

El invernadero se conoce como tipo capilla o dos aguas, y mide 8.0 m de ancho por 25 m de largo y 3.70 m de alto al centro. La cubierta consta de vidrio, el cual esta blanqueado levemente por dentro con pintura vinilica de color blanco con el objetivo de evitar radiaciones excesivas y directas que puedan provocar quemaduras de las hojas y frutos de las plantas. También consta de un sistema de calefacción controlada y el enfriamiento se realiza por medio de las ventanas y cenitales (ventilación pasiva).

El tratamiento No.2

Este invernadero también se le conoce como tipo túnel o casa grande, y mide 9.15 m de ancho por 30.50 m de largo y 3.75 m de alto al centro. La cubierta es de acrilit No.111 ; y esta opaco debido que el material a perdido sus características físicas y se ha deteriorado con el paso del tiempo, la cual deja pasar muy poca intensidad de luz en el interior del mismo. También se manejan temperaturas y humedad relativa controlada, el sistema de ventilación por medio de extractores (ventilación activa), con pila de enfriamiento y con 12 camas en el interior de la estructura. Para el registro de temperaturas se colocaron termómetros en cada invernadero.

Intemperie o testigo

Las fluctuaciones de temperatura presentada en este periodo o tiempo transcurrido durante la investigación, se tomaron basándose con los datos proporcionados por el departamento de agrometeorología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Acerca de la intensidad de luz, se registro con un fotómetro en diferentes fechas para todos los tratamiento, las lecturas del fotómetro se reporto en bujías pie.

Los tipos de materiales utilizados en el experimento fueron los siguientes:

Tierra cribada de bosque mezclado con fibra-polvillo de coco.

Bolsas de polietileno negro de 8 Kg.

Charolas de poliestireno de 128 cavidades.

Semilla de chile habanero (*Capsicum chinense*) variedad Uxmal.

Aspersora de mochila de 15 litros.

Etiquetas

Probetas

Báscula

Vernier

Cinta métrica

Insecticidas y funguicidas

Fertilizantes:

Grófol 20-30-10

Nutrimex

Mezcla completa de macro-nutrientes y micro-nutrientes

Bromuro de metilo para esterilizar el suelo

Diseño experimental

El trabajo de investigación se llevó acabo con la ayuda del diseño completamente al azar, con tres tratamientos y seis repeticiones, realizando análisis de varianza para cada variable de respuesta. Además se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey con $\alpha=0.01$ y un análisis de correlación múltiple.

El modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

$i = 1, 2, 3$, ambiente.

$j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$, repeticiones.

Y_{ij} = variable aleatoria observable correspondiente, i -esimo ambiente y la j -esima repetición.

μ = media general.

T_i = efecto del i -esimo ambiente.

e_{ij} = Componente aleatoria de errores.

Arreglo de los tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron los tres ambientes diferentes, en este caso el tratamiento 1, es el ambiente del invernadero No.1, el tratamiento 2 es el ambiente del invernadero No.2 de acrilit 111, y el tratamiento 3 es el ambiente a la intemperie y fue tomado como tratamiento testigo, en cada uno de los ambientes se instalaron 6 plantas de chile habanero para tener 6 repeticiones por tratamiento, con el fin de evaluar la respuesta del chile habanero a diferentes condiciones ambientales, como temperatura e intensidad de lumínica.

La fertilización de fondo como el aplicado durante el ciclo de cultivo, fueron las mismas cantidades y tiempo de aplicación, haciendo también aplicaciones preventivas con insecticidas y fungicidas, los riegos de auxilio fueron cada tercer día.

Cuadro 3.1. Descripción y arreglo de los tratamientos en diseño completamente al azar con tres tratamientos y seis repeticiones.

Tx	Clave	Descripción
1	R1 R4 R3 R2 R5 R6	Invernadero No.1
2	R2 R4 R3 R6 R5 R1	Invernadero No.2
3	R3 R2 R1 R6 R4 R5	Intemperie o testigo

Descripción de la variedad Uxmal

Esta variedad tienen un hábito de crecimiento erecto, las ramificaciones se inician a 10 cm. del cuello de la raíz. La planta alcanza una altura de 62 cm; y no tiene pubescencia.

Produce cuatro frutos por axila; es precoz e inicia la floración a los 49 días después del trasplante y la cosecha a los 90 días. La forma del fruto es oblonga, con ensanchamiento en la parte apical, el tamaño medio es de 5.0 cm de largo por 3.1 cm de ancho; al madurar es de color anaranjado. Rinde 47% más que los cultivares criollos que se siembran en las regiones de la península de Yucatán.

Se recomienda sembrar la variedad “Habanero Uxmal” para mejorar la calidad del producto e incrementar los rendimientos. Además el ciclo de floración y fructificación de la variedad recomendada es más corto en comparación con la variedad criolla, pues la primera emite flores a los 43 días después del trasplante, mientras que la segunda lo hace a los 60 días.

La variedad habanero Uxmal en suelos ak'alche (gleysol húmico ó luvisol órtico) inicia su floración a los 33 días y a los 64 días en suelos de transición k'ankab-tzek'el (luvisol vértico). Las nuevas variedades sobresaliente de chile habanero se adapta a los principales tipos de suelo que existen en la península de Yucatán, mencionando que la variedad uxmal se desarrolla mejor en suelo ak'alche y transicionales, (Piña, 1984).

METODOLOGÍA

Semilla

La semilla utilizada de chile habanero variedad Uxmal, fue proporcionada por el asesor del trabajo de investigación en febrero del 2001.

Obtención de plántulas

Utilizando una cama para germinación o almácigo de 1.04 metros de ancho por 3.10 metros de largo, se procedió a llenar con suelo de bosque tamizado y previamente desinfectado con bromuro de metilo durante 48 horas antes de ser usado, se nivelo y se aplico un riego pesado para uniformizar la humedad. La siembra se llevo acabo el día 25 de febrero del 2001, germinando 20 a 25 días después de la siembra, esto pueda deberse por las bajas temperaturas del suelo y ambiente registradas en este periodo. Después de la germinación se aplicaron riegos de auxilio dependiendo de las condiciones ambientales. Para evitar el marchitamiento de las plántulas se aplico Técto 60 cada ocho días, cuando las plántulas tenían 10 a 15 cm de altura y con 4 a 5 hojas verdaderas, se llevo acabo el trasplante en bolsas de polietileno negro de 8 Kg.

Llenado de bolsas y trasplante

La tierra de bosque cribada se mezcló con fibra-polvillo de coco desinfectado, llevando acabo el llenado de las bolsas de polietileno negro de 8 Kg. Previamente perforadas y con aplicación de un kilogramo de grava molida al fondo de la bolsa para el drenaje adecuado y facilitar la aireación en las raíces, luego el llenado completo con tierra de bosque cribado y mezclado con fibra-polvillo de coco aplicando un riego pesado un día antes del trasplante. El trasplante se realizo el día 15 de mayo del 2001 y se dejó una semana con el

objeto de aclimatar a las plantas luego realizar los muestreos correspondientes para cada variable de respuesta. Se etiquetaron cada una de las bolsas y se acomodaron en las camas de cada invernadero e intemperie con una distribución en diseño completamente al azar.

Fertilización

En cuanto a la fertilización se realizaron aplicaciones generales de macro y micro elementos, tanto de fondo con dosis de 70-90-70 y durante la fase fenológica del cultivo de chile habanero se aplicaron foliares en floración y desarrollo de frutos.

Manejo de cultivo

Riegos

Los riegos fueron aplicados en forma manual, proporcionando un riego pesado un día antes del trasplante y luego riegos de auxilio cada tercer día dependiendo de los requerimientos y necesidades del cultivo de cada tratamiento, ya que fueron sometidos a diferentes ambientes de luz y temperatura.

Control de plagas y enfermedades

Cuadro 3.2. Las plagas y enfermedades que se presentaron durante la fase fenológica del cultivo.

Plagas	Nombre científico	Control	Dosis
Mosquita blanca	Bemisia tabaci	Confidor	
Minador de la hoja	Liriomyza sp.		
Enfermedad	Nombre científico	Control	Dosis
Ahogamiento de plántulas	Damping-off	Tecto 60	2 grs/lto.
Marchites del chile	Phytophthora capsici L.	Ridomil	1 gr/lto.
Mancha bacteriana	Xanthomonas	Mancozeb	1 gr/lto.

Cosecha

La cosecha se llevo acabo en forma manual, realizando 12 cortes, tomando como base el comienzo del pintado de color naranja en los frutos del chile habanero variedad Uxmal.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas dieron inicio una semana después del trasplante 22 de mayo del 2001 hasta la ultima cosecha.

Altura de planta

Esta variable fue medida con una cinta métrica, tomado en centímetros desde la base del tallo a nivel del suelo hasta el meristemo de crecimiento más alto.

Cobertura de planta

Este dato fue tomado en cm^2 , determinando el área foliar de la planta apoyado con la cinta métrica, midiendo en forma cruzada de norte a sur y de este a oeste.

Numero de flores totales

Esta variable fue evaluada con un conteo del numero de flores producidos por planta al momento del inicio de la floración hasta la ultima cosecha.

Numero de flores abortadas

Cada planta se contabilizó el número de flores totales producidos, restando el numero de frutos cosechados por corte, para poder determinar la cantidad de flores no amarradas o caídas.

Numero de frutos amarrados

Para cada planta se le contabilizo en numero de frutos por corte y al final haciendo una sumatoria del total.

Diámetro de frutos

Para el diámetro ecuatorial de los frutos se tomo en centímetros, con la ayuda de un vernier.

Longitud de frutos

En esta variable se realizo tomando la longitud polar de los frutos, reportando en centímetros, con la ayuda de un vernier.

Rendimiento

Esta variable se determino en gramos por planta, surge al pesar el total de frutos cosechados por planta en cada corte, haciendo una sumatoria final con él numero de cortes totales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los factores ambientales juegan un papel importante en el metabolismo de las plantas. Las fluctuaciones de temperatura y luz se consideran de los más importantes en la producción de chile habanero, ya que intervienen notablemente en este cultivo, siendo una limitante en el amarre de los frutos y calidad del mismo. La respuesta de las plantas de chile habanero se vera influenciado por la cantidad y calidad de luz recibida por unidad de superficie y de las fluctuaciones de temperaturas que se registren en el ambiente. A continuación se presentan en forma gráfica los datos de temperatura e intensidad lumínica registrada durante el ciclo del cultivo o periodo de investigación, por que las variables evaluadas en el presente trabajo dependió de estos dos factores ambientales antes mencionadas, como se muestra en la Fig.4.1 de temperaturas y en la Fig.4.2 de intensidad lumínica.

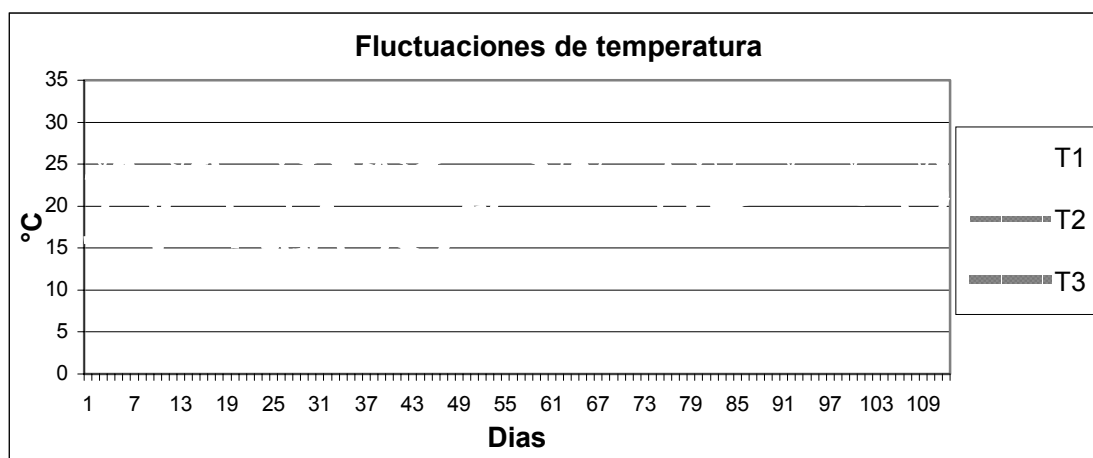


Fig. 4.1 El comportamiento de las fluctuaciones de temperatura registradas durante el periodo de investigación en el cultivo de chile habanero del 22 de mayo al 3 de septiembre del 2001.

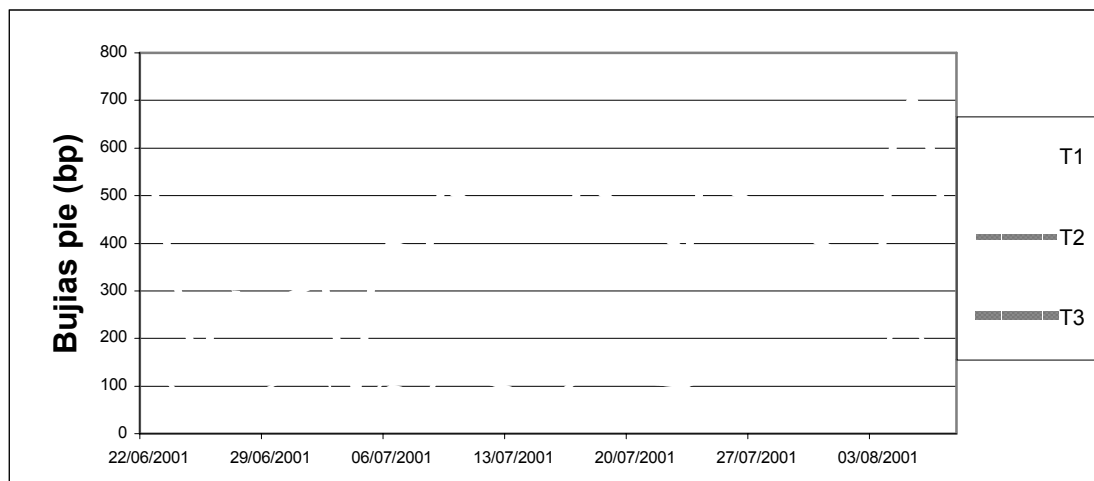


Fig.4.2 Las fluctuaciones de intensidad lumínica registras en cada tratamiento durante el periodo de investigación en el cultivo de chile habanero del 22 de junio al 3 de septiembre del 2001.

Altura de plantas

Para la variable de respuesta altura de planta se realizó 15 muestreos durante el ciclo de cultivo iniciándose el día 22 de mayo del 2001 una semana después del trasplante y procediendo estas tomas de datos cada 8 días hasta el ultimo muestreo. Midiéndose plantas previamente seleccionadas de semillero o almácigo, con la finalidad de observar el comportamiento de estas, en los diferentes ambientes sometidos a investigación.

Al realizar el análisis de varianza para cada muestreo, no se encontró significancia en el primero, noveno y décimo muestreo, pero significativo para el dos, tres, cuatro, ocho, y once, y comportándose altamente significativo al 99% de confianza en los muestreos seis, siete, doce, trece, catorce y quince., ver A1 (apéndice), la mayor altura se registro con el tratamiento dos, con una altura promedio de 81.50 cm de longitud, logrando superar 44.84 cm al testigo que solo registro una altura máxima promedio de 36.66 cm. Como se muestra en el cuadro 4.1.

Realizando la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1% para todos los casos, pero se observó que los ambientes o tratamientos 2 y 1 del último muestreo a los 105 días después del trasplante, fueron estadísticamente iguales, superando al ambiente 3 (testigo) con un 99% de confianza, el cual se puede observar en el cuadro 4.2. También se puede apreciar en la Fig.4.3. el comportamiento de altura máxima registrada de las plantas de chile habanero.

Cuadro 4.1. Valores promedio de alturas máximas obtenidas en el último muestreo a los 105 días después del trasplante en el chile habanero.

tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	$\bar{X}$
T1	66	65	81	94	55	72	72.16
T2	95	79	83	82	63	87	81.50
T3	45	35	35	33	35	37	36.66

Cuadro 4.2. Resultados de altura en la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1%.

Tratamiento	Medias
T2	81.50 a
T1	72.16 a
T3	36.66 b

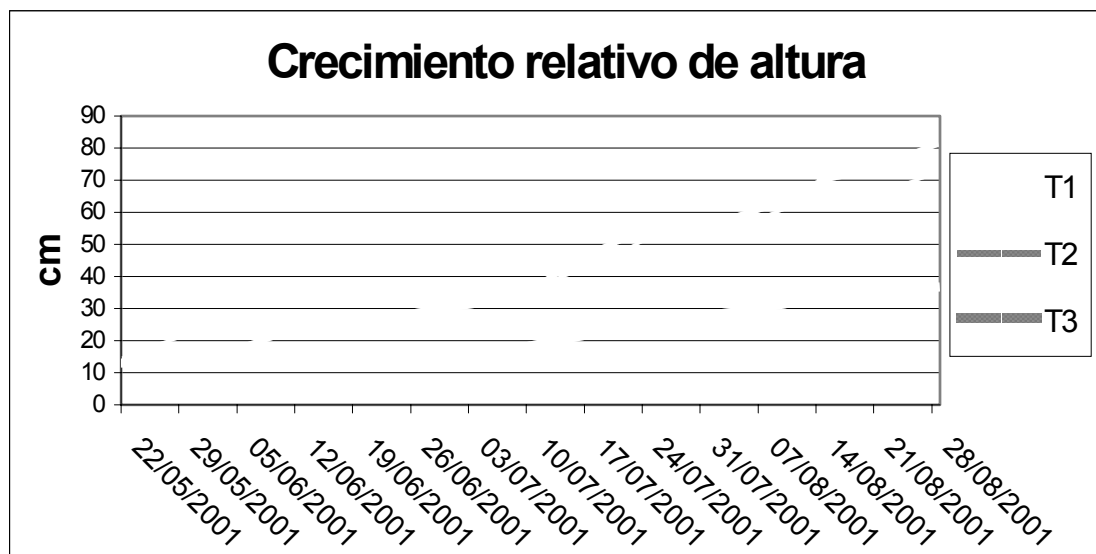


Fig.4.3 Comportamiento del crecimiento de altura de las plantas a los 105 días después del trasplante en cultivo de chile habanero.

Cobertura de plantas

La cobertura de las plantas fue medido en centímetros cuadrados apoyándonos de una cinta métrica, realizando la toma de datos al mismo tiempo que la variable altura, la única diferencia es que se tomo en forma cruzada de norte a sur y luego de este a oeste reportando en centímetros cuadrados. Esta variable de respuesta se inicio el día 22 de mayo del 2001, realizando 15 muestreos durante el ciclo.

Realizando el análisis de varianza para cada muestreo se encontró no significativo en los muestreos uno y nueve, pero significativo para los muestreos dos, tres, cuatro, ocho, diez y once, comportándose altamente significativo al 1%, los muestreos cinco, seis, siete, doce, trece, catorce y quince.,ver A2 (apendice) respectivamente. La mayor cobertura de las plantas se registro en el tratamiento dos, con una cobertura promedio de 9275.66 cm^2 , en comparación del testigo que solo registro una cobertura promedio de 1996.50 cm^2 , como se muestra en el cuadro 4.3.

Pero al realizar la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1% para todos los muestreos, se observó que los tratamientos o ambientes 2 y 1 del último muestreo a los 105 días después del trasplante, son estadísticamente iguales pero superando al ambiente 3 (testigo), con 99% de confianza, como se muestra en el cuadro 4.4. también apreciándose en la Fig.4.4 el comportamiento de cobertura máxima registrada de plantas en el cultivo de chile habanero variedad Uxmal.

Cuadro 4.3. Valores promedio en cm^2 de coberturas máximas obtenidas en el ultimo muestreo a los 105 días después del trasplante en el chile habanero.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5	R6	$\bar{X}$
T1	8000	9000	7680	9500	8370	8550	8516.66
T2	11000	5489	9450	8464	10700	11550	9275.66
T3	1890	1764	1935	2160	1980	2250	1996.50

Cuadro 4.4. Resultados de cobertura en cm^2 en la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1%.

Tratamiento	Medias
T2	9275.50 a
T1	8516.66 a
T3	1996.50 b

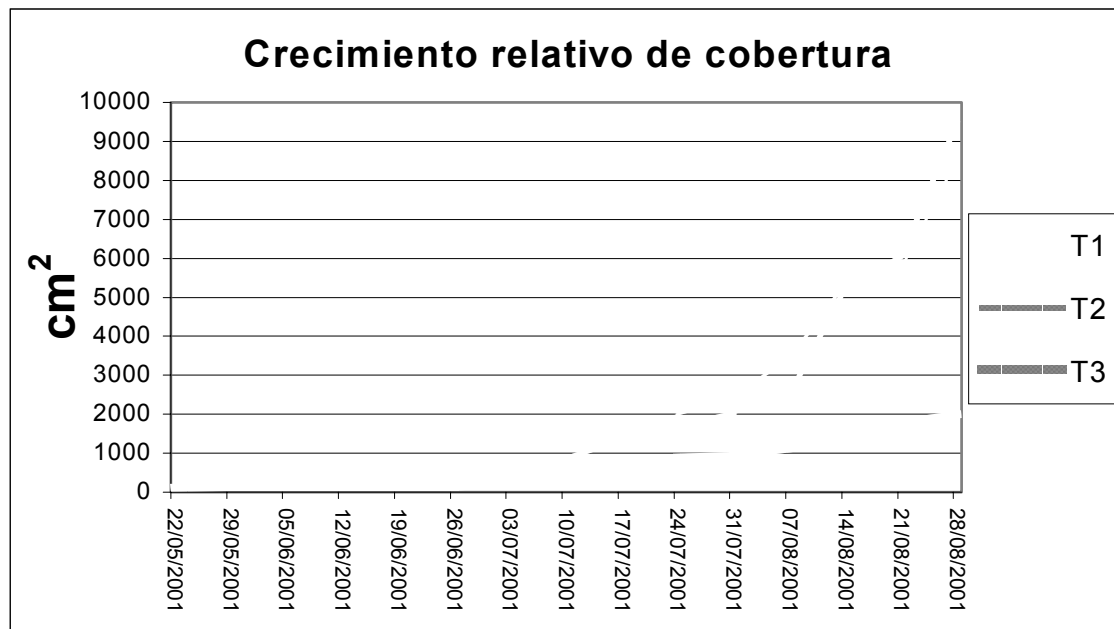


Fig.4.4. Comportamiento de la cobertura registrada de las plantas a los 105 días después del trasplante en el cultivo de Chile habanero.

Numero de flores totales

El inicio de la floración fue muy variable debido a que los tratamientos fueron ambientes diferentes variando factores como temperatura y luz. Las primeras yemas florales se observaron en el tratamiento uno (invernadero 1), con fecha 26 de junio del 2001, seguido del tratamiento dos (invernadero 2), el día 3 de julio del mismo año y quedándose el tratamiento o ambiente tres (testigo), el día 5 de mayo respectivamente. Se realizaron conteos de flores diariamente por las mañanas y en el transcurso del día, con la finalidad de obtener datos más precisos de esta variable, el cual se tomo en cuenta el total de frutos cosechados más el total de flores abortadas diariamente durante el ciclo de cultivo del chile habanero.

Para esta variable de respuesta número de flores totales producidos por planta. Se tomo una planta representativa por repetición de cada tratamiento al momento de la aparición de la primera flor.

Para este caso se realizo un análisis de varianza, se encontró altamente significativo al 1%. el mayor numero de flores producidos por planta se registro en el tratamiento 2, con una media de 523.50 flores, seguido del tratamiento 1, con 332.33 flores y por ultimo el tratamiento 3 (testigo), con 315.83 flores totales respectivamente, como se muestra en el cuadro 4.5.

Cuadro 4.5. Promedio total de flores producidos por planta de chile habanero.

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	R6	$\bar{X}$
T1	332	264	354	390	339	315	332.33
T2	654	480	534	403	598	472	523.50
T3	324	298	353	341	297	282	315.83

Pero al realizar la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1% para esta variable, se observo que el ambiente 2 en el muestreo total supera a los ambientes 1 y 3, ya que estos últimos se comportaron estadísticamente iguales, con 99% de confianza, como se muestra en el Cuadro 4.6. también apreciándose en la Fig.4.5 el comportamiento total de flores producidas por planta en el cultivo de chile habanero variedad Uxmal.

Cuadro 4.6 Comparación de medias del total de flores producidos por planta por el método de Tukey al 1%

Tratamiento	Medias
T2	523.50 a
T1	332.33 b
T3	315.83 b

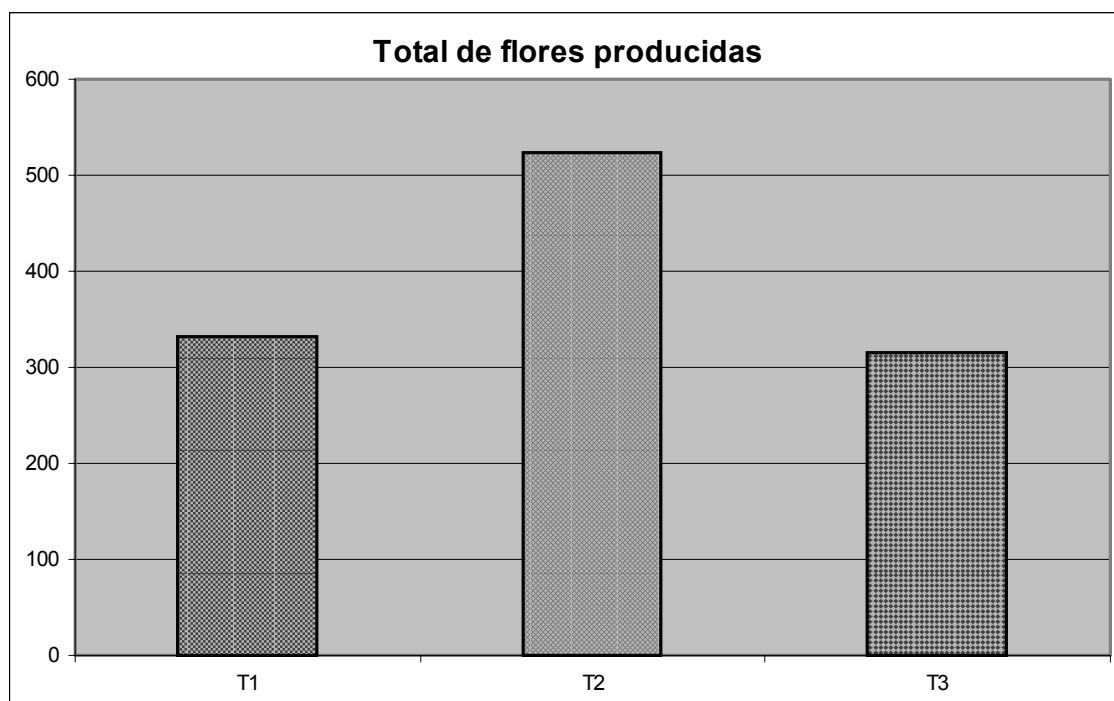


Fig. 4.5. Comportamiento del total de flores producidas por planta en cultivo de Chile habanero

Numero de flores abortadas

Las plantas en general tienen un mecanismo de regulación de carga, siendo esta el número de frutos que soporta para su desarrollo y posterior maduración. En pocas palabras es la cantidad de frutos que puede mantener la planta para su producción, que también depende de las temperaturas y luz para el proceso de la fotosíntesis y así poder alimentar a los frutos.

La cantidad total de flores abortadas durante el periodo de floración para cada tratamiento fueron notablemente diferentes, el conteo se realizó diariamente, obteniendo un total por planta para un análisis de varianza.

Para esta variable se realizó un análisis de varianza, se encontró altamente significativo al 1%. el mayor numero de flores abortadas por planta se registro en el tratamiento 2, con una media de 405.3 flores, seguido del tratamiento 1, con 239.0 flores y por ultimo el tratamiento 3 (testigo), con 183.3 flores abortadas respectivamente.

Esta variable de respuesta numero de flores abortadas se analizó en la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1%, se observo que los ambientes 1 y 3 en el conteo total, son estadísticamente iguales pero superan al ambiente 2, con 99% de confianza, debido que muestran menor numero de flores abortadas, como se muestra en el Cuadro 4.7. también apreciándose en la Fig.4.6 el comportamiento total de flores abortadas por planta en el cultivo de chile habanero variedad Uxmal.

Cuadro 4.7 Comparación de medias del total de flores abortadas por planta por el método de Tukey al 1%

Tratamiento	Medias
T2	405.3 a
T1	239.0 b
T3	183.3 b

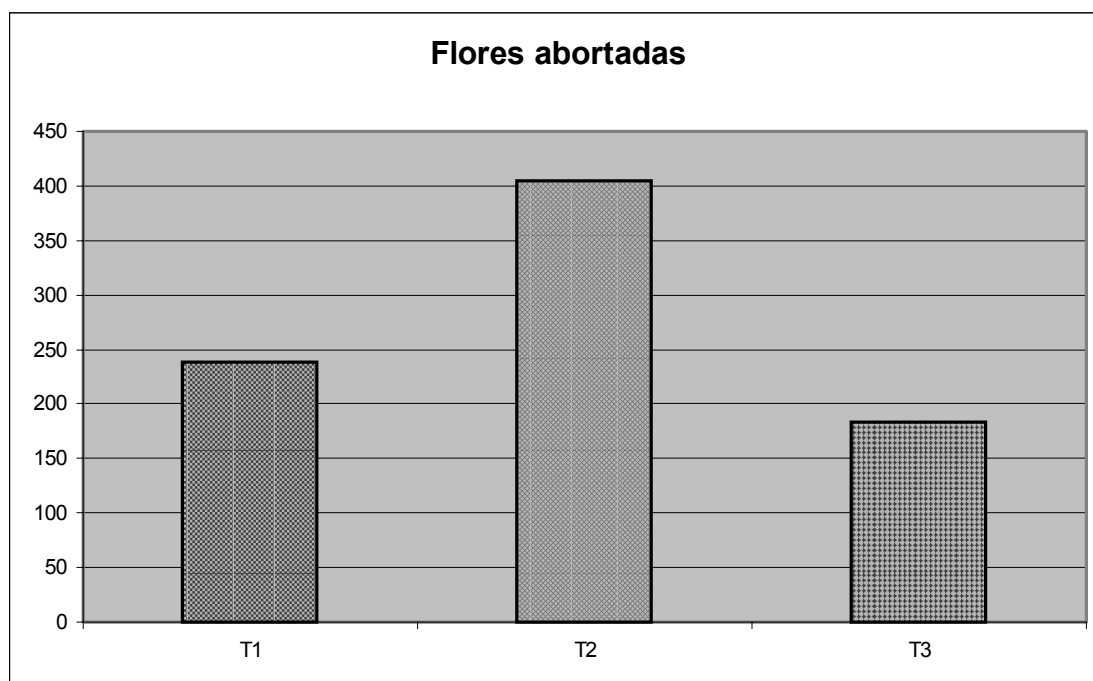


Fig. 4.6. Total de flores abortadas durante ciclo productivo del Chile habanero.

Numero de frutos amarrados

La cantidad de frutos amarrados por planta, dependió de muchos factores que para nuestro caso se vio influenciado por las temperaturas e intensidad lumínica. La cantidad y calidad de los frutos cosechados, visiblemente se notaron respuestas positivas, el cual para esta variable se realizaron 12 cortes durante el periodo productivo y al final de los muestreos se hizo una sumatoria total de los frutos cosechados por planta.

Al realizar un análisis de varianza para esta variable de respuesta, se encontró altamente significativo al 1%. el mayor numero de frutos cosechados por planta se registro en el tratamiento 3 (testigo). Con una media de 132.5 frutos, seguido del tratamiento 2, con 118.1 frutos y por ultimo el tratamiento 1, con 93.3 frutos cosechados respectivamente.

Pero al realizar la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1% para esta variable, se observó que los ambientes 3 y 2 en el muestreo total, se comportaron estadísticamente iguales pero superando al ambiente 1, con 99% de confianza, como se muestra en el Cuadro 4.8. También apreciándose en la Fig.4.7 el comportamiento total del número de frutos cosechados por planta en el cultivo de chile habanero variedad Uxmal.

Cuadro 4.8. Comparación de medias del total frutos cosechados por planta por el método de Tukey al 1%

Tratamiento	Medias
T3	132.5 a
T2	118.1 a
T1	93.3 b

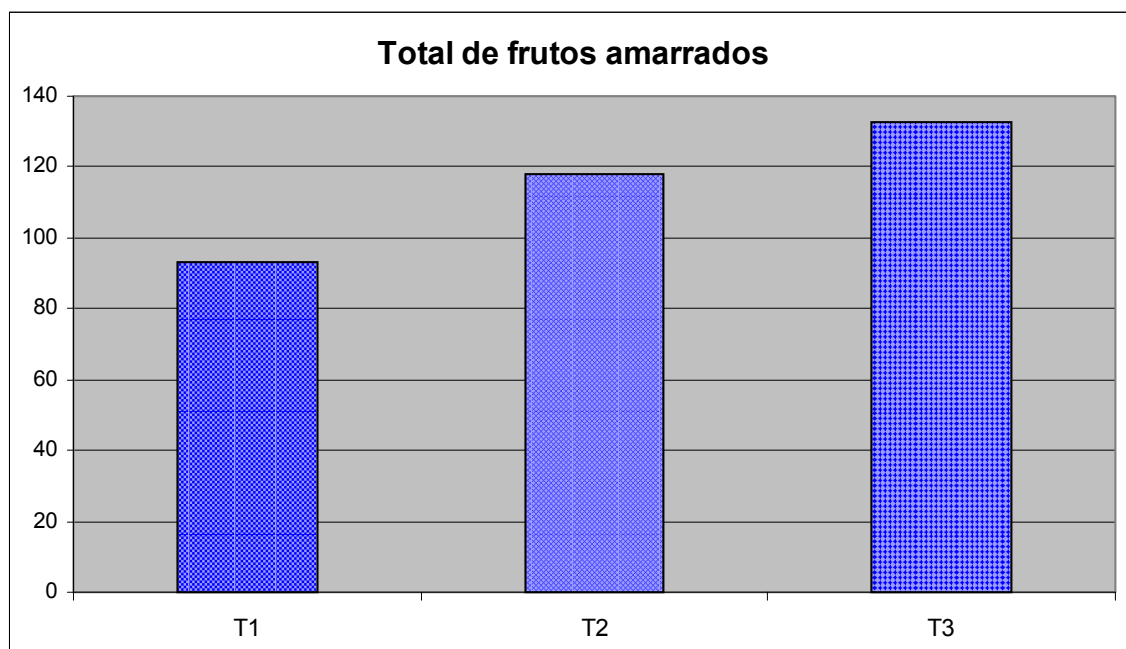


Fig.4.7. Número de frutos amarrados por planta en 12 cortes durante la producción del Chile habanero.

Diámetro de los frutos

Para la variable de respuesta diámetro de frutos de chile habanero se tomo como muestra representativa de 10 frutos por repetición, por lo tanto 60 frutos por tratamiento. El cual se realizaron 12 cortes y en cada corte se tomo su respectivo diámetro del mismo, y al final de los muestreos se hizo una media del total.

En esta variable se realizó un análisis de varianza, se encontró altamente significativo al 1%. el mayor diámetro de frutos por planta se registro en el tratamiento 1, con una media de 3.05 cm, seguido del tratamiento 2, con 2.41 cm y por ultimo el tratamiento 3, con 2.15 cm respectivamente.

Pero al realizar la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1% para esta variable, se observo que el ambiente 1 supera a los ambientes 2 y 3 en el muestreo final, ya que estos dos últimos se comportaron estadísticamente iguales, con 99% de confianza, como se muestra en el Cuadro 4.9. también apreciándose en la Fig.4.8 el comportamiento del diámetro de frutos cosechados por planta en el cultivo de chile habanero.

Cuadro 4.9. Comparación de medias del diámetro de frutos cosechados por planta por el método de Tukey al 1%

Tratamiento	Medias
T1	3.05 a
T2	2.41 b
T3	2.15 b

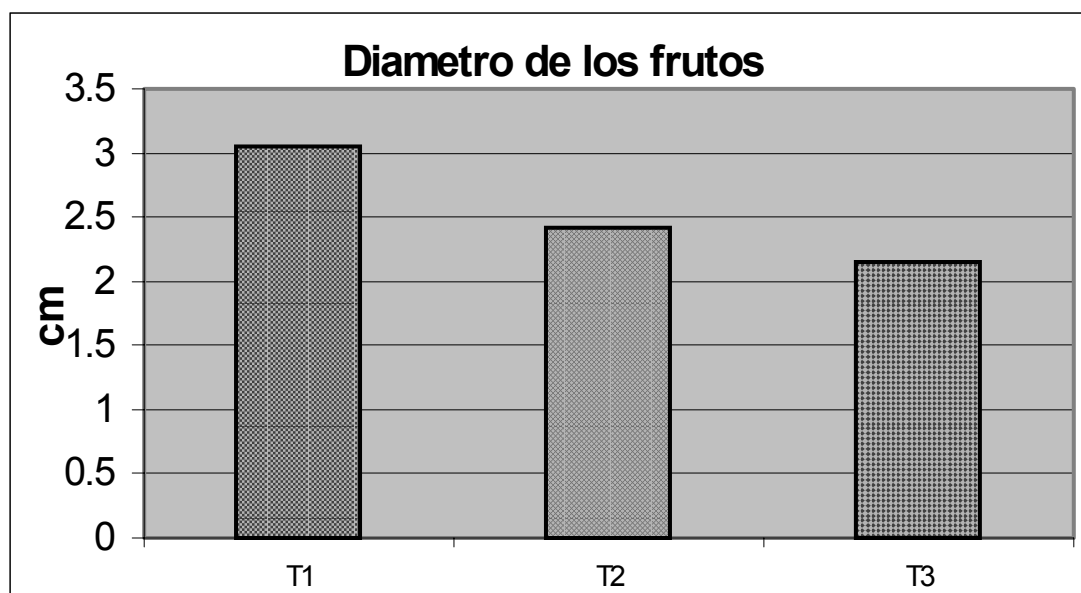


Fig.4.8. Comportamiento del diámetro de los frutos de Chile habanero (Var. Uxmal).

Longitud de los frutos

Para la variable de respuesta longitud de frutos de chile habanero, se realizó el mismo procedimiento como el de diámetro de frutos. Para el muestreo final se realizó un análisis de varianza y no se encontró significancia, por lo que se dice que los tratamientos se comportaron estadísticamente iguales al 1%. por lo tanto no se hace la prueba de comparación múltiple de medias. se observó que el tratamiento 1 fue el que reportó mayor longitud de frutos, para observar el comportamiento de esta variable se aprecia gráficamente en la Fig.4.9.

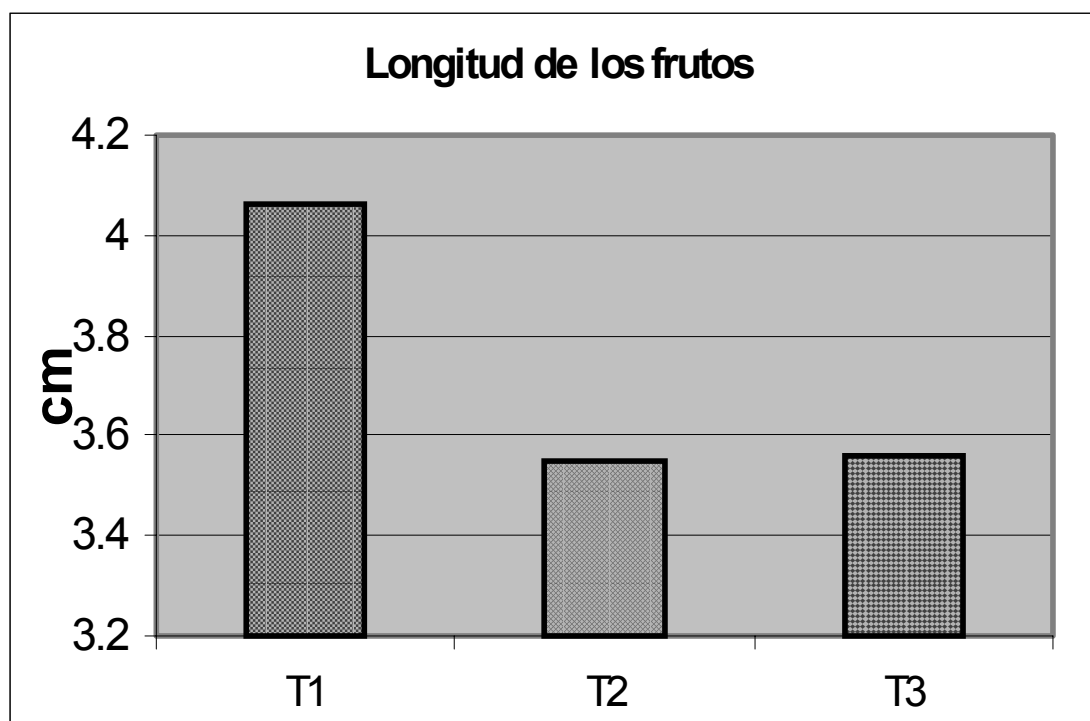


Fig.4.9 El comportamiento de la longitud de los frutos en el cultivo de Chile habanero (Var. Uxmal).

Rendimiento

La cosecha se inicio cuando se comenzaron a observar el pintado de los frutos, ya que es el color característico de esta especie. Se inicia con el pintado de color naranja en la base del fruto y 24 horas después se torna completamente del color antes mencionado.

Durante el ciclo productivo del cultivo de chile habanero, se realizaron 12 cortes, obteniendo una sumatoria del total de muestreos o cortes, Cabe señalar que los datos obtenidos se registraron en gramos por planta.

Para la variable de respuesta rendimiento total, se realizó un análisis de varianza, se encontró altamente significativo al 1%, el mayor rendimiento se encontró en el tratamiento o ambiente 1, con una media general de 511.2617 gr/planta, seguido de tratamiento 3, con 435.7467 gr/planta y por ultimo el tratamiento 2, con 415.6367 gr/planta respectivamente.

Pero al realizar la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1% para esta variable, se observo que el ambiente 1 en el muestreo total, supera a los ambientes 3 y 2, ya que estos últimos se comportaron estadísticamente iguales, con 99% de confianza, como se muestra en el Cuadro 4.10 el comportamiento de las medias obtenidas, también apreciándose en la Fig.4.10 el comportamiento del rendimiento total en gr/planta de frutos cosechados por planta en el cultivo de chile habanero variedad Uxmal.

Cuadro 4.10 Comparación de medias del rendimiento total en gr/planta de frutos cosechados por el método de Tukey al 1%

Tratamiento	Medias
T1	511.2617 a
T3	435.7467 ab
T2	415.6367 b

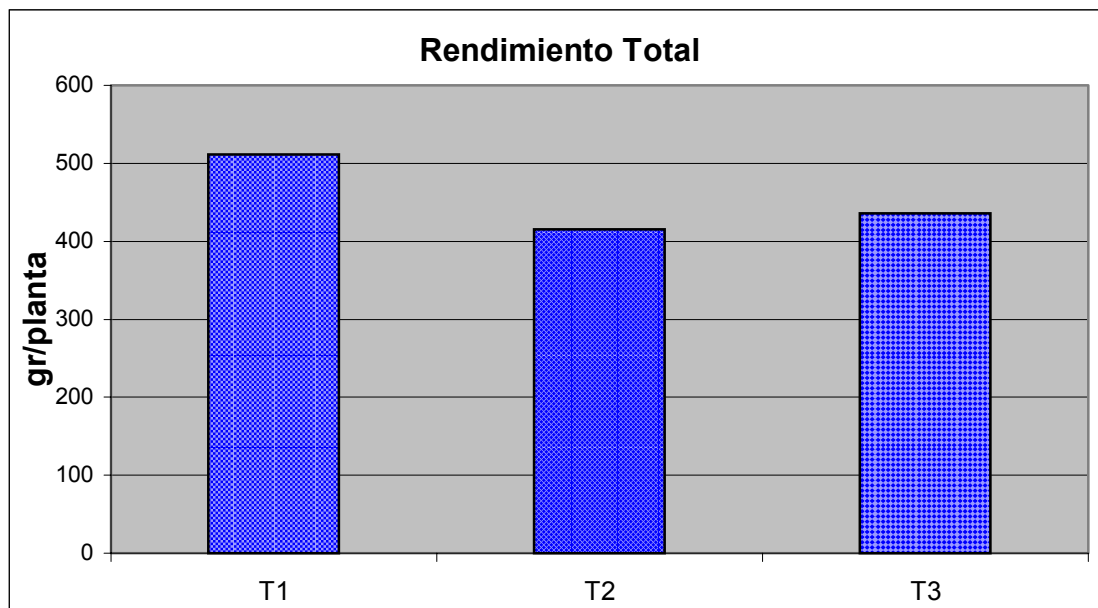


Fig.4.10. El Comportamiento del rendimiento total durante el ciclo de producción del cultivo de Chile habanero.

El ambiente en que se desarrolla un cultivo tiene una influencia directa sobre su comportamiento en las diferentes etapas fonológicas. Entre los diferentes factores del ambiente, la luz y la temperatura tienen gran influencia sobre el desarrollo del cultivo del chile habanero, debido a que tienen influencia sobre la actividad fotosintética de las plantas y esto a su vez repercute en el rendimiento y calidad del fruto.

Correlaciones

Realizando las correlaciones múltiples entre las variables de respuesta, se encontró altamente significativo para la variable altura contra cobertura, número de flores totales y número de flores abortadas, esto quiere decir que al aumentar la altura de las plantas por consiguiente aumentan dichas variables. Pero al correlacionar la variable altura contra número de frutos cosechados, se encontró significativa y negativa, esto quiere decir que no necesariamente al

aumentar la altura de las plantas aumentara el numero de frutos cosechados. Correlacionando la variable altura contra las variables diámetro de frutos, longitud de frutos y rendimiento no se encontró significancia.

Para la variable cobertura de plantas contra numero de flores totales, se encontró significancia, esto al aumentar la cobertura por consiguiente incrementa el numero de flores. Correlacionando cobertura contra flores abortadas se, encontró altamente significativo, esto quiere decir que al aumentar la cobertura de las plantas aumenta el numero de flores abortadas en el chile habanero, y correlacionando la misma variable contra frutos cosechados se encontró significativa y negativa, quiere decir que al aumentar la cobertura de plantas no necesariamente aumenta el numero de frutos cosechados, en ocasiones disminuye, y encontrando no significativo al comparar las variables, diámetro de frutos, longitud de frutos y rendimiento respectivamente

Correlacionando la variable numero de flores totales contra la variable numero de flores abortadas, se encontró altamente significativo, quiere decir que al aumentar el numero de flores producidas por planta aumenta la cantidad de flores abortadas , ya que esta planta tiene un mecanismo de regulación de carga, y encontrándose no significativo al comparar las variables, frutos cosechados, diámetro de frutos, longitud de frutos y rendimiento respectivamente.

Al correlacionar la variable flores abortadas no se encontró significancia con las variables frutos cosechados, diámetro de fruto, longitud de fruto y rendimiento.

La variable frutos cosechados se encontró altamente significativo y negativo contra la variable diámetro, al aumentar los frutos cosechados disminuye el diámetro y en ocasiones la longitud, y no significativo contra el rendimiento.

Al correlacionar la variable diámetro de frutos contra longitud de frutos, se encontró altamente significativo, al aumentar el diámetro de frutos por consiguiente incrementa la longitud y por consiguiente el rendimiento.

Pero correlacionando las variable longitud de frutos contra rendimiento, se encontró no significativo., ver A3 (apéndice).

CONCLUSIONES

Al observar la gráfica de las fluctuaciones de temperatura Fig.4.1 por ambiente (tratamiento) se observa que el ambiente con mayor fluctuación es el tratamiento 3 (intemperie) y se puede detectar que las mayores fluctuaciones de temperatura ocurrieron en los primeros 55 días del cultivo, en el resto del ciclo las fluctuaciones se encontraron en un rango de entre 20 – 25 °C en promedio. En los tratamientos 1 y 2 las fluctuaciones de temperatura son menores sobre todo en el tratamiento uno en donde la temperatura se mantiene más uniforme a lo largo del ciclo del cultivo estando entre 26 y 27 °C en promedio.

En la gráfica sobre intensidad lumínica Fig.4.2 se observa que el ambiente en el que hubo más intensidad lumínica fue el tratamiento 3 (intemperie) existiendo mucha variación a lo largo del ciclo del cultivo, en los tratamientos 1 y 2 la intensidad lumínica fue menor pero las fluctuaciones a lo largo del ciclo fueron menos marcados, esto puede ser ocasionado por las cubiertas de invernadero que difunden más uniformemente la luz al interior de estos.

En la variable altura de plantas el tratamiento que más altura registro fue el ambiente 2, seguido por el ambiente 1 y el ultimo fue el ambiente 3, esto se relaciona con la mayor variación de temperatura en este ultimo ambiente y no tanto con la intensidad lumínica.

Lo mismo pasa con la cobertura ya que tuvieron el mismo comportamiento los tratamientos y también esto es una respuesta más a la temperatura que a la iluminación.

En las variables numero de flores totales y numero de flores abortadas el comportamiento de los tratamientos fue igual siendo el tratamiento 2 el que más flores produjo pero fue el que más aborto ya que las plantas tiene un mecanismo de regulación de carga y no todas las flores que se producen amarran.

Para la variable frutos amarrados el tratamiento que más frutos amarro fue el ambiente 3 y fue el que menos flores produjo, sin embargo en cuanto a las variables diámetro de fruto, longitud de fruto y rendimiento fue más bajo que el tratamiento 1, este fue el que menos frutos amarro pero fueron los de mejor calidad y se obtuvo el mejor rendimiento.

Por lo que se concluye que el mejor ambiente fue el tratamiento 1(invernadero de vidrio) y esto es una respuesta a una mejor temperatura con rango entre 26 y 27 °C en promedio y una aceptable iluminación, observándose que la respuesta de la planta de chile habanero fue más por la temperatura que por la luminosidad.

LITERATURA CITADA

Adams C.R. 1989. Principios de Hortofruticultura, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza España. Pag. 23-30.

Alpi A. 1999. cultivo en invernadero, ediciones Mundi-prensa México.

Bolaños H. A. 1998. Introducción a la olericultura. Editorial (EUNED) San José Costa Rica.

Boswell,V.R.1937. improvement and genetics of tamatoes, peppers, and agplant. USDA. Yearbook of agriculture 1937: 176-206.

Denisen E. L. 1991. fundamentos de Horticultura. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México D.F.

Dwyer, L. M., D.W. Stewart, D. Balchin L. Houwing, C.J. Marur and R.I. Hamilton, 1989. Photosyntetic rates of six corns during development. Agron. J. 81: 597-602.

Ehlers, W. 1989. Transpiration efficiency of oat. Agron. 81: 810.

Erwin A.T. 1929. A systematic study of the peppers (*Capsicum frutescens* L.) Proc. Amer. Soc. Hort. Sci: 26: 128-131.

Folquer F. 1976. El tomate. Estudio de la planta y su producción comercial. Edit. Hemisferio sur. S.R.J. Buenos Aires Argentina.

Gosselin, A. et mare J. Trudel. 1985. Interaction entre the temperatures racinaires et nocturnes sur le development foliare et the capacite photosyntetique of plants of tomate CV. Vendor. Can J. Plant Sci. 65: 185-192.

Heber, U.S. Neimains and O.L. Lange.1986. Stomatal aperture, Photosynthesis and water fluxes on mesophyll cell as affected by the abscission of leaves. Simultaneous measurements of gas exchange, light scattering and chlorophyll fluorescence. Plant . 167: 554-562.

Hernando,V. 1987. Relation hip between nutrient absorbtion in the vegetative cycle and net photosynthesis in tomato plants depending of climatic factors. Journal of plant nutrition. 10: 9-16; 1613-1622.

INIA_SARH, 1984. Guia para producir chile habanero en suelos arables de yucatan.}

Informe especial. 1986. Como producir chile habanero en la zona henequera,

Lips, S.H., E.O. Leidi, M. Silberbush, M.I.M. soares and O.E.M. Lewis. 1990. Physiological aspect of ammonium and nitrate fertilization. Journal of plant nutrition, 13(10): 1271-1289.

Mojarro B. 1996. Revista., Productores de Hortalizas.

Presente y futuro del chile en México, SARH-INIA.1984.

Quatter, S.R.J. Jones, R.K. Crooksten and M. Kajeiou. 1987. Effect of drought on water relations of development corn cultivar during development. Agron. J. 81: 597-602.

Ramírez L.M.C. 1981. ITA No.5 China Campeche.

Ramos E. y Rayo L. 1992. Nueva Horticultura, tecnología y economía de los sistemas horticolas intensivos. Ediciones Mundi-prensa, Madrid España.

Salisbury F.B. y Ross C.W. 1994. Fisiologia vegetal, editorial Iberoamérica, México D.F.

Valadez L. A. 1998. Producción de hortalizas. Noriega editores México. Pág. 186.

Zuriban S.1992. Comisión Nacional de Alimento, Instituto Nacional de la Nutrición.

APÉNDICE

A1. Concentración de datos de la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1%, realizada para cada muestreo en la variable de respuesta altura de plantas.

Fechas	No. Días	T1	T2	T3	CV %
15-05-01	0	--	--	--	--
22-05-01	7	15.52a	14.08a	13.00a	13.63
29-05-01	14	21.33a	15.50 b	14.00 b	14.24
05-06-01	21	23.17a	17.67 b	14.58 b	13.76
12-06-01	28	24.58a	24.00a	15.00 b	11.51
19-06-01	35	26.42a	22.58a	16.75 b	13.11
26-06-01	42	29.33a	28.33a	17.42 b	13.86
03-07-01	49	32.33a	31.17a	17.75 b	15.30
10-07-01	56	36.50a	35.83a	18.17 b	17.57
17-07-01	63	42.83a	46.83a	22.00 b	20.60
24-07-01	70	51.67a	54.83a	26.00 b	19.88
31-07-01	77	51.83a	55.33a	27.67 b	18.89
07-08-01	84	58.33a	61.33a	30.00 b	16.37
14-08-01	91	65.00a	69.83a	33.50 b	15.28
21-08-01	98	66.00a	73.83a	35.17 b	15.67
28-08-01	105	72.17a	81.50a	36.67 b	16.25

A2. Concentración de datos de la prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 1%, realizada para cada muestreo en la variable de respuesta cobertura de plantas.

Fechas	No. Días	T1	T2	T3	CV %
15-05-01	0	--	--	--	--
22-05-01	7	189.50 a	120.33 a	111.67 a	36.32
29-05-01	14	269.92 a	149.83 ab	127.33 b	38.03
05-06-01	21	349.25 a	187.83 ab	127.33 b	37.06
12-06-01	28	335.50 a	208.67 ab	129.33 b	30.57
19-06-01	35	412.75 a	362.50 a	133.63 b	28.65
26-06-01	42	547.17 a	573.00 a	137.18 b	27.52
03-07-01	49	663.00 a	707.50 a	235.67 b	29.98
10-07-01	56	836.50 a	839.50 a	420.00 b	27.60
17-07-01	63	1411.33a	1382.00a	629.33 a	41.70
24-07-01	70	1989.33a	1675.67ab	894.50 a	37.21
31-07-01	77	2418.50a	2039.17a	930.00 b	23.24
07-08-01	84	3501.83a	2589.00a	1131.33 b	28.21
14-08-01	91	5330.67a	5193.50a	1373.33 b	24.41
21-08-01	98	5780.50a	6094.00a	1774.17 b	20.34
28-08-01	105	8516.67a	9442.17a	1996.50 b	20.31

A3. Correlaciones múltiples entre las variables de respuesta

X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
66	8000	332	239	93	3.4	4.5	488.43
65	9000	264	166	98	3.2	4.3	469.89
81	7680	354	255	99	3.1	4.1	553.00
94	9500	390	298	92	2.8	3.9	511.26
55	8370	339	231	108	3.0	3.7	575.99
72	8550	315	245	70	2.8	3.9	469.00
95	11000	654	536	118	2.3	4.3	426.29
79	4489	480	377	103	2.7	3.6	367.04
83	9450	534	401	133	2.4	3.4	478.85
82	8464	403	285	118	2.4	3.3	415.64
63	10700	598	466	132	2.5	3.6	430.27
87	11550	472	367	105	2.2	3.1	375.73
45	1890	324	183	141	2.5	3.8	458.76
35	1764	298	166	132	2.0	3.1	435.75
35	1935	353	216	137	1.8	3.0	415.76
33	2160	341	201	140	2.2	3.7	475.24
35	1980	297	164	133	2.2	3.7	360.86
37	2250	282	170	112	2.2	4.1	468.11

DEFICIENTES DE CORRELACIÓN Y SIGNIFICANCIA

$$r(1-2)= 0.8470^{**}$$

$$r(1-3)= 0.6000^{**}$$

$$r(1-4)= 0.7060^{**}$$

$$r(1-5)=-0.5413^{*}$$

$$r(1-6)=0.4075NS$$

$$r(1-7)=0.1975NS$$

$$r(1-8)=0.0712NS$$

$$r(2-3)=0.5792^*$$

$$r(2-4)=0.6775^{**}$$

$$r(2-5)=0.5004^*$$

$$r(2-6)=0.4536\text{NS}$$

$$r(2-7)=0.2130\text{NS}$$

$$r(2-8)=0.1925\text{NS}$$

$$r(3-4)=0.9838^{**}$$

$$r(3-5)=0.1590\text{NS}$$

$$r(3-6)=-0.1657\text{NS}$$

$$r(3-7)=-0.1073\text{NS}$$

$$r(3-8)=-0.2644\text{NS}$$

$$r(4-5)=-0.0209\text{NS}$$

$$r(4-6)=-0.0431\text{NS}$$

$$r(4-7)=-0.0222\text{NS}$$

$$r(4-8)=-0.2132\text{NS}$$

$$r(5-6)=-0.6856^{**}$$

$$r(5-7)=-0.4756^*$$

$$r(5-8)=-0.3000\text{NS}$$

$$r(6-7)=0.6957^{**}$$

$$r(6-8)=0.4255^*$$

$$r(7-8)=0.4255$$

NS = correlación no significativa al nivel de 0.05

* = correlación significativa al nivel de 0.05

** = correlación significativa al nivel de 0.01

numero de datos= 18

variable 1 = Altura de plantas

variable 2 = Cobertura de plantas

variable 3 = Número de flores totales

variable 4 = Número de flores abortadas

variable 5 = Número de frutos amarrados

variable 6 = Diámetro de frutos

variable 7 = Longitud de Frutos

variable 8 = Rendimiento

A4. Altura de plantas en el muestreo final a los 105 días después del trasplante en el cultivo de chile habanero variedad uxmal.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	6714.773438	3357.386719	31.6005	0.000
Error	15	1593.671875	106.244789		
total	17	8308.445313			

C.V. = 16.25%

A5. Cobertura de plantas en el muestreo final a los 105 días después del trasplante en el cultivo de chile habanero.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	192144512.0	96072256.0	39.8898	0.000
Error	15	36126592.0	2408439.5		
Total	17	228271104.0			

C.V. = 23.53%

A6. Número de flores totales.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	159885.0	79942.50000	22.0173	0.000
Error	15	54463.0	3630.899902		
total	17	214348.5			

C.V. = 15.43%

A7. Número de flores abortadas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	160099.00	80049.50000	24.5436	0.000
Error	15	48922.75	3261.516602		
total	17	209021.75			

C.V. = 20.70%

A8. Número de frutos amarrados.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	4712.328125	2356.164063	16.0672	0.000
Error	15	2199.671875	146.644791		
total	17	6912.000000			

C.V. = 10.56%

A9. Diámetro de frutos.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	2.564445	1.282223	27.5415	0.000
Error	15	0.698341	0.046556		
total	17	3.262787			

C.V. = 8.50%

A10. Longitud de frutos.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	1.034454	0.517227	3.5239	0.055
Error	15	2.201675	0.146778		
Total	17	3.236130			

C.V. = 10.28%

A11. Rendimiento.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	30502.0	15251.000000	8.3575	0.004
Error	15	27372.5	1824.833374		
total	17	57874.5			