



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ingeniería  
Maestría en Ciencias (Ingeniería de Biosistemas)

EFFECTO DE LA RADIACIÓN EN EL DESARROLLO FENOLÓGICO, RENDIMIENTO Y CALIDAD EN POLICULTIVO: CHILE, JITOMATE, MAÍZ, FRIJOL Y AMARANTO EN CONDICIONES DE INVERNADERO

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestro en Ciencias (Ingeniería de Biosistemas)

**Presenta:**

Sonia Guadalupe Díaz Vázquez

**Dirigido por:**

Dr. Ramón Gerardo Guevara González

**SINODALES**

Dr. Ramón Gerardo Guevara González  
Presidente

Firma

Dr. Irineo Torres Pacheco  
Secretario

Firma

M.C. Adán Mercado Luna  
Vocal

Firma

M.C. Oscar Alatorre Jácome  
Suplente

Firma

Dr. Enrique Rico García  
Suplente

Firma

Dr. Aurelio Domínguez González  
Director de la Facultad

Dr. Irineo Torres Pacheco  
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Enero del 2012  
México

## RESUMEN

Los sistemas de policultivo surgieron desde las culturas prehispánicas. Estos sistemas tienen muchas ventajas a comparación de los sistemas de monocultivo como la biodiversidad, control de plagas y enfermedades, entre otros. Actualmente se están retomando los policultivos debido a que se busca tener una agricultura sustentable. En este trabajo se evaluaron los sistemas de policultivo compuesto por cinco especies (chile, jitomate, maíz, frijol y amaranto), dado que tienen gran valor nutracéutico, y son de mayor consumo en México. Esto bajo condiciones de invernadero para analizar diferentes niveles de radiación solar, y así evaluar el desarrollo de las plantas y la calidad de los frutos. Los resultados mostraron que no existe un nivel de radiación adecuado para todas las especies en conjunto.

En el jitomate los resultados muestran que entre mayor radiación haya, mayor es el desarrollo de la planta. Sin embargo, los frutos tienen un mayor rendimiento en el 50 % de radiación.

En el chile y maíz el 100% de radiación es el más favorable para el desarrollo tanto en la planta como en los frutos. En el elote el 50% de radiación tubo buena respuesta, pues la cantidad de proteínas es mayor.

Para el frijol existe un mayor desarrollo de las plantas y un mayor rendimiento en los frutos en el 20% de radiación.

Para el amaranto el 100% de radiación fue el mejor tratamiento tanto como desarrollo de la planta como el rendimiento y en el 20% de radiación fue donde se vio el menor desarrollo.

**(Palabras clave:** Policultivo, radiación solar, maíz, frijol, jitomate, chile, amaranto, malla sombra, invernadero)

## SUMMARY

The polyculture systems emerged from pre-Hispanic cultures. These systems have many advantages above monoculture systems such as biodiversity, pest and disease control, among others. Currently, polycultures are reintroduced for getting a sustainable agriculture. In this project, we work with five species (chili, tomatoes, corn, beans and amaranth) ; because they have great value as nutraceuticals, are most consumed in Mexico. These five species were analysed under greenhouse conditions by measuring different levels of solar radiation, and thus assess plants growth and fruits quality. The results showed that there is no radiation level suitable for all species together

In tomato, the results show that the higher radiation, the greater is the development of the plant. However, the fruits have a higher yield at 50% of radiation.

The chili and corn 100% of radiation is the most favorable for development in both the plant and the fruit. In the corn you tube radiation 50% good response, because the amount of protein is greater.

For beans there is an increased plant growth and increased fruit yield in 20% of radiation.

For amaranth 100% of radiation was the best treatment as well as plant growth and yield and 20% of radiation was where he was the least development

**(Key words:** Polycropping, solar radiation, bean, corn, tomato, chilli, amaranth, greenhouse)

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia Y Tecnología por darnos la oportunidad de seguir superándonos profesionalmente para el desarrollo de nuestro país.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por brindarme la oportunidad de estudiar un posgrado.

A todas las personas que directa o indirectamente fueron participes en el proyecto.

# INDICE

	Página
Resumen.....	i
Summary.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Indice.....	vi, v
Indice de cuadros.....	vi
Indice de figuras.....	vii, viii
<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1 Justificación.....	1
1.2 Descripción del Problema .....	1
1.3 Hipótesis.....	2
1.4 Objetivos .....	2
1.4.1 Objetivo general .....	2
1.4.2 Objetivos particulares.....	2
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 El cambio climático.....	3
2.2 Sistemas de policultivos .....	3
2.3 Invernaderos .....	5
2.4 Radiación solar.....	6
2.4.1 La radiación solar en invernaderos .....	9
2.5 Mallas de sombreo o malla sombra .....	10
2.6 Características de las especies.....	10
2.6.1 Maíz ( <i>Zea mays</i> ).....	11
2.6.1.1 Fenología del maíz.....	12
2.6.2 Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) .....	14
2.6.2.1 Desarrollo fenológico en frijol .....	14
2.6.3 Jitomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> ) .....	15
2.6.4 Chile ( <i>Capsicum annuum</i> ).....	17
2.6.5 Amaranto ( <i>Amaranthus spp</i> ) .....	18
2.7 Variables de respuesta.....	18
<b>III. METODOLOGIA .....</b>	<b>20</b>
3.1. Área de estudio .....	20
3.1.1 Especificaciones del invernadero.....	21
3.1.2 Sistema de cultivo .....	21
3.2 Variedades de las especies .....	23
3.1.3 Producción de plántula.....	25
3.1.4 Solución nutritiva .....	27
3.1.4 Medición de la radiación.....	28
3.1.5 Diseño experimental.....	29

3.2.1 Manejo Cultural .....	29
3.2.1 Métodos de Medición para las variables de respuesta .....	30
3.2.2 Calidad de los frutos.....	32
3.2.3 Análisis de laboratorio .....	34
3.2.3.1 Determinación de la cantidad de fibra en el ejote .....	34
3.2.3.2 Cantidad de flavonoides en el jitomate y en el chile .....	35
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>35</b>
4.1 Desarrollo fenológico.....	35
4.2 Calidad de fruto .....	40
<b>V. CONCLUSIÓN</b> .....	<b>43</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>44</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>45</b>
<b>APENDICE</b> .....	<b>49</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
2.1	Etapas fenológicas del maíz	13
3.1	Solución nutritiva etapa de crecimiento	27
3.2	Solución nutritiva en etapa de floración	28
4.1	Promedios de altura, diámetro y número de nodos en jitomate	36
4.2	Pesos de los frutos	41
4.3	Cantidad de proteína en el elote	42
4.4	Fibra en el ejote	42
4.5	Porcentajes de radiación solar	43

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
2.1 Espectro de luz.	9
3.1 Google maps 2011. Ubicación del lugar de estudio	20
3.2 Cubierta del invernadero.	21
3.3 Construcción de surcos	21
3.4 Sistema de riego.	22
3.5 Topología	22
3.6 Maíz sembrado	23
3.7 Frijol sembrado	24
3.8 Chile sembrado	24
3.9 Jitomate sembrado.	25
3.10 Amaranto sembrado	25
3.11 Germinación de plántula	26
3.12 Transplante de jitomate y chile.	26
3.13 Siembra de maíz, frijol y amaranto	27
3.14 Habitáculos	28
3.15 Sensor y Datalogger de radiación solar	29
3.16 Polinización	30
3.17 Poda en jitomate y chile.	30
3.18 Medición de altura	31
3.19 Medición de diámetro.	31
3.20 Medición de clorofila.	32

3.21	Número de nodos	32
3.22	Pesos de frutos en jitomate	33
3.23	Pesos de frutos en chile	33
3.24	Pesos de elote.	33
3.25	Pesos en amaranto	34
3.26	Pruebas para el ejote .	34
3.27	Determinación de flavonoides totales	35
4.1	Gráfica de altura total	37
4.2	Gráfica de diámetro.	38
4.3	Número de nodos	39
4.4	Gráfica de clorofila	41

## **I. INTRODUCCION**

### **1.1 Justificación**

Las prácticas agrícolas han ido cambiando a lo largo del paso del tiempo (Osorio, 2008). Con el concepto de policultivo entra un concepto de agricultura sostenible, el cual no es un concepto nuevo, sin embargo no se le ha prestado la atención necesaria para explotarlo. No existen actualmente datos sobre producciones en sistemas de policultivo en cielo abierto y mucho menos en condiciones protegidas para los casos de jitomate, chile, maíz y frijol, intercalados. En el diseño y manejo de los sistemas de policultivo bajo invernadero, una de las estrategias es reducir al mínimo la competencia y obtener la máxima complementariedad de las especies en la mezcla. Con este trabajo se pretende conocer las condiciones necesarias para tener mejores producciones en policultivos. Aprovechar la energía de la radiación solar para el crecimiento y desarrollo de las plantas ( Malézieux, 2008, Altieri, 2002).

### **1.2 Descripción del Problema**

A nivel mundial, la agricultura es la actividad que demanda grandes proporciones de tierra y agua en los países que la practiquen. A partir de los avances de la agricultura y sus aportes a la economía es necesario saber que a partir de los años sesenta del siglo XX, la sociedad mundial inició un proceso de observación y reflexión acerca de los efectos negativos en el manejo de los recursos naturales por el uso excesivo de sustancias químicas, empleadas en la agricultura para el combate de plagas y enfermedades, así como para mejorar la fertilidad de los suelos (Calva y Álvarez, 2007). El cambio climático ha traído grandes consecuencias como el desfase de la época de lluvia, lo que lleva como consecuencia que no haya una determinada época de siembra. Por lo tanto la principal consecuencia de estos sucesos es la escasez de alimentos y el alza en los precios de los alimentos básicos.

Actualmente los productores dependen de un solo cultivo y este puede ser afectado por diferentes factores como problemas de sanidad, fenómenos

meteorológicos o de mercado. Por lo que los sistemas de policultivo son una alternativa interesante que pueden ser utilizados para disminuir estos problemas.

No existen datos sobre producciones en sistemas de policultivo en cielo abierto y mucho menos en condiciones protegidas para los casos de jitomate, chile, maíz y frijol, intercalados. Por lo que no existe tecnología suficiente sobre policultivos bajo condiciones de invernadero.

Es necesario aprovechar al máximo los recursos naturales, la radiación solar es la fuente principal de energía de las plantas, es necesario encontrar un nivel de radiación favorable para los policultivos de maíz, frijol, jitomate, chile y amaranto.

A pesar de que la agricultura es un área de oportunidades constante no se le ha prestado la atención necesaria, y para que un país pueda ser autosustentable, necesita producir su propio alimento para su población, y para la producción masiva de alimentos necesitamos implementar tecnología.

### **1.3 Hipótesis**

Existe un nivel de radiación que determina el adecuado desarrollo fenológico y rendimiento de las especies de maíz, frijol, chile, jitomate y amaranto en policultivo bajo condiciones de invernadero.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar niveles de radiación que permitan el desarrollo fenológico, rendimiento y calidad del fruto adecuados en un sistema de policultivo de chile, jitomate, maíz y frijol bajo condiciones de invernadero.

#### **1.4.2 Objetivos particulares**

- Medir el efecto de la radiación en el desarrollo fenológico de policultivo de chile, jitomate, maíz y frijol bajo condiciones de invernadero.

- Evaluar el efecto de la radiación en el rendimiento de policultivo de chile, jitomate, maíz y frijol bajo condiciones de invernadero.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 El cambio climático**

El cambio climático ha traído graves consecuencias para el planeta, como la escases de alimentos. En un mundo globalizado es inaceptable que la gente muera de hambre. Para lo que es necesario que los agricultores modernicen sus prácticas y que el suministro de alimento sea de mayor calidad y cantidad, sin dañar el medio ambiente en que vivimos (Osorio, 2008).

Actualmente en la mayoría de los países, los sistemas alimentarios dependen de un subsidio energético importante para la producción, procesamiento y distribución de los alimentos. Para esto el empleo de policultivos mejoró la eficiencia energética (Arias, 2005).

### **2.2 Sistemas de policultivos**

Los policultivos se definen como el crecimiento simultáneo de dos o más especies de cultivo en el mismo campo (Andrews y Kassam, 1976). El propósito de los policultivos es el de generar beneficios interacciones biológicas entre los cultivos. Los policultivos pueden aumentar los rendimientos, un uso más eficiente de los recursos disponibles, reduciendo las presiones de malezas, insectos y enfermedades y proporcionar una mayor estabilidad biológica y económica (Vandermeer, 1989).

Las principales ventajas agronómicas de los policultivos son un mayor rendimiento, mayor capacidad de calidad, mayor de adaptarse a situaciones de estrés climático y biótico, debido a la protección y el apoyo mutuo entre las especies consociadas (Trenbath, 1976). Estas ventajas se derivan de la mejora en la utilización de los recursos ambientales (nutrientes, agua y radiación solar),

cuando la competencia entre especies es más débil que la competencia intraespecífica (Caporali *et al.*, 1998).

Los policultivos son un sistema en el que se plantaron más de una especie de planta en una parcela de tierra en un año determinado, también conocido como los cultivos intercalados, intercalado, policultivos, los cultivos mixtos, o de cultivos múltiples. Esto abre una variedad de posibilidades que se pueden dividir en dos grupos principales: cultivo secuencial y el cultivo intercalado. De cultivo secuencial se presenta cuando dos o más variedades se plantan en una parcela de tierra dada durante el mismo año. Se trata de cultivos que se superpone en el espacio, pero no en el tiempo. En algunas regiones, el cultivo secuencial puede producir cuatro cosechas al año. El cultivo intercalado se produce cuando dos o más variedades están creciendo al mismo tiempo en una determinada parcela. Se trata de cultivos múltiples que se superpone en el tiempo y el espacio, lo que permite una gran variedad de diseños. Los cultivos intercalados son los cultivos múltiples que se superpone en el tiempo y el espacio, lo que permite una gran variedad de diseños. Con el tiempo, dos o más culturas se pueden plantar de manera simultánea o por separado (Dewar, 2007).

El uso de policultivo tiene un mayor impacto positivo en los elementos medibles en la agro-productividad, ya que mejora la fertilidad del suelo, reduce la erosión y el ataque de plagas, enfermedades y malezas, aumenta el reciclaje de los nutrientes del suelo, aumenta los rendimientos por área, aumenta la eficiencia del uso del suelo, reducir los costos y una mayor rentabilidad económica (Arias, 2005;. Malezieux *et al.*, 2007). Las razones son principalmente que los recursos tales como agua, luz y nutrientes se puede utilizar con más eficacia que en los respectivos sistemas de cultivo utilizados única con más eficacia que en la planta respectiva (Li *et al.*, 2006).

Utilización eficiente de los recursos del medio ambiente es una de las ventajas más importantes de la cosecha de varios. El principio subyacente de un mejor uso de los recursos en los cultivos varios, es que si los cultivos difieren en la forma de utilizar los recursos ambientales cuando crecen juntos pueden

complementarse entre sí y hacer un mejor uso combinado de recursos que cuando se cultivan por separado (Willey, 1990).

Cereales y leguminosas intercalados juega un papel importante en la producción de alimentos de subsistencia en los países desarrollados y en desarrollo, especialmente en situaciones de recursos limitados de agua (Tsubo *et al.*, 2005). Uso de los recursos del medio ambiente es considerado como la base biológica para la obtención de ventaja en el rendimiento (Willey, 1979). Sin embargo, la cubierta vegetal persistente y mínimo disturbio del suelo, lo que minimiza la erosión, es la base para el desarrollo de la "agricultura de conservación", incluyendo tanto la labranza mínima y el uso de cultivos de cobertura en sistemas de cultivos anuales. La frecuente presencia de profundas perennes en los ecosistemas naturales, una de las ventajas de que es permitir que el agua más complementaria y el uso de nutrientes por las plantas, ha llevado a los sistemas forestales de numerosos productos agrícolas que existen en el mundo. De manera más general, la biodiversidad sigue siendo la base para la agricultura tradicional en los trópicos y los sistemas de múltiples especies todavía proporcionan alimento para la mayoría de los agricultores pobres en los países en desarrollo (Malezieux *et al.*, 2007;. Dewar, 2007).

### **2.3 Invernaderos**

Los invernaderos son una construcción agrícola de estructura metálica, usada para el cultivo y protección de plantas, con cubierta de película plástica translúcida que no permite el paso de la lluvia al interior y que tiene por objetivo reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en el interior. Los invernaderos pueden contar con un cerramiento total de plástico en la parte superior y malla en los laterales (NMX-E-255-CNCP-2008). El cultivo en invernadero permite prolongar el período de producción de las hortalizas, frutales y plantas ornamentales protegiéndolas de condiciones

ambientales adversas como bajas temperaturas y precipitaciones descontroladas contribuyendo a un exitoso manejo de los cultivos, mejorando su productividad y la calidad de los cultivos (Cobos, 2008). En invernaderos se aprovecha la alta irradiancia que incide todo el año en la mayor parte del territorio nacional y la plasticidad de las plantas, se ha trabajado sobre la conformación más adecuada del dosel de plantas (arquitectura del follaje) para captar mayor cantidad de radiación solar y así lograr un rendimiento económico mayor (Galicia *et al.*, 2004).

La producción de hortalizas en México bajo condiciones de invernadero se ha incrementado notablemente durante los últimos años. El uso de invernaderos es una opción que ha tomado fuerza. Esta forma de producción responde a las nuevas exigencias y permite al horticultor producir con más consistencia, mejor calidad, mayor rendimiento unitario, un período más amplio de cosecha y sobre todo mayor eficiencia económica en el uso del agua. La implementación de la producción hortícola en invernadero disminuye el riesgo de la producción, aumenta la rentabilidad del sector productivo; además, genera fuente de empleo, disminuye la contaminación ambiental y daños a la salud (Grijalva *et al.*, 2003). Además el cultivo bajo invernaderos permite prolongar el período de producción de las hortalizas frutales y plantas ornamentales protegiéndolas de condiciones ambientales adversas como bajas temperaturas y precipitaciones descontroladas, contribuyendo a un exitoso manejo de los cultivos, mejorando su productividad (Matallana, 2001).

Entre las ventajas que existen al cultivar en invernadero como es aumentar la productividad por hectárea, genera empleos directos, por lo que es de importancia para la sociedad (SAGARPA, 2009).

## **2.4 Radiación solar**

La radiación solar no solo es la energía que impulsa la productividad de los cultivos por el proceso de la fotosíntesis, sino que también determina el uso del agua por el proceso involucrado en la evaporación y la transpiración. La mejora de la productividad por unidad de radiación incidente puede ser resultado de la adopción de un sistema de cultivo.

La radiación solar es un recurso importante para determinar el crecimiento y rendimiento de los cultivos intercalados en el componente, sobre todo cuando otros recursos (por ejemplo, agua y nutrientes) se ven muy limitados en el crecimiento de los cultivos. La complementariedad espacial del uso de la luz en el cultivo intercalado se produce debido a las diferencias del dosel (Willey, 1990).

Durante el día, parte de la radiación incidente total sobre el techo del invernadero se pierde por reflexión y la otra es absorbida por el material del techo. El resto entra en el refugio, donde se absorbe una fracción del mismo por la vegetación, el suelo y los componentes estructurales del efecto invernadero, y otra es reflejada por los mismos elementos, en esta última parte se va a perder la atmósfera exterior y algunos se conserva en el de efecto invernadero. Hay más de 20 factores importantes para el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Los más importantes son: la alimentación, las malas hierbas, plagas y enfermedades, la temperatura y la luz o radiación solar (Caldari, 2007).

La radiación solar es la fuente de energía utilizada por las plantas para el proceso de fotosíntesis mediante el cual las plantas se desarrollan, producen y crecen de materia vegetal (Caldari, 2007). Parte del material vegetal es el producto de la cultura, es decir, el fruto, hoja, tallo o raíz. Existe una relación directa entre la cantidad de radiación solar recibida por el cultivo y la cosecha. Como el crecimiento y rendimiento de los cultivos está relacionada con la cantidad de radiación solar recibida durante el período de crecimiento (Hernández *et al.*, 2001).

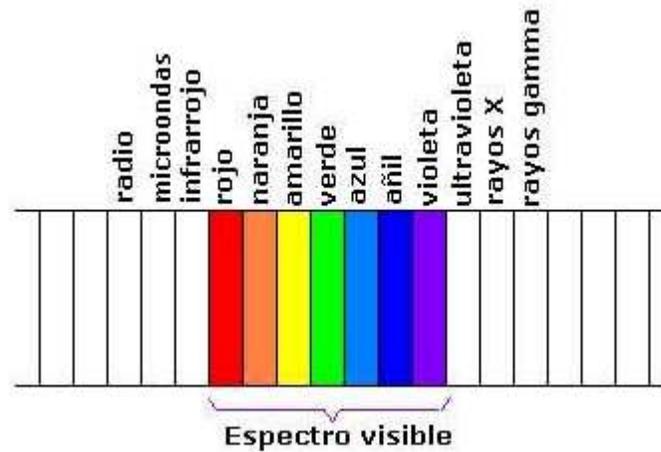
La radiación solar proporciona la energía para los procesos fotosintéticos que final que se propuso la posibilidad de que la productividad de los cultivos. Radiación fotosintéticamente activa, la banda de frecuencias del espectro de 0,4 a 0.7um que es utilizado por las hojas verdes (Keating y Carberry, 1993). Aproximadamente el 48% de la radiación solar incidente corresponde a la radiación fotosintética activa (PAR), el resto de la radiación solar absorbida por las hojas producen efectos térmicos, que afectan la temperatura de las hojas y la tasa de transpiración (Jones, 1992).

El efecto de una baja disponibilidad de la radiación visible es la reducción de la fotosíntesis y el suministro de fotosintatos a la producción de biomasa (Hernández *et al.*, 2001).

La planta de hojas la luz del sol para la fotosíntesis de intercepción (Caldari, 2007). Esto significa que el máximo rendimiento de un cultivo es una función directa de su índice de área foliar óptimo, que es la cantidad de hojas necesarias para interceptar el 95% de la radiación incidente, que está determinada por la densidad de población. Los valores inferiores o superiores de la tasa óptima de área foliar disminuye el rendimiento del cultivo. Como las culturas han de desarrollar el área foliar suficiente para una máxima absorción de la radiación (Zermeño *et al.*, 2005).

La eficiencia fotosintética es mayor con niveles bajos de radiación porque las hojas están saturados por la radiación cuando se expone a la luz solar (Caldari, 2007).

Las propiedades espectrales de la copa de los cultivos dependen de la densidad y distribución espacial de las hojas y pueden ser evaluadas por el índice de reflectividad, capacidad de absorción y transmisividad, que corresponden a la fracción de radiación incidente reflejada, absorbida y transmitida (Jones, 1992). Así que la radiación dentro de un dosel del cultivo es la función más importante de la regulación de diferentes procesos fisiológicos. La absorción de la radiación interceptada por el follaje del cultivo y sus efectos sobre procesos fisiológicos han sido delineadas en los diferentes cultivos (Sarika *et al.*, 2010). El aumento de la densidad de plantas para aumentar la capacidad de absorción de la radiación fotosintéticamente activa al mismo tiempo, el aumento de la reflectividad de la radiación solar total para reducir los efectos térmicos de la radiación solar diferentes bandas de radiación fotosintética activa (PAR), sin inducir un efecto negativo de la radiación RFA por déficit el exceso de plantas (Zermeño *et al.*, 2005). En cultivos múltiples es una competencia vital para la energía solar entre las múltiples culturas.



**Figura 2.1 Espectro de luz**

#### **2.4.1 La radiación solar en invernaderos**

La radiación solar es la principal fuente de energía de entrada al invernadero, la mayor parte es absorbida por la planta en sí, un pequeño porcentaje es absorbido por el suelo y algunos de la estructura del invernadero. La intensidad de la luz solar puede ser reducido por las pantallas y las pantallas de sombreado. El objetivo normal de uso de un material de sombreado no es la reducción de la luz, pero el exceso de temperatura, ya que dicho fallo es más perjudicial para el crecimiento del cultivo, cuando la temperatura es alta. Debido a que la luz del sol se convierte en calor cuando llega la cosecha, sombra artificial se utiliza también como la primera fase de enfriamiento. Estos sistemas se utilizan con el fin de excluir a la luz del sol por varias horas durante el día (Caldari, 2007). Con el uso de sistemas de cubiertas y el sombreado automático es posible variar el balance radiactivo desde el punto de vista fotosintético en forma de calor. El uso de estas pantallas se aumenta la producción de hasta un 30%, gracias a la capacidad de gestionar el calor recogido durante el día y la extendió y mantenerlo durante la noche (Zermeño *et al.*, 2005).

## **2.5 Mallas de sombreo o malla sombra**

El control de la radiación solar pueden ser las mallas de sombreo, el principal objetivo de estas mallas es limitar los excesos de temperatura resultante de un incremento de la radiación neta en el cultivo. Estas pueden disminuir tanto la radiación infrarroja como la fotosintéticamente activa correspondiente al espectro visible. El sombreamiento permanente de un invernadero, aunque permite atenuar los picos de temperaturas máximas, también puede ser causal de una disminución en la producción, debido a que el rendimiento potencial de un cultivo disminuye en proporción a la pérdida relativa de luz debida al sombreamiento (Bouzo *et al.*, 2005). Las mallas de sombreo, utilizadas en la agricultura se designaron para permitir un mejor control de los niveles de irradiación de acuerdo a los requisitos específicos de diversas plantas en las distintas fases de desarrollo, y de las distintas estaciones en diferentes regiones climáticas. Debido a esto existen diferentes tipos de mallas de sombreado (Zari, 2006).

## **2.6 Características de las especies**

En México, productos como el maíz, frijol, jitomate y el chile no solo son tradicionales, sino también un elemento de identificación cultural, sino que son básicos para explicar la dieta alimentaria de ayer, hoy y muy probablemente del futuro (SIAP, 2004).

Actualmente, el Maiz (*Zea mays L.*), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Así mismo, el cultivo más importante en México, cada año se siembran 8.5 millones de hectáreas, lo que representa 60% de la producción total de granos (Espinosa *et al.*, 2008).

El frijol es uno de los cultivos más importantes en México con base al área de siembra, la producción obtenida, su aportación a la alimentación humana y la cantidad de empleos generados por su cultivo (Sánchez *et al.*, 2001).

El jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) Es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel mundial y de las más ampliamente cultivadas en

invernadero (Sanchez, 2009). Es una especie de gran importancia económica a nivel mundial. En la actualidad, se ha convertido en una de las hortalizas más populares y cultivadas en todo el mundo (Medina, *et al.*, 2008).

De origen mexicano y signo de la identidad nacional. El género *Capsicum*, incluye más de 30 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, probablemente en el área Bolivia- Perú, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7.000 años, y desde donde se habría diseminado a toda América. Al menos cinco de sus especies son cultivadas pero, en el ámbito mundial (Cobos, 2008).

### **2.6.1 Maíz (*Zea mays*)**

Actualmente el maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total. El maíz (*Zea mays L.*), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Conocido con varios nombres comunes; el más usado dentro de los países anglófonos es maize, excepto en los Estados Unidos de América y Canadá, donde se le denomina corn. En español es llamado maíz, en francés maïs, en portugués milho y en el subcontinente hindú es conocido como makka o makki (Cobos, 2008). Es fundamental en la alimentación de los mexicanos, así mismo, el cultivo más importante en México, cada año se siembran 8.5 millones de hectáreas, lo que representa 60% de la producción total de granos; brinda 59% de la energía necesaria (1,363 kilocalorías) y 39% de la proteína (29 gramos); sin embargo, no proporciona suficiente lisina y triptofano, aminoácidos esenciales para las funciones metabólicas, el crecimiento y el desarrollo de todos los animales. (Espinoza *et al*, 2004). Pertenece a la familia de las Poaceae (Gramíneas), Es una planta C4 con una alta tasa de actividad fotosintética Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados cortantes, las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos

nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias, la Inflorescencia; El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina vulgarmente denominadas espigón o penacho de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. La inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral. Requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C (Ascencio, 2000).

#### **2.6.1.1 Fenología del maíz**

La escala más utilizada para describir el desarrollo del cultivo de maíz es la de Ritchie y Hanway (1982), que utiliza caracteres morfológicos externos. En ellas se pueden distinguir dos grandes períodos: el vegetativo y el reproductivo. El período vegetativo se subdivide en estadíos identificados con la letra V y un subíndice, que señala el número de orden de la última hoja completamente expandida, al momento de la observación.

Las etapas de crecimiento se pueden agrupar en cuatro grandes períodos:

- Crecimiento de las plántulas (etapas VE y V1)
- Crecimiento vegetativo (etapas V2, V3... Vn)
- Floración y la fecundación (etapas VT, R0, y R1)
- Llenado de grano y la madurez (etapas R2 a R6)

**Cuadro 2.1 Etapas fenológicas del maíz**

Etapa	Tiempo (días)	Características
VE	5	El coleoptilo emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
Vn		Es visible el cuello de la hoja número “n”. (“n” es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; “n” generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una “línea de leche” cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente alrededor de 35%.

El tiempo representa el número aproximado de días después de la siembra en tierras bajas tropicales, donde las temperaturas máxima y mínima pueden ser de 33°C y 22°C, respectivamente. En los ambientes más fríos, se amplían estos tiempos. (CIMMYT, 2010)

## **2.6.2 Frijol (*Phaseolus vulgaris*)**

En la actualidad el frijol, a nivel internacional, resulta ser un producto de menor significación en cuanto a volumen, su importancia trasciende como fuente de alimento y sustituto de otros nutrimentos en la sociedad, sobre todo en países donde el ingreso per cápita limita la adquisición de bienes de alto valor proteico pero de mayor valor económico. En México con base al área de siembra, la producción obtenida, su aportación a la alimentación humana y la cantidad de empleos generados por su cultivo (Sánchez *et al.*, 2001). La producción de frijol en el mundo se concentra en 129 países de los cinco continentes. En América Latina la especie *Phaseolus vulgaris* se ha registrado con distintos nombres, cuando se consume el grano seco lo identifican como fríjol, frisol, fréjol, frejol, habichuela, poroto, caranota, chuwi, habilla, judía, alubia. Al ser ingerido Como legumbre se le denomina chaucha, habichuela, vainita y tabla. En Europa el ayacote mexicano<sup>27</sup> [grano pequeño] es identificado como *phaseolus*, *lunatus*, *coccineus*, *acutifolios*, *calcaratus*, *angularis*, *vayós*, *fagiuoli*, *fasiolos*, *fresol*, *frijon*, *judía*, *phasioli*, *vicia*, *vigna*, *canavalia*, *dolichos*, *cajanus* y *soya* (Reyes *et al.*, 2008).

El ciclo vegetativo del frijol puede variar entre 80 (variedades precoces) y 180 días (variedades trepadoras). Dicho lapso se encuentra determinado sobre todo por el genotipo de la variedad, hábito de crecimiento, clima, suelo, radiación solar y fotoperiodo (Reyes *et al.*, 2008). El frijol común seco o *Phaseolus vulgaris*, es la leguminosa más importante de alimentos para el consumo directo en el mundo. Tiene uno de los más altos niveles de variación en el hábito de crecimiento, las semillas características (tamaño, forma, color), la madurez, y la adaptación (Cobos, 2008).

### **2.6.2.1 Desarrollo fenológico en frijol**

Durante el desarrollo de la planta ocurren cambios morfológicos y fisiológicos que sirven para identificar las etapas del desarrollo del cultivo, los cambios pueden ser cuantitativos como número de hojas, vainas y semillas, peso de materia seca, entre otros; también ocurren cambios cualitativos como son el

proceso de diferenciación, cambios estructurales y fisiológicos, los cuales forman parte de eventos sucesivos del desarrollo en las plantas.

La descripción de la fenología depende de la aparición de los eventos, bajo condiciones determinadas y de la metodología o sistema que se utilice en la descripción de las fases y etapas (Fernández *et al.*, 1985). El rendimiento y sus componentes asociados con el resultado del desarrollo del cultivo y sus valores pueden variar de acuerdo a las relaciones genotipo-ambiente-suelo-manejo.

Los racimos, formados por la agrupación de vainas, presentan variación en su número. Las vainas también varían en su cantidad por planta. La longitud de las vainas.

La diferenciación de los eventos morfológicos y fisiológicos del frijol mungo en fases y etapas depende de las características del cultivo, condiciones agroecológicas y el manejo del cultivo. La información que se obtenga de cada evento de desarrollo enriquecerá la descripción y caracterización morfológica y agronómica de los cultivares, y beneficiará la planificación y la aplicación oportuna de labores de cultivo como la siembra, fertilización, riego, etc (Infante *et al.*, 2003). Loomis y Williams (1963) estiman la productividad máxima de un cultivo, con una radiación de 20.092 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> y pérdida por respiración de 33%., en 71 g m<sup>-2</sup>. Calculan que con esta productividad neta solo puede lograrse un PAR del 12%.

### **2.6.3 Jitomate (*Lycopersicum esculentum*)**

El jitomate es sin duda el preferido en la producción de alimentos, ya que ocupa el tercer lugar en cuanto a volumen de producción mundial, según la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, por su fácil manejo en los invernaderos o en cultivos hidropónicos y por su alto contenido en licopeno en beneficio de la salud (Osorio, 2008). En varios tratados se considera a México como el centro de domesticación del cultivo al ser utilizado como alimento cotidiano dentro de la dieta de sus habitantes. Su origen del género *Lycopersicom* se localiza en la región andina, que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos (Linares,

2004). Pertenece a la familia de las Solanáceas. Es una planta de tipo arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas) (Linares, 2004); El nombre "tomate" viene del lenguaje náhuatl de México y las variantes han seguido al jitomate en su distribución por el mundo (Espinoza, 2004). Su sistema radicular raíz principal (corta y débil) que puede alcanzar hasta 60 cm de profundidad, las raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias, las que, principalmente se desenvuelven entre los 5 y 70 cm de la capa del suelo (Linares, 2004; Espinoza, 2004). Tallo principal; tiene un grosor que oscila entre 2-4 cm. en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, en las axilas de las hojas del tallo principal surgen los tallos secundarios que son eliminados mediante poda para una buena conformación de la planta. Tienen un crecimiento indeterminado o determinado por un racimo floral (Linares, 2004; Espinoza, 2004). Su hoja está compuesta con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado- en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se distribuyen de forma alternativa sobre el tallo (Espinoza, 2004). El jitomate es una planta hermafrodita que presenta flores bisexuales en forma de racimo simple, la flor es regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos de igual número de pétalos color amarillo (Linares, 2004). Luminosidad necesaria en jitomate son valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (Caldari, 2007).

El sistema de producción de jitomate en invernadero que normalmente se practica en Holanda, Canadá, Estados Unidos y por varias empresas en México, es altamente tecnificado y costoso; consiste en el uso de variedades de hábito de crecimiento indeterminado con frutos de tipo esférico (bola). (Vázquez, *et al.*, 2007). Es sin duda la principal hortaliza gracias a la cual México ha desarrollado la industria hortofortícola. El cultivo de jitomate es pionero, ya que su desarrollo en

el norte del país ah sido ascendente desde mediados de los años sesentas (Macias, 2003).

El factor que más afecta el desarrollo vegetativo, es la iluminación diaria total. El valor mínimo, para floración y cuajado, se sitúa en torno a los 235 Wh/m<sup>2</sup> de radiación total diaria. La calidad de la luz y el fotoperiodo, son secundarios, aunque le afecta desfavorablemente que sea inferior a 12 horas.

El tomate requiere días soleados para el buen desarrollo de la planta y lograr una coloración uniforme en el fruto. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta así mismo reduce la absorción de agua y nutrientes. Las zonas productoras deben tener de 1,000 a 1,500 horas luz al año o 14 a 16 MJ/m<sup>2</sup> por día (4.44 wh/ m<sup>2</sup>) (FAO, 2007; Aceves *et al.*, 2008; Castellanos, 2011)

#### **2.6.4 Chile (*Capsicum annuum*)**

El chile es un cultivo que requiere para su desarrollo temperaturas templadas y calientes, el clima para el cultivo del chile debe de ser cálido pues su desarrollo no es el adecuado si se produce en temperaturas por debajo de los 10°C y por arriba de 35°C. Es moderadamente resistente a la acidez y a la salinidad del suelo. En condiciones adecuadas la planta mide entre 30 y 80 centímetros de altura y el fruto presenta características variadas: dulce o picante según el estímulo gustativo que provoca; rojo, anaranjado, verde, blanco o purpúreo según el grado de madurez; verde, en conserva, seco, en polvo, en pasta o en condimento según el consumo. El secreto se encierra en numerosas semillas y venas donde se concentra, en mayor o menor medida, la sustancia picante llamada capsicina (SIAP, 2010).

El chile se adapta a diferentes tipos de suelo, pero se desarrolla mejor a profundidades de 30 a 60 centímetros y en suelos franco arenosos, franco limosos o franco arcillosos, con alto contenido de materia orgánica. Para favorecer su desarrollo es recomendable un pH superior a 5.5 grados de acidez. El pH es determinante para la asimilación de nutrientes, entre ellos el nitrógeno, vital para el cultivo y presente en algunos tipos de fertilizante (SIAP, 2010). La luminosidad

necesaria en especies de chile pueden ser es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración (Caldari, 2007).

El chile junto con el maíz, frijol y calabaza fueron la base de la alimentación de las culturas Mesoamericanas. México es el país del mundo que posee mayor genética de chile en el mundo pero no es el productor más importante (Latournerie *et al.*, 2001).

### **2.6.5 Amaranto (*Amaranthus spp*)**

El amaranto es una planta perteneciente al género *Amaranthus* (familia *Amarantaceae*), es un cultivo marginal en México que por su calidad en proteína en el grano tiene grandes perspectivas de desarrollo tanto en México como en el mundo (Breene, 1991; Wu *et al.*, 2000), es una planta con metabolismo fotosintético tipo C4, con amplia diversidad genética, alta productividad, y se adapta a diferentes condiciones edafoclimáticas, especialmente a suelos secos y altas temperaturas (Omami *et al.*, 2006). Comprende de más de 60 especies distribuidas en zonas tropicales y subtropicales (Marcone *et al.*, 2003; Olivares y Peña, 2009) es un cultivo que puede ser una alternativa productiva para los agricultores que siembran en zonas de temporal en el centro de México, debido a que es un cultivo resistente a sequía (Islas y Islas, 2001).

Existen cerca de 20 especies del género *Amaranthus* en México que crecen en forma silvestre (Mapes, 1986). Dos de ellas *A. hypochondriacus* L. y *A. cruentus* L. fueron domesticadas por algunos grupos étnicos prehispánicos de México, quienes las utilizaban como parte de su dieta alimenticia y de sus rituales religiosos (Alejandre y Gómez, 1986, 1999; Granados y López, 1986).

## **2.7 Variables de respuesta**

- Tamaño de la planta (diámetro ecuatorial, peso, color de fruto).es un criterio importante de calidad ya que se puede determinar fácilmente ya sea mediante la medición del diámetro de la circunferencia, la longitud, el grosor, el peso o el volumen (Wills *et al*, 1999).

- Sólidos solubles totales. El contenido de sólido soluble de frutos de tomate es un parámetro que presenta gran variación en función del cultivar, nutrición de la planta, conductividad eléctrica de la disolución nutritiva, estrés hídrico, factores ambientales (alta densidad de luz foto periodos largos y tiempo seco en cosecha) y genéticos (Gonzalez *et al.*, 2004).
- Carotenoides y licopeno. El licopeno es un pigmento vegetal, soluble en grasas, que aporta el color rojo característico a los tomates y a otras frutas y verduras. Pertenece a la familia de los carotenoides como el  $\beta$ -caroteno o la luteína, sustancias que no sintetiza el cuerpo humano, sino los vegetales y algunos microorganismos, debiéndolo tomar en la alimentación como micronutriente. Posee propiedades antioxidantes y actúa protegiendo a las células del organismo del estrés oxidativo producido por los radicales libres.

### III. METODOLOGIA

#### 3.1. Área de estudio

El área de estudio se ubica en el Campus Amazcala de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, en el municipio del Marqués, Querétaro. Que se localiza en el Suroeste del estado, entre los grados  $20^{\circ} 31'$  y  $20^{\circ} 58'$  de latitud Norte. Su longitud se encuentra entre los  $100^{\circ} 09'$  y los  $100^{\circ} 24'$  del Oeste a 1850 m sobre el nivel del mar. Colinda al Oeste con el municipio de Querétaro, al Norte con el estado de Guanajuato, al Este con el municipio de Colón y al Sur con los municipios de Huimilpan y Pedro Escobedo. Las carreteras disponibles para llegar el poblado de Amazcala son la carretera 57, la carretera a Chichimequillas y México libre. La temperatura media oscila entre los 18 y los  $24^{\circ}\text{C}$ , con un clima predominante subtropical, templado semiseco (INEGI, 2005).



Figura 3.1 Google maps 2011. Ubicación del lugar de estudio.

### 3.1.1 Especificaciones del invernadero

El experimento se realizó en un invernadero con dos naves de 9m de ancho por 24m, con una estructura metálica galvanizada, cubierto con plástico de polietileno, y con ventanas de malla antiáfidos, Figura 3.2.



**Figura 3. 2 Cubierta del invernadero**

### 3.1.2 Sistema de cultivo

Se construyeron 12 surcos de 0.30 m de ancho y 22 m de largo con una separación de 1.5 m entre surcos. Además, los surcos se cubrieron con acolchado de color blanco con perforaciones a cada 0.50 m, Figura 3.3.



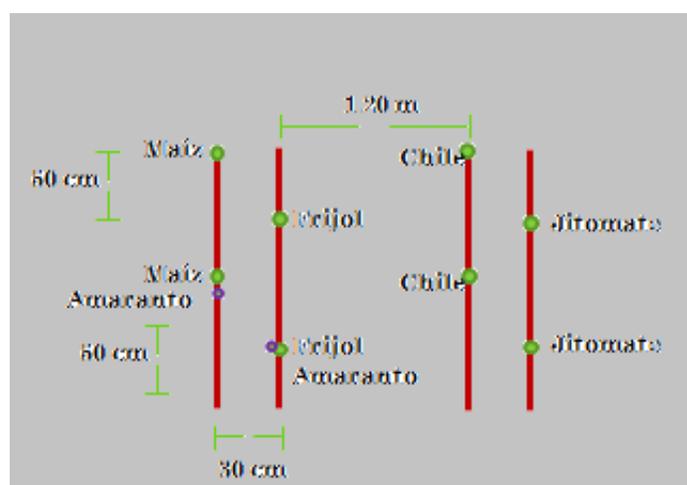
**Figura 3.3 Construcción de surcos**

Se cubrieron los pasillos con cover groud color blanco, y se instalo un sistema de riego por goteo, Figura 3.4.



**Figura 3.4 Sistema de riego**

El acomodo de las plantas fue a cada 0.50 metros de separación entre planta, en surcos de 0.30 metros de ancho y 1.20 metros de separación entre surcos, todos los surcos con doble hilera, en uno una hilera de jitomate y la otra hilera de chile, en el otro surco una hilera de maíz y la otra de frijol con amaranto intercalado en este surco, con un total de doce surcos, Figura 3.5.



**Figura 3. 5 Topología**

### 3.2 Variedades de las especies

De las cinco especies (maíz, frijol, chile, jitomate y amaranto) se sembraron las siguientes variedades:

Por el maíz fue la variedad sv222 (*Zea mays*) (synthetic varieties). Esta variedad sintética de maíz se obtiene de las mezclas de semillas, clones, líneas puras o bien híbridos entre ellos; con el objetivo de obtener las mejores características de las variedades de maíz, y así incrementar su adaptabilidad y producción, Figura 3.6.



**Figura 3.6 Maíz sembrado**

Por el frijol fue la variedad Frijol Marcela flor de junio (*Phaseolus vulgaris*). Es una variedad desarrollada con el método de mejoramiento genético (pedigri). El número de registro de esta variedad, otorgado por el servicio nacional de inspección y certificación de semillas (SNICS), es FRI-069-280597/C. Tiene un hábito de crecimiento indeterminado postrado, muestra una altura de dosel de 45 centímetros y las guías pueden alcanzar los 60 centímetros. Esta variedad tolera enfermedades como el virus del mosaico común y es moderadamente susceptible a la roya, la bacteriosis común y a la antracnosis (INIFAP, 2008).



**Figura 3.7 Frijol sembrado**

Por el chile ancho capulín fue la variedad R F1 (*Capsicum annuum*); Se utiliza esta variedad por ser una planta de la familia de las solanaceas, al igual que la patata o el jitomate.



**Figura 3. 8 Chile sembrado**

Por el jitomate saladette indeterminado fue la variedad híbrida el cid F1. El fruto es oval-redondo, de tamaño grande y extra-grande, de paredes gruesas



**Figura 3.9 Jitomate sembrado**

Por el amaranto fue la variedad nutrisol



**Figura 3.10 Amaranto sembrado**

### **3.1.3 Producción de plántula**

Para la producción de plántulas de jitomate y chile, se utilizaron 4 charolas de unicel de 200 cavidades, se utilizó peat moss y vermiculita para poner a germinar las semillas. Se pusieron 300 semillas de jitomate y 300 semillas de chile.



**Figura 3.11 Germinación de plántula**

El 10 de Julio de 2011 se hizo el trasplante de jitomate y chile en tres bolillos con una separación de 0.50 m entre planta a cada dos surcos, para obtener un total de seis.



**Figura 3.12 Transplante de jitomate y chile**

El 19 de Julio se hizo la siembra directa al suelo del maíz, frijol y amaranto se sembraron directamente en el surco, se puso la semilla y se espero a que germinara, las plantas emergieron a tres días después de la siembra.



**Figura 3. 13 Siembra de maíz, frijol y amaranto**

Se plantaron los especies en surcos intercalados, un surco con maíz y frijol y otro con jitomate y chile, con una separación de 0.50 metros entre planta.

### 3.1.4 Solución nutritiva

La solución nutritiva para el crecimiento de las plantas que se utilizó para todas las especies, fue la solución steiner 1984.

**Cuadro 3.1 Solución nutritiva etapa de crecimiento**

Elemento	Elemento Químico y Fórmula	Concentración p.p.m.
Nitrógeno	N	80
Fósforo	P	40
Potasio	K	140
Calcio	Ca	100
Azufre	S	93
Fierro	Fe	13.2
Magnesio	Mg	32
Zinc	Zn	14
Manganeso	Mn	13
Cobre	Cu	14
Boro	B	17.5
Ácido Sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98

La solución nutritiva que se utilizó para la etapa de floración de todas las especies fue la siguiente:

**Cuadro 3.2 Solución nutritiva en etapa de floración**

Elemento	Elemento Químico y Fórmula	Concentración p.p.m.
Nitrógeno	N	120
Fósforo	P	60
Potasio	K	140
Calcio	Ca	140
Azufre	S	93
Fierro	Fe	13.2
Magnesio	Mg	32
Zinc	Zn	14
Manganeso	Mn	13
Cobre	Cu	14
Boro	B	17.5
Ácido	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98

### 3.1.4 Medición de la radiación

Se colocaron 3 habitáculos (Figura 3.14) dentro del invernadero, con una estructura de PTR 1" (1.50 x 2.50 x 2 mts), cubiertos con mallas sombra de diferentes aperturas de 35, 50 y 80% de color negro. Las cuales nos ayudaron evaluar los diferentes niveles de radiación solar.



**Figura 3. 14 Habitáculos**

Se instalaron 3 sensores de radiación, marca Spectrum (Figura 3.15), dentro de cada habitáculo y uno más fuera, con un rango de 1-1500 w/m<sup>2</sup> y con una

precisión de +/-5%. Los datos se registraron en un datalogger de la marca Watchdog (Figura 3.16) cada 5 minutos durante 12 semanas.



**Figura 3. 15 Sensor y Datalogger de radiación solar**

### **3.1.5 Diseño experimental**

El factor estudiado fue la radiación solar con cuatro niveles diferentes de radiación de 65% de radiación, 50% de radiación, 20% de radiación y 100% de radiación con tres repeticiones, para lo cual se hizo un análisis estadístico completamente al azar.

$$Y = \mu + Et + \text{error}$$

Dónde:

$\mu$ = media

E= efecto de tratamiento

Se utilizó el programa estadístico JMP, en donde se hizo un análisis de varianza ANOVA y para la comparación de medias la prueba t de Tuckey

### **3.2.1 Manejo Cultural**

Se polinizaba por movimiento de las plantas con un generador de aire como muestra la Figura 3.16.



**Figura 3.166 Polinización**

La poda se hizo quitando los brotes en el Jitomate y en el Chiles. Para el Chile se dejó a dos tallos para un mejor manejo y para el Jitomate se dejó a cinco frutos cada racimo como en la Figura 3.17.



**Figura 3. 177 Poda en jitomate y chile**

### **3.2.1 Métodos de Medición para las variables de respuesta**

Para ver del desarrollo de las plantas se consideró la altura, el diámetro, el número de nodos y la cantidad de clorofila como variables de respuesta de cada una de las especies, en dónde se hicieron 12 mediciones semanales.

La Figura 3.18 muestra la medición de la altura de las plantas se utilizó un flexómetro, considerando desde la parte más baja del tallo hasta ápice, durante todo el desarrollo fenológico.



**Figura 3.18 Medición de altura**

La medición del diámetro se tomó en cuenta sólo la parte inferior del tallo con un vernier digital, Figura 3.19.



**Figura 3.19 Medición de diámetro**

Para la medición de la clorofila se hicieron 3 mediciones con un spad y se calculó el promedio por cada planta como muestra la Figura 3.20.



**Figura 3.20 Medición de clorofila**

Sin embargo, para determinar la cantidad de nodos semanal, se contaba cada nodo de cada planta, Figura 3.21.



**Figura 3.21 Número de nodos**

### **3.2.2 Calidad de los frutos**

Para analizar la calidad de los frutos sólo se consideraron las características físicas de peso y dimensiones de los mismos. Las mediciones se hicieron de acuerdo a la maduración de los frutos, utilizando una báscula digital, un vernier digital y una cinta métrica como se muestra en la Figura 3.22.



**Figura 3.22** Peso de los frutos de jitomate

Para la medición del fruto del chile se utilizó una báscula digital y una cinta métrica, Figura 3.23.



**Figura 3.23** Peso de los frutos de chile

Para el elote, solo se pesó en una báscula digital, Figura 3.24.



**Figura 3.24** Peso de elote

La semilla del amaranto se limpio y se peso en una báscula. (Figura 3.25)



**Figura 3.25** Peso en amaranto

### **3.2.3 Análisis de laboratorio**

#### **3.2.3.1 Determinación de la cantidad de fibra en el ejote**

La metodología para calcular la cantidad de fibra en el ejote fue siguiendo la norma AOAC1995, donde se determinó la cantidad de fibra soluble e insoluble. Figura 3.26.



**Figura 3.26** Pruebas para el ejote

### 3.2.3.2 Cantidad de flavonoides en el jitomate y en el chile

Para determinar el contenido de flavonoides totales en chile y jitomate se determinó mediante el ensayo de Liu y col. (2002).

La Figura 3.27 muestra la preparación de la curva de calibración. Se utilizó una solución estándar de catequina (0.1 mg/mL) de la cual se tomaron volúmenes de 0  $\mu$ L a 100  $\mu$ L en intervalos de 20  $\mu$ L.



**Figura 3.27 Determinación de flavonoides totales**

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Desarrollo fenológico

#### Jitomate

Los resultados de la altura muestran que el mayor desarrollo es en los tratamientos 65% y 100% de radiación, en el número de nodos los mejores tratamientos son los de 65% y 100% de radiación, y diámetro fue mayor en el tratamiento de 100% de radiación, para todas las variables el tratamiento de 20% de radiación todas las variables fueron menores, se muestra en el cuadro 4.1

## Chile

Es notorio el desarrollo de la planta en el tratamiento de 100% de radiación y el peor el de 20% de radiación.

## Frijol

La altura y el diámetro el mejor tratamiento es el de 20% de radiación, el número de nodos la mayor cantidad es en el tratamiento de 100% de radiación.

## Maíz

El mejor tratamiento es el de 100%, el tratamiento que presento menor desarrollo es el de 20%.

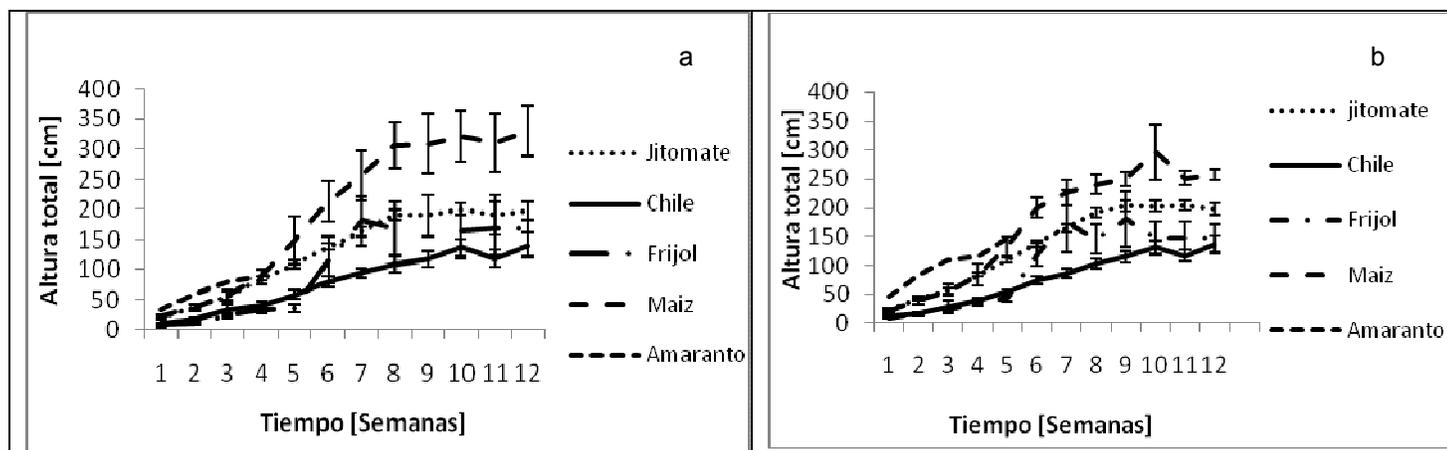
## Amaranto

En el amaranto se observo el mismo comportamiento que en el maíz, donde el mejor tratamiento es el de 100% de radiación y el peor es el de 20%. Para la mayoría de las especies la mayor cantidad de luz es favorable.

**Cuadro 4.1 Promedios de altura, diámetro y número de nodos en jitomate**

TRATAMIENTO	VARIABLE	JITOMATE	CHILE	FRIJOL	MAIZ	AMARANTO
65% Radiación	$\bar{X}$ Altura (cm)	197.06 A	137 A	147.0 D	257.0 B	113.39 B
50% Radiación		191 AB	117.62 B	216.0 AB	246.61 C	93.86CD
20% Radiación		119.06 B	119.01 B	236.5 A	189.0 D	58.33 E
100% Radiación		197.9 A	140.8 A	168.5 C	330.25 A	146.25 A
65% Radiación	$\bar{X}$ Diámetro (mm)	13.96 C	14.65 BC	8.34 B	24.46 B	17.26 B
50% Radiación		17.48 AB	15.29 B	8.63 B	20.04 C	13.27 C
20% Radiación		13.11 C	14.41 C	12.78 A	16.41 D	10.36 D
100% Radiación		20.48 A	21.208 A	10.14 A B	28.94 A	20.39 A
65% Radiación	$\bar{X}$ No. Nodos (Cant.)	31.53 A	47.4 A	26.4 BC	11.47 AB	112.74 C
50% Radiación		27.75 AB	34.76 AB	24.5385 C	10.92 B	70.6 DE
20% Radiación		26.78 B	26.06 B	31.2308 B	10.78 BC	74.5 D
100% Radiación		30.9 A	49.6 A	38.1 A	12.2 A	130.53 A

En las Figuras 4.1, 4.2 y 4.3 se muestran la altura, el diámetro y los números de nodos, respectivamente. Los tratamientos al 100 %, 65 %, 50% y 20 % de radiación corresponden a las gráficas “a”, “b”, “c” y “d” respectivamente. Se muestra que hubo un mayor desarrollo en las especies jitomate, chile, maíz y amaranto en el tratamiento al 100 % de radiación solar y un menor desarrollo al 20 % de radiación solar. Sin embargo, para la especie del frijol tuvo un mayor desarrollo de las plantas en los tratamientos donde había una menor radiación.



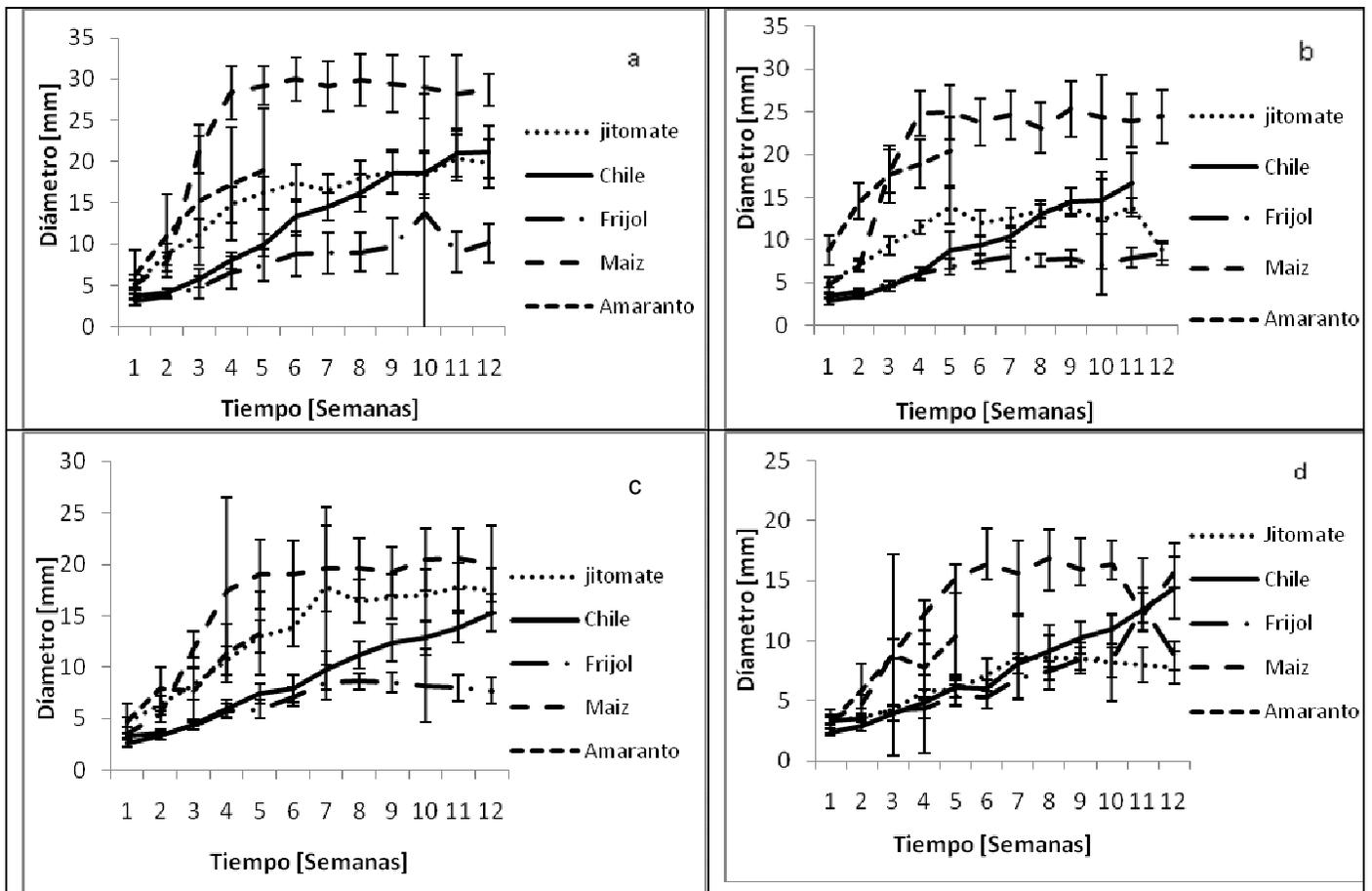
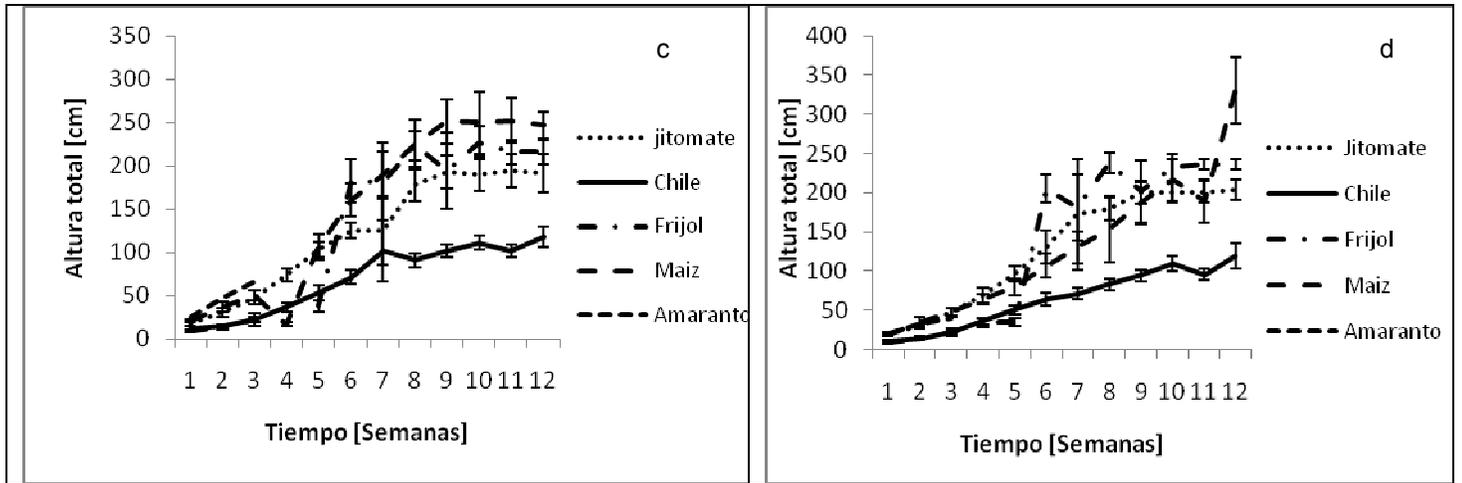


Figura 4.1 Gráfica de altura total

Figura 4.2 Gráfica de diámetro

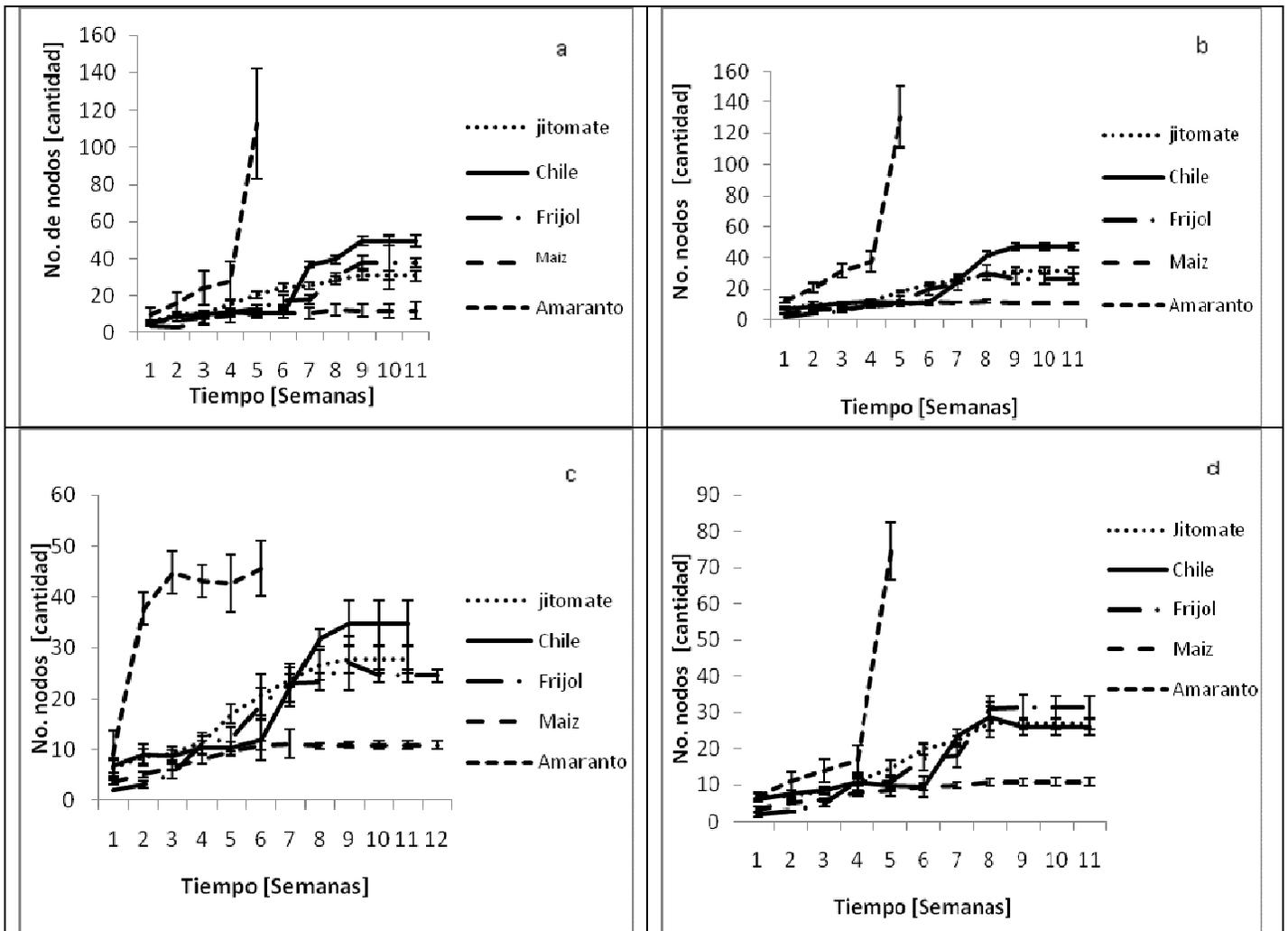


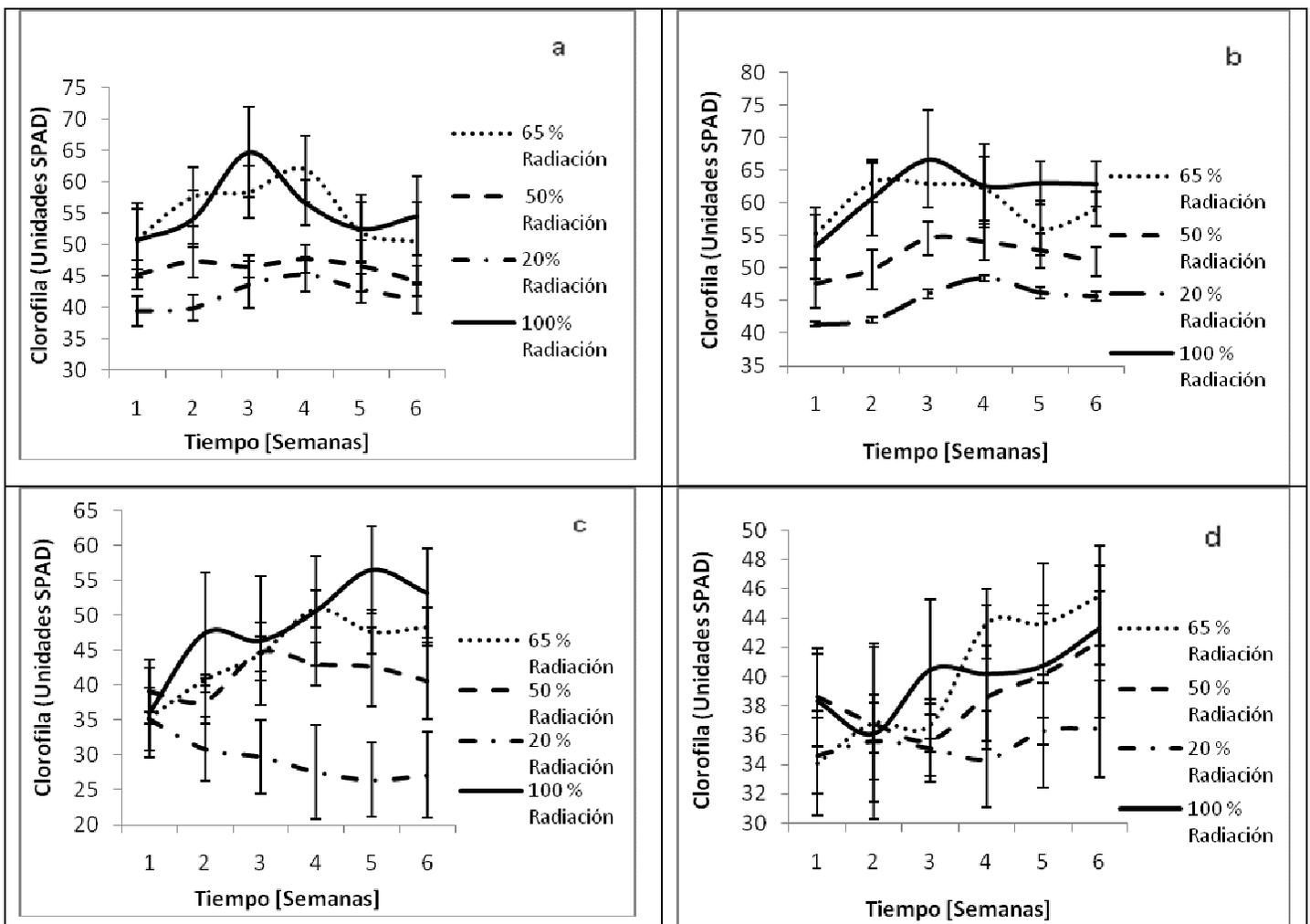
Figura 4.3 Número de nodos

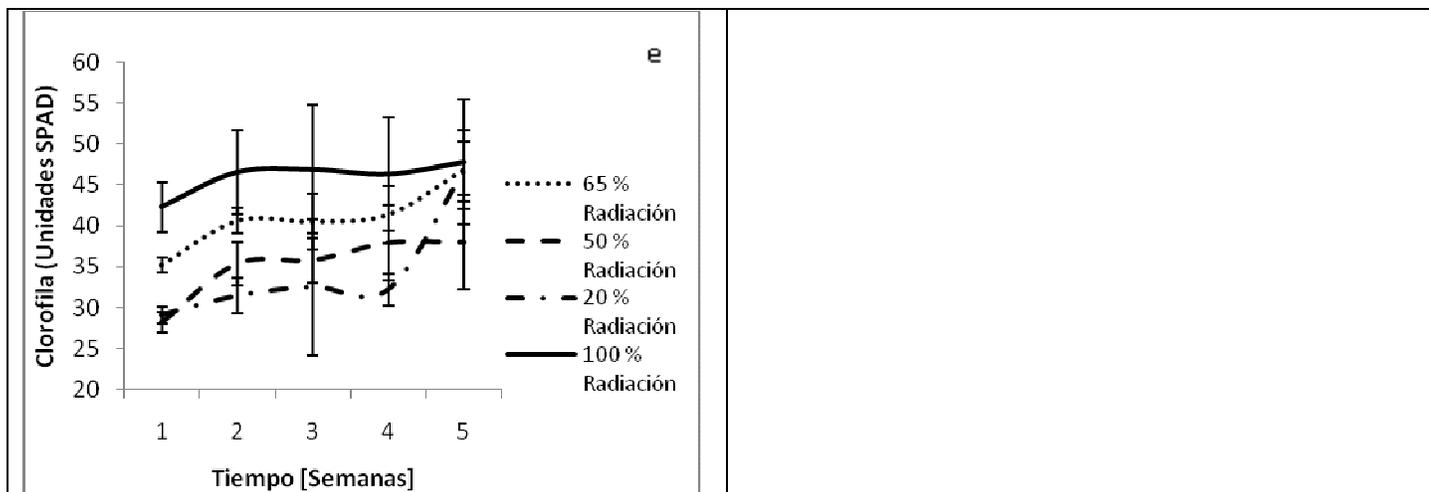
## 4.2 Calidad de fruto

En la Figura 4.4, las gráficas muestran que existe una mayor cantidad de clorofila en donde se encuentra un mayor porcentaje de radiación.

Los resultados de los pesos del fruto del jitomate son mayores en el tratamiento 2 en mucho menores en el tratamiento de 20% de radiación.

Los resultados de los pesos de los frutos de chile muestran que en los tratamientos de 65% y 100% de radiación son mayores y es notable ver que en el tratamiento de 20% de radiación son mucho más pequeños.





**Figura 4.4 Gráfica de clorofila**

El peso de elote fue mayor en el tratamiento cuatro, una vez más se muestra que entre más radiación solar había mayor era el peso, en el caso del tratamiento 3 no hubo frutos, ver cuadro 4.2.

**Cuadro 4.2 Pesos de los fruto**

TRATAMIENTO	VARIABLE	JITOMATE	CHILE	EJOTE	FRIJOL	MAIZ	AMARANTO
65% Radiación	PESO (g)	128.04 A	102.06 A	215 A	54.67 BC	290 A	109 AB
50% Radiación		146.38 A	81.75 BC	153.75 AB	82.33 A	256.67 A	34.81 C
20% Radiación		87.51 B	65.67 C	81.66 B	81 A	no hubo	13 D
100% Radiación		136.63 A	98.18 AB	127.33 AB	77.62 AB	340 A	134.37 A
65% Radiación	DIÁMETRO (mm)	59.90 AB	NA	NA	NA	NA	NA
50% Radiación		64.44 A	NA	NA	NA	NA	NA
20% Radiación		54.06 B	NA	NA	NA	NA	NA
100% Radiación		58.54 AB	NA	NA	NA	NA	NA
65% Radiación	LARGO(cm)	69.08 AB	17.40 A	10.91 AB	NA	NA	NA
50% Radiación		71.65 A	15.75 AB	11.57 A	NA	NA	NA
20% Radiación		63.09 B	15.44 B	10.63 B	NA	NA	NA
100% Radiación		72.26 A	16.5 AB	11 AB	NA	NA	NA

NA= No Aplica

La cantidad de proteína esta en porcentajes, en el tratamiento 2 es donde se presento la mayor cantidad de proteína, cuadro 4.3.

**Cuadro 4.3 Cantidad de proteína en elote**

TRATAMIENTO	PROTEÍNA (%)
65% Radiación	16.455
50% Radiación	17.775
100% Radiación	14.52

La mayor cantidad de fibra soluble se obtuvo en el tratamiento de 20% de radiación y de fibra insoluble en el tratamiento de 50% de radiación lo muestra el cuadro 4.4

**Cuadro 4.4 Fibra en el ejote**

TRATAMIENTO	SOLUBLE(%)	INSOLUBLE(%)
65% Radiación	28.66 AB	3.35 AB
50% Radiación	25.89 B	4.71 A
20% Radiación	32.86 A	1.08 C
100% Radiación	31.49 A	4.11 A

La cantidad de radiación solar que se registro en cada uno de los tratamientos se muestra en el cuadro 4.5, donde se ve la diferencia que existe entre cada tratamiento, los datos están expresados en luxes (lx), las mediciones se hicieron durante doce semanas a cada cinco minutos.

**Cuadro 4.5 Porcentajes de radiación solar**

<b>SEMANA</b>	<b>65% Radiación</b>	<b>50% Radiación</b>	<b>20 % Radiación</b>	<b>100% Radiación</b>
1	153.78	121.79	46.74	311.25
2	169.77	127.94	43.05	311.25
3	191.93	311.25	183.31	311.25
4	157.47	120.57	141.48	281.72
5	174.70	114.42	47.98	284.18
6	179.60	139.02	51.67	285.40
7	247.28	115.64	45.52	270.66
8	200.52	116.88	43.05	249.75
9	202.98	108.27	41.83	275.57
10	150.10	86.10	34.44	211.60
11	92.28	39.37	12.30	131.65
12	91.03	180.85	0.00	303.88

## **V. CONCLUSIÓN**

Para cada porcentaje de radiación hubo diferente comportamiento en las especies.

Los resultados muestran que en la mayoría de los casos entre mayor cantidad de radiación se presenta es favorable el desarrollo de las plantas.

El efecto de la radiación puede variar el desarrollo de las plantas y la calidad de los frutos según la especie; es decir,

En el jitomate según los resultados obtenidos entre mayor radiación haya, mayor es el desarrollo de la planta. Sin embargo, los frutos tienen un mayor rendimiento en el 50 % de radiación.

En el chile y maíz, igualmente entre mayor radiación haya, mayor es el desarrollo tanto en las planta como en los frutos. En el elote la malla de 50% tiene una buena respuesta, pues la cantidad de proteínas es mayor. Para el frijol existe un mayor desarrollo de las plantas y un mayor rendimiento en los frutos en dónde hay menor radiación.

En el amaranto existe un mayor desarrollo y rendimiento en el tratamiento de 100% de radiación

Por lo que podemos decir que no existe un porcentaje de radiación adecuado para todas las especies en conjunto

## **VI. RECOMENDACIONES**

Es necesario dar seguimiento a este tipo de proyectos que son innovadores bajo un concepto de sustentabilidad.

Evaluar el desarrollo de las plantas y la calidad de los frutos de un policultivos bajo invernadero, considerando habitáculos con malla de 50 % para el Jitomate y con una malla de 50 % para el Frijol, y sin malla para el Maíz y el Chile.

Además, evaluar el desarrollo de las plantas y la calidad de los frutos de dos cultivos de Jitomate bajo invernadero, considerando el primer invernadero con una malla de 50 % y el segundo sin malla.

Como también, evaluar el desarrollo de las plantas y la calidad de los frutos de dos cultivos de Frijol bajo invernadero, considerando el primer invernadero con una malla de 50 % y el segundo con una malla de 80 %

El policultivo bajo condiciones de invernadero es una opción de agricultura amigable con el ambiente

## LITERATURA CITADA

- Altieri, M. A. 2002. Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. En Sarandón, S. J. Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas, 27-34.
- Arias V. A. and Marrero S. L. 2005. Factibilidad económico-energética de las asociaciones de sorgo con soya. Centro Agrícola, año 32.
- Ascencio, J. 2000. Características botánicas y fisiológicas de la planta: Fisiología de la planta de maíz. En: El Maíz en Venezuela. Compilado por Fontana, H y C González. Fundación Polar Venezuela.
- Bohórquez B. J. and Pérez M. J. F. 2007. Radiación ultravioleta. Revista ciencia y tecnología para la salud visual y ocular. Colombia.
- Bouzo C. A., Pilatti R. A., Favaro J. C. and Norberto F. 2005. Facultad de Ciencias Agrarias UNL Gariglio. Cultivo de tomate en invernadero Alternativas para el Control de Temperaturas Extremas.
- Caballero H., Bulmaro C. E., Artemio P. C., Flavio R. M., García Abraham., Cano R. O. and Betanzos M. E. Los maíces de calidad proteínica y la producción de semillas en México.
- Caldari J. P. 2007. Manejo de la luz en invernaderos. Los beneficios de la luz de calidad en el cultivo de hortalizas. Simposio Internacional de Invernaderos. México
- Cobos C. L. S. 2008. Nutrición y manejo de la salinidad en policultivo (*Capcium annum*, *lycopercicum esculentum*, *zea maya* y *phaselous vulgaris*).
- Dewar J. A. 2007. Perennial Polyculture Farming. Seeds of Another Agricultural revolution?.
- Espinosa Z. C. 2004. Producción de tomate en invernadero. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coah, México, Octubre.
- Fernández, F. P. Gepts y López M. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) p. 61-78 En: López, M. F. Fernández y A. Shoonhoven (eds). En frijol: investigación y producción. CIAT. Cali, Colombia. 61-78.

- Gasché, Jorge. 2006. La horticultura indígena amazónica. Ciencias.
- Gil M.L. y Ocampo V. R. 2008. Producción y procesamiento de jitomate en el campus Amazcala. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Grijalva C. R. L., Macías D. R., Robles C. F. 2008. Productividad y calidad de variedades y densidades de chile bell pepper bajo condiciones de invernadero en el Noroeste de Sonora. *BIOTecnia*, Vol. X, No. 3, Septiembre-Diciembre.
- Guevara V. S. 2003. Estimación de la radiación solar, UNATSABAR –CEPIS/OPS, Lima.
- Hernández J. Escobar I. y Castilla N. 2001. La radiación solar en invernaderos mediterráneos.
- Huato D, Ramírez M. A. y Valverde B. 2008. Dependencia científica y tecnologías campesinas. El caso de los productores de maíz del estado de Tlaxcala. *Economía y Sociedad*, Vol. XIV, Núm. 21, enero-junio, pp. 59-76
- INEGI. Instituto de Estadística y Geografía, 2007
- Gasche J. 2006. La horticultura indígena amazónica UNAM, revista de ciencias. 81: 50-57
- Islas J. G. y Islas G. F. 2001. Rentabilidad de los cultivos de amaranto y maíz para grano en la zona central de México
- Latournerie L. Chávez J. L. Pérez M. Hernández C. F. Martínez R. Arias L., Castañón G. 2001. Exploración de la diversidad morfológica de chiles regionales en Yucaba Yucatan.
- Liebman M. 1999. Sistemas de policultivos. En Altieri, M.A. Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. Nordan-Comunidad, 192-202.
- Linares O. H. 2004. El cultivo de tomate en invernadero.

- Macias A. 2003. Enclaves agrícolas modernos: el caso del jitomate Mexicano en los mercados internacionales.
- Marcone M.F., Jahaniaval F., Aliee H., Kakuda Y. 2003. Chemical characterization of *Achyranthes bidentata* seed. *Food Chem.* 81: 7-12.
- Infante N., Madrizy P. y González T. 2003. Fases de desarrollo y componentes Del rendimiento de tres cultivares de frijol mungo (*Vigna radiata* (L) Wilczek) en Maracay, estado Aragua, Venezuela
- Olivares E., Peña E. 2009. Bioconcentración de elementos minerales en *Amaranthus dubius* (bledo, pira), creciendo silvestre en cultivos del estado Miranda, Venezuela, y utilizado en alimentación. *Interciencia* 24: 604-611.
- Omami E.N., Hammes P.S. and Robbertse P.J. 2006. Differences in salinity tolerance for growth and water-use efficiency in some amaranth (*Amaranthus* spp.) genotypes. *New Zeal. J. Crop Hort. Sci.* 34: 11-22.
- Osorio S. G. 2008. Agricultura sustentable. Una alternativa de alto rendimiento. ciencia UANL. Monterrey. México.
- Pérez H. P., Esquivel-Esquivel G., Rosales-Serna R. y Acosta-Gallegos J.A. 2002. Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano subhúmedo de México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 52: 172-180.
- Quintero P. L. 1995 Uso de policultivos en áreas de producción agrícola. Primer curso taller. Sistemas de cultivos múltiples. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova".
- SAGARPA. 2009. Informe Tecnología Agrícolas: Producción en Invernadero
- Sánchez R. G., Manríquez N. J. A., Martínez M.F.A. y López I. L. A. 2001. El frijol en México: competitividad y oportunidades de desarrollo. *Boletín Informativo FIRA.* XXXIII 316:1-87.
- Sarika J., Rajin N., Mazumdar D., Pintoo B and Chakraborty P.K. 2010 .Pattern of Absorption and Interception of Photosynthetically Active Radiation in *Sesamum-Greengram* Intercropping System

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2010. Un panorama del cultivo de chile.
- Stoffella P. J. and Bryan H. H. 1988. Plant population influences growth and yield of bell pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113: 835-839.
- Vandermeer J.H. 1989. *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press Cambridge, MA.:237
- Vázquez-Rodríguez J. C., Sánchez-Del Castillo F., E. del C. Moreno-Pérez. 2007. Producción de jitomate en doseles escaleriformes bajo invernadero
- Zari G. E. 2006. El efecto de mallas de sombreo sobre invernaderos microclima.
- Zermeño G. A., Montemayor T. J. A., Munguia L. J., Ibarra J. L. y Cadena Z. M. 2005. Reflectividad y absorptividad de la radiación en tres densidades de planta y su relación con el rendimiento de maíz (variedad cafime).

## APENDICE

- I. Promedios de los pesos de los frutos de cada planta del tratamiento 1; 65% de radiación solar

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>PESO (g)</b>	<b>DIÁMETRO (mm)</b>	<b>LARGO (mm)</b>
65% Radiación	104.04 B	54.347 B	80.83 A
65% Radiación	101.58 B	52.45 B	81.96 B
65% Radiación	241.00 A	81.03 A	70.86 AB
65% Radiación	120.57 B	57.69 B	65.18 AB
65% Radiación	116.62 B	57.86 B	66.02 AB
65% Radiación	124.07 B	59.59 B	64.98 AB
65% Radiación	120.90 B	59.22 B	65.57 AB
65% Radiación	125.55 B	61.87 B	71.02 AB
65% Radiación	120.03 B	59.02 B	67.47 AB
65% Radiación	120.91 B	62.06 AB	63.95 AB
65% Radiación	126.84 B	62.45AB	60.65 B
65% Radiación	114.75 B	57.18 B	72.73 AB
65% Radiación	115.82 B	59.32 B	69.93AB
65% Radiación	128.10 B	54.47 B	73.76 AB
65% Radiación	128.60 B	59.03 B	63.34 A B

- II. Promedios de los pesos de los frutos de cada planta del tratamiento 2; 50% de radiación.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>PESO (g)</b>	<b>DIÁMETRO (mm)</b>	<b>LARGO (mm)</b>
50% Radiación	154.28 B	69.36 BC	66.44 A
50% Radiación	152.85B	63.03 C	74.45 A
50% Radiación	148.06 B	89.87 A B	70.84 A
50% Radiación	147 B	70 BC	78.5 A
50% Radiación	152.7 B	63.66 C	71.59 A
50% Radiación	108.5 B	56.52 C	69.66 A
50% Radiación	161.65 B	60.88 BC	76.45 A
50% Radiación	141.33 B	70.76 BC	61.22 A
50% Radiación	145.4 B	58.08	70.30 A
50% Radiación	150.25 B	56.27 C	70.55 A
50% Radiación	136.67 B	54.89 C	79.51 A
50% Radiación	157.88 B	59.92 C	70.34 A
50% Radiación	397 A	98.8 A	68.40 A

III. Promedios de los pesos de los frutos de cada planta del tratamiento 3; 20% de radiación

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>PESO (g)</b>	<b>DIÁMETRO (mm)</b>	<b>LARGO (mm)</b>
20% Radiación	76.66 A	52.08AB	59.51 AB
20% Radiación	95 A	63.44 B	52.93 B
20% Radiación	113 A	52.48 B	63.114 AB
20% Radiación	80.4 A	52.452 B	75.866 AB
20% Radiación	80 A	47.91 B	55.47 B
20% Radiación	64.6 A	57.16 A B	59.5 B
20% Radiación	72.5 A	46.31 B	52.165 B
20% Radiación	113.25 A	61.90 A B	65.192 AB
20% Radiación	87 A	51.17 AB	59.79 AB
20% Radiación	55.5 A	44.09 B	54.39 AB
20% Radiación	116.25 A	53.20 B	70.28 AB
20% Radiación	118.88 A	69.14 A	57.83 B
20% Radiación	109.00 A	52.42 B	67.28 AB
20% Radiación	68.6 A	51.60 B	90.00 A

IV. Promedios de los pesos de los frutos de cada planta del tratamiento 4; 100% de radiación

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>PESO (g)</b>	<b>DIÁMETRO (mm)</b>	<b>LARGO (mm)</b>
100% Radiación	510 A	106.7 A	70.48 A
100% Radiación	139.67 B	60.88 B	75.78 A
100% Radiación	137.14 B	58.16 B	71.28 A
100% Radiación	130.93 B	64.47 B	77.62 A
100% Radiación	157.5 B	61.75 B	77.27 A
100% Radiación	127.5 B	53.47 B	68.41 A
100% Radiación	125 B	53.78 B	70.28 A
100% Radiación	143.57 B	65.62 B	63.96 A
100% Radiación	129 B	57.06 B	73.43 A
100% Radiación	120 B	53.50 B	74.09 A

V. Tabla de máximos de radiación solar en cada uno de los tratamientos

<b>SEMANA</b>	<b>65% Radiación</b>	<b>50% Radiación</b>	<b>20% Radiación</b>	<b>100% Radiación</b>
1	153.78	121.79	46.74	311.25
2	169.77	127.94	43.05	311.25
3	191.93	311.25	183.31	311.25
4	157.47	120.57	141.48	281.72
5	174.70	114.42	47.98	284.18
6	179.60	139.02	51.67	285.40
7	247.28	115.64	45.52	270.66
8	200.52	116.88	43.05	249.75
9	202.98	108.27	41.83	275.57
10	150.10	86.10	34.44	211.60
11	92.28	39.37	12.30	131.65
12	91.03	180.85	0.00	303.88

VI. Tabla de mínimos de radiación solar en cada uno de los tratamientos

<b>SEMANA</b>	<b>65% Radiación</b>	<b>50% Radiación</b>	<b>20% Radiación</b>	<b>100% Radiación</b>
1	1.22	1.22	1.22	1.22
2	1.22	1.22	1.22	1.22
3	1.22	1.22	1.22	1.22
4	1.22	1.22	1.22	1.22
5	1.22	1.22	1.22	1.22
6	1.22	1.22	1.22	1.22
7	1.22	1.22	1.22	1.22
8	1.22	1.22	1.22	1.22
9	1.22	1.22	1.22	1.22
10	1.22	1.22	1.22	1.22
11	1.22	1.22	0.00	1.22
12	1.22	0.00	0.00	1.22

## VII. Curva de calibración para los flavonoídes

