

Dirección General de Educación Superior Tecnológica

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

Evaluación de radiación solar y humedad relativa en invernadero
en el cultivo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) en el ejido
Juan Sarabia

Informe final de residencia profesional que presenta el C:

CRUZ CAUICH FRANCISCO JAVIER

Número de control:

09870008

Carrera: Ingeniería en Agronomía

Asesor interno:

M.C. VÍCTOR EDUARDO CASANOVA VILLAREAL

Juan Sarabia, Quintana Roo
Diciembre 2013



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera ING. AGRÓNOMO, **C. Francisco Javier Cruz Cauich**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por; el asesor interno **M. C. Víctor Eduardo Casanova Villareal**, el asesor externo **ING. José Antonio Santamaría Mex** y el revisor **M. C. Pablo Santiago Sánchez Azcorra**, habiéndose reunido para evaluar el trabajo titulado. **"Evaluación de radiación solar y humedad relativa en invernadero en cultivo de tomate rojo (*Lycopersicon Esculentum*) en el ejido Juan Sarabia"** que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fé de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

Asesor interno



M.C. Víctor Eduardo Casanova Villareal

Asesor externo



ING. José Antonio Santamaría Mex

Revisor



M.C. Pablo Santiago Sánchez Azcorra

Juan Sarabia, Quintana Roo Diciembre 2013.

ÌNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
I. OBJETIVOS.....	1
1.1 Objetivo general.....	1
1.2 Objetivosespecíficos.....	1
II. JUSTIFICACIÓN ACADEMICA.....	2
III. INTRODUCCIÓN.....	3
IV. ANTECEDENTES.....	6
4.1 El control climático de los invernaderos.....	6
4.2Radiación solar.....	7
4.2.1Definición.....	7
4.2.2 Tipos de radiación.....	8
4.2.3La transmisividad.....	9
4.3. Humedad relativa.....	9
4.3.1 Definición.....	9
4.3.2 Clasificación.....	11
4.4. Cultivo de tomate rojo (<i>Lycopersicon Esculentum</i>)....	12
4.4.1 Clasificación taxonómica.....	13
4.4.1.1Planta.....	13
4.4.1.2Sistema radicular.....	13
4.4.1.3. Tallo principal.....	14
4.4.1.4Hoja.....	14
4.4.1.5 Flor.....	14
4.4.1.6 Fruto.....	15

4.4.2	Temperatura.....	15
4.4.3	Humedad.....	16
4.4.4	Luminosidad.....	16
4.4.5	Exigencias del suelo.....	16
4.4.6	El pH del agua.....	17
4.4.7	La conductividad eléctrica del agua.....	17
V.	METODOLOGÍA.....	18
5.1	Ubicación.....	18
5.2	Preparación de invernadero.....	18
5.3	Infraestructura.....	19
5.4	Instalación de sistema de riego.....	21
5.5	Análisis de suelo.....	22
5.6	Preparación de solución nutritiva.....	24
5.7	Estación meteorológica.....	25
5.8	Labores culturales.....	27
5.8.1	Siembra y plantación.....	27
5.8.2	Marco de plantación.....	28
5.8.3	Variedades.....	29
5.8.4	Riegos.....	29
5.8.5	Tutorado.....	30
5.8.6	Aporque.....	31
5.8.7	Poda.....	31
5.8.8	Destallado.....	32
5.8.9	Deshojado.....	32
5.8.10	Aclareo de frutos.....	33

5.8.11 Cosecha.....	34
VI.RESULTADOS.....	35
VII.CONCLUSIONES.....	39
VII. REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de proyecto.....	18
Figura 2. Limpieza de invernadero.....	19
Figura 3. Invernadero tipo túnel.....	20
Figura 4. Desinfección de invernadero.....	20
Figura 5. Construcción de surcos.....	21
Figura 6. Rotoplas y bomba.....	22
Figura 7. Instalación de timer.....	22
Figura 8. Instalación de tubería.....	22
Figura 9. Instalación de goteros.....	22
Figura 10. Análisis de suelos.....	23
Figura 11. Pesado de fertilizantes.....	25
Figura 12. Estación meteorológica.....	26
Figura 13. Siembra de semilla.....	27
Figura 14. Riego de Plántulas.....	27
Figura 15. Medición de distancia de plantación.....	28
Figura 16. Trasplante de tomate rojo.....	29
Figura 17. Tutores del cultivo.....	30
Figura 18. Aporque de tomate rojo.....	31
Figura 19. Destallado	32
Figura 20. Deshojado.....	33
Figura 21. Aclareo.....	36
Figura 22. Lectura de radiación solar y humedad relativa.....	35
Figura 23. Radiación solar.....	36
Figura 24. Humedad relativa.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Solución nutritiva en tomate rojo (<i>Lycopersicon esculentum</i>)..	25
Cuadro 2. Comportamiento de Radiación solar Sept-dic 2013.....	35
Cuadro3 Comportamiento de Humedad relativa Sept-Dic 2013.....	36
Cuadro 4. Altura de planta.....	37
Cuadro 5. Tallo de planta.....	38

I. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Evaluar la radiación solar y humedad relativa en invernadero en el cultivo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) en el Ejido de Juan Sarabia municipio de Othón Blanco Quintana Roo.

1.2 Objetivos específicos

- Cuantificar la cantidad de radiación solar durante el periodo de agosto a diciembre en el cultivo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) bajo condiciones de invernadero en la comunidad de Juan Sarabia, Municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo.

- Cuantificar la cantidad de humedad relativa durante el periodo de agosto a diciembre en el cultivo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) bajo condiciones de invernadero en la comunidad de Juan Sarabia, Municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo.

II.JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

Este trabajo tiene como finalidad realizar la residencia profesional en la carrera de ingeniería en Agronomía, en su modalidad de proyecto de investigación, y se llevara a cabo en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya, en el Ejido Juan Sarabia, municipio de Othón P. Blanco estado de Quintana Roo. Bajo el siguiente título: Evaluación de radiación solar y humedad relativa en invernadero en el cultivo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) en el Ejido de Juan Sarabia.

Este proyecto de investigación se realiza mediante la captación de datos de radiación solar y humedad relativa, con el apoyo de una estación meteorológica. Con este trabajo se obtendrá datos estadísticos de radiación solar y humedad relativa en invernadero en el ámbito estatal, municipal y local. Se obtendrá datos de los últimos 4 meses del año 2013, que servirán para establecer cultivos en invernaderos en los meses considerados en este proyecto.

III.INTRODUCCIÓN

La radiación solar proviene del sol. El sol es una masa de materia gaseosa caliente, que irradia a una temperatura efectiva de unos 5700°C. El sol esta a una distancia de 149, 490,000 kilómetros de la tierra. México es un país con alta incidencia de energía solar en la gran mayoría de su territorio; la zona norte es de las más soleadas del mundo. Y la zona sur, que es donde nos encontramos, también se cuenta con una considerable radiación solar. En la república mexicana se tiene un promedio de radiación de 4,465 kwh/m² anual y en nuestro estado y zona se tiene un promedio 4.7 kwh/m² diario. La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1,000 watts por m² en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia. La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1,354 watts/m² (que corresponde a un valor máximo en el perihelio¹ de 1,395 watts/m² y un valor mínimo en el afelio² de 1,308 watts/m². <http://www.mexicosolar.com/esolar.html>. Fecha de acceso 5 de diciembre de 2013.

La Radiación solar es un conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. Entre las múltiples aplicaciones de la energía solar se encuentran su aprovechamiento como luz directa, como fuente de calor y en la generación de electricidad principalmente.

www.pesco.com.mx/pesco/eficiencia/index.php/.../radiación-solar Fecha de acceso 5 de diciembre de 2013.

Es escaso el número de estaciones meteorológicas mexicanas que registran el contenido de humedad en la atmósfera, de manera que su distribución geográfica en el país sólo se conoce en forma aproximada. Este es un hecho desafortunado, pues se trata de un elemento climático de gran interés ecológico que, a menudo, juega un papel de importancia en la repartición de la vegetación. La región costera del Golfo de México es la más privilegiada en cuanto a la humedad relativa del aire, pues en grandes áreas prevalecen valores superiores a 80% en promedio anual. El litoral del Pacífico, en cambio, registra por lo general cantidades cercanas a 70%, al menos de Sinaloa hacia el sur.

En Baja California son de esperarse valores relativamente altos a lo largo de la costa occidental por la influencia de la corriente marina fría. En cuanto a la marcha anual de la humedad relativa, en casi todo el país los registros medios mensuales más elevados se presentan en septiembre y los mínimos generalmente en mayo o en abril, siendo estos en algunas regiones menores de 40% (Nuño 2007)

Por otra parte, la producción del cultivo de tomate rojo bajo condiciones protegidas suelen ser altamente rentables alcanzando producciones elevadas. En este trabajo de residencia profesional la variedad de tomate rojo que se cultivó, está adaptado a cielo abierto. En México se produce muy

poca semilla de hortalizas la mayor parte es importada. (Soria, 1996) La semilla utilizada se adquirió en el Estado de Yucatán lugar donde se produce la variedad de tomate **Uc 82 B el Rey**. Como complemento de la instigación se medirá el desarrollo de tallo y altura de planta (Soria, 1996).

IV.ANTECEDENTES

4.1. El control climático de los invernaderos

En la actualidad se habla bastante sobre una serie de parámetros ambientales que influyen en los cultivos, tales como radiación solar, humedad relativa, temperatura, CO_2 , etc. Se ha demostrado que los factores climáticos juegan también un papel importante en la producción vegetal. El control climático en un invernadero puede ser posible a medida que sea necesario puede disminuirse o aumentarse dependiendo de la necesidad de lugar y principalmente del cultivo a trabajar Valera *et al.*, (2003)

Son numerosos los sistemas de automatización que existen el mercado para controlar los parámetros climáticos de los invernaderos. Estos sistemas se basan en el empleo de un ordenador central al que se conectan un conjunto de sensores, que recogen las variaciones de los distintos parámetros respecto a unos valores programados inicialmente. Se trata de una pequeña estación meteorológica que registra valores de temperatura exterior e interior, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar, etc. Valera *et al.*, (2003)

El cultivo en invernadero se justifica cuando las condiciones de campo abierto no son favorables para producir y se tiene una buena ventana comercial en la localidad. Sin embargo, para obtener la mayor utilidad debemos ser eficientes en el control del clima dentro de los invernaderos,

esto se consigue mediante una adecuada selección del lugar, tipo de invernadero y su tecnología (Garza y Molina 2008).

4.2Radiación solar

4.2.1.Definición

La radiación solar es el flujo de energía que recibimos del sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (Luz visible, infrarroja y ultravioleta). Son dos factores de gran importancia para el desarrollo de los cultivos ambos tienen como origen la energía irradiada por el sol comentada. (Gilet *al.*, 2010).

La luz visible son las radiaciones comprendidas entre 0.4 μm y 0,7 μm pueden ser detectadas por el ojo humano. Existen radiaciones situadas en la parte infrarroja del espectro de la cual una parte es ultravioleta (Gilet *al.*, 2010).

La luz es una radiación electromagnética emitida cuando un par de polos electromagnéticos, separados por una pequeña distancia, oscilan y causan un cambio en el campo de fuerzas comentada. La onda electromagnética está caracterizada por su longitud de onda, que es la distancia entre máximos positivos o negativos de la onda senoidal, y por la frecuencia, que es el número de oscilaciones por unidad de tiempo comentada (Law citado por Ramírez, 2005).

4.2.2. Tipos de radiación

En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre, se pueden distinguir estos tipos de radiaciones.

A. Radiación directa: Llega directamente del sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.

B. Radiación difusa: Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación se denomina difusa, porque va en todas las direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no solo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos.

C. Radiación reflejada: Es aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie. Las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.

Así, la Radiación Global es la radiación total o la suma de las tres radiaciones antes mencionadas.

4.2.3 La transmisividad

La radiación solar que incide sobre una lámina de plástico que cubre un invernadero puede ser transmitida (atravesando dicha lamina), reflejada por dicha lamina o absorbida. La proporción de radiación que atraviesa la lámina se conoce como transmisividad y dependerá de las características de la lámina y del tipo de radiación (directa o difusa.) Valera *et al.*, (2003).

4.3 Humedad Relativa

4.3.1 Definición

Es el contenido relativo de vapor del agua o humedad del ambiente está determinadapor muchos factores, de los cuales la transpiración, la condensación en la superficie de la cubierta y la ventilación son los principales. A su vez, la transpiración y la fotosíntesis son afectadas por la humedad ambiental. La humedad del ambiente tiene un efecto importante sobre la transpiración de los vegetales, aunque las respuestas difieren entre especies y variedades. Muy alta humedad en el ambiente favorece la aparición y reproducción de enfermedades entre las que es común la causada por *Botrytis* en tomate, y las flores y hojas pueden ser invadidas por enfermedades fungosas reduciendo el valor de mercado de esos productos (Ramírez, 2005).

El aire de la atmósfera se considera normalmente como una mezcla de dos componentes: aire seco y agua. El agua es la única sustancia de la atmósfera que puede condensar (pasar de vapor a líquido) o evaporarse (pasar de líquido a vapor) en las condiciones ambientales que conocemos en la Tierra. Este hecho justifica la división del aire atmosférico en aire seco y agua, y además provocan una gran cantidad de fenómenos meteorológicos como la lluvia, el rocío, las nubes, etc. Además de todo esto, el estudio del agua en el aire atmosférico es esencial para la sensación de bienestar Valera *et al.*, (2003).

La capacidad atmosférica para recibir vapor de agua se relaciona con la humedad atmosférica, que corresponde a la cantidad de vapor de agua presente en el aire, originada por la evaporación del vital elemento desde los océanos, lagos y ríos. Se relaciona directamente con la temperatura, ya que las masas de aire cálido contienen mayor humedad que las de aire frío Valera *et al.*, (2003).

La humedad puede provocar diversas variaciones durante el día y entre un lugar a otro. Existe una cantidad límite de humedad que puede contener una masa de aire, denominada punto de saturación. Una vez traspasado ese umbral, el vapor de agua contenido cambia de estado, se condensa y se convierte en precipitaciones.

4.3.2 Clasificación

Valera *et al.*, (2003) mencionan que la humedad atmosférica se puede expresar de forma absoluta, específica o de forma relativa. La Humedad absoluta del aire húmedo, también denominada mezcla del aire húmedo, se define como la masa de vapor de agua existente en el aire por unidad de volumen, y se expresa en gramos por metro cúbico de aire. La humedad atmosférica terrestre presenta grandes fluctuaciones temporales y espaciales. La Humedad específica es la relación entre la masa de vapor de agua y la masa total del aire húmedo que la contiene. Se puede expresar en función de la humedad absoluta. Se expresa en gramos por kilogramo de aire. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que existe en la atmósfera y la máxima que podría contener a idéntica temperatura; es decir, es el cociente entre la humedad absoluta y la cantidad máxima de agua que admite el aire por unidad de volumen. Se mide en porcentaje y está normalizada de forma que la humedad relativa máxima posible es el 100%. Una humedad relativa del 100% significa un ambiente en el que no cabe más agua. El cuerpo humano no puede transpirar y la sensación de calor puede llegar a ser asfixiante. Corresponde a un ambiente húmedo. Una humedad del 0% corresponde a un ambiente seco. Se transpira con facilidad. Cuando la humedad alcanza el valor del 100% se produce fenómenos de condensación que observamos en la vida diaria. El fenómeno del rocío en las mañanas de invierno se debe a que la humedad relativa del aire ha alcanzado el 100% y el aire no admite ya más

agua. Entonces el agua condensa en forma líquida en superficie metálicas, hojas, flores etc.

4.4. Cultivo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*)

El tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) es originario del nuevo mundo, debido a que todas las especies silvestres relacionadas con el tomate son nativas de la región andina. El tomate alcanzó un avanzado estado de domesticación antes de ser conocido en Europa. El antecesor más directo del tomate, cereza silvestre (*L. esculentum* var. *cerasiforme*) está ampliamente distribuido en toda América tropical y subtropical y a lo largo de los trópicos del viejo mundo. También nuestro país es una región probable de domesticación, aunque se desconoce con exactitud la época y lugar. Se conoce en lengua náhuatl como tomatl, término que es sin duda el origen del nombre moderno (Soria *et al.*, 1996).

4.4.1. Clasificación taxonómica:

Reino:	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División:	Magnoliophita
Clase:	Agnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanáceae
Género:	Lycopersicon
Especie	esculentum
Nombre binomial	<i>Lycopersiconesculentum</i>
Descriptor (1788)	Miller

4.4.1.1 Planta

Jaramillo *et al.*, (2007) mencionan que la planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

4.4.1.2 Sistema radicular

Los mismos autores (2007) mencionan que la raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias

4.4.1.3 Tallo principal

Al mismo tiempo (2007) dicen que el tallo principal es un eje con un grosor que oscila entre 24cm. en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (Ramificación simpoidal) e inflorescencias.

4.4.1.4 Hoja

Los propios autores mencionan que la hoja es compuesta e imparipinada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo.

4.4.1.5 Flor

El propio Jaramillo *et al.*, (2007) describen a la flor como perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuesto de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10. Las inflorescencias se desarrollan cada 23 hojas en las axilas.

4.4.1.6 Fruto

Los mismos autores (2007) detallan que el fruto es una baya que presenta diferente tamaño, forma, color, consistencia y composición, según el cultivo que se trate. Está constituido por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. Internamente los frutos están divididos en lóculos, que pueden ser dos, tres, cuatro o pluriloculares. Frutos uniloculares son escasos y los frutos maduros pueden ser rojos, rosados o amarillos. En los lóculos se forman las semillas. La maduración del fruto puede ser uniforme, pero existen algunas variedades que presentan hombros verdes debido a un factor genético. La exposición directa de los rayos del sol sobre los frutos con hombros verdes acrecienta su color a un verde más intenso, y en algunos casos toman una coloración amarilla; el cubrimiento de los frutos con el follaje reduce este fenómeno.

4.4.2 Temperatura

La temperatura es el principal factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en el invernadero en cada periodo crítico. (Jaramillo *et al.*, 2007).

4.4.3 Humedad

La humedad relativa más favorable para el desarrollo del tomate se considera del 65 al 75% (Jaramillo *et al.*, 2007). Una excesiva humedad ambiental favorece el ataque de enfermedades fungosas y dificulta la polinización y la fecundación de las flores.

4.4.4. Luminosidad

El tomate requiere días soleados para un 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 y reduce la absorción de agua y nutrientes. (Jaramillo *et al.*, 2007). Las plantas expuestas a 3,000-6,000 lux (lux= 1 lumen/m² muestran mayor intensidad de fotosíntesis.

4.4.5. Exigencias en suelo

El tomate prospera en diferentes tipos de suelo, aunque los más indicados son los suelos sueltos, fértiles, bien aireados y con buen drenaje interno y capacidad de retener humedad, de texturas francas a franco arcillosas, con contenidos de materia orgánica altos, por encima del 5%, y buen contenido de nutrientes. El pH del suelo debe oscilar entre 5,8 a 6,8 para garantizar la máxima disponibilidad de nutrientes debe estar libre de piedras y malas hierbas y, sobre todo, ser uniforme. (Jaramillo *et al.*, 2007).

4.4.6. El pH del agua

El pH está relacionado con la calidad del agua y las características del fertilizante, el control del pH es necesario para evitar que se precipiten los nutrientes en forma de sales insolubles que obstruyen el sistema de goteo, el pH al final del gotero debe de ser de 5.56. Esto se logra acidificando el agua con ácido fosfórico, sulfúrico o nítrico (Nuño, 2007).

4.4.7. La conductividad eléctrica de agua.

La conductividad eléctrica (CE) nos indica las concentraciones de sales solubles las cuales producen presiones osmóticas elevadas en la disolución de soluciones nutritivas que está en contacto con el sistema radicular de la planta. A ciertos niveles se limita el rendimiento del cultivo. (Nuño, 2007).

V. METODOLOGÍA

5.1. Ubicación

Este trabajo de residencia profesional fue realizado en las instalaciones del Instituto Tecnológico de la Zona Maya ubicado en el Estado de Quintana Roo, municipio de Othón P. Blanco, en el ejido de Juan Sarabia específicamente a un costado de la carretera federal Chetumal–Escárcega km 21.5. En las coordenadas N 18°30' 57.5" y W 088° 29' 18.8" (figura 1)



Figura 1. Ubicación de proyecto.

5.2 Preparación de invernadero

La primera labor realizada fue el deshierbe de la parte exterior del invernadero, evitando ser un hospedero de ciertas plagas causales de enfermedades y mantener de forma constante limpia el área. También se

realizó limpieza y desinfección en la parte interior del invernadero, esto para evitar la infestación de alguna plaga de algún cultivo trabajado con anterioridad (figura 2).



Figura 2: Limpieza de invernadero

5.3. Infraestructura

El invernadero es de tipo túnel con medidas de 20 x 8 y una altura 4 m, esta infraestructura está realizada con tubos galvanizados de 3" y techo de cubierta de plástico especial para invernadero (Figura 3).



Figura 3: Invernadero tipo túnel

Para un mejor control sanitario se desinfecto la parte interior y exterior del invernadero, aplicando al 10% cloro, con una bomba de aspersion (figura 4).



Figura 4: Desinfección de invernadero

También se realizó trabajo de formación de los surcos que se utilizaron para la siembra del tomate. Mediante los usos de un hilo de seda y 2 varas de madera se realizó el hilado para que posteriormente se construyan los

surcos con el apoyo de una carretilla y una pala tal como se aprecia en la figura 5.



Figura 5: Construcción de surcos

5.4. Instalación de sistema de riego

Para llevar a cabo los riegos programados, a finales de agosto se inició con la instalación de un sistema de riego de goteo, utilizando un rotoplas de 1000 litros, una bomba de $\frac{1}{2}$ " H.P; tubo PVC y manguera de riego de $\frac{1}{2}$ " seadaptó a goteros compensadores de 4 l/h. Cabe mencionar que el riego se hizo de forma automática mediante el uso de un timer eléctrico. En las (Figuras 6, 7, 8 y 9) se aprecia la instalación del sistema de riego.



Figura 6: Rotoplas y bomba



Figura 7: Instalación de taimer



Figura 8: Instalaciones de tubería



Figura 9: Instalación de goteros

5.5 Análisis de suelo

El suelo utilizado para el establecimiento del cultivo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) de la variedad **Uc 82 B El Rey**; fue el yaax-hoom de la clasificación maya. A este suelo se le realizó su análisis físico-químico, en el laboratorio de análisis de suelo, agua y planta ubicado en las

instalaciones del Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Tal como se aprecia en la (figura 10).



Figura 10: Análisis de suelo

Los resultados obtenidos son los siguientes.

Análisis químico.

Nitrógeno	119.218	kg N/ha
Fosforo	19.80	Kg P/ha
Potasio	392	Kg K/ha
Calcio	550	Kg Ca/ha
Magnesio	167.50	Kg Mg/ha

Resultados del análisis físico del suelo, se obtuvieron los siguientes porcentajes.

P.H 7.16

CE 1.3 S/m

Densidad aparente 1.02 G/cm²

% Materia orgánica 7.77

% De Humedad	42.06
--------------	-------

Textura

% Arcilla	61.48
-----------	-------

% Arena	21.52
---------	-------

% Limo	17.00
--------	-------

5.6. Preparación de solución nutritiva

Pasos para la preparación de la solución nutritiva en 1000 litros de agua, para el cultivo de tomate rojo

El rotoplas se lava perfectamente con agua, jabón y cloro, posteriormente se llena el rotoplas y se acidifica con ácido sulfúrico. Posteriormente se agita el agua con una madera, también se debe checar el pH y la conductividad eléctrica.

Los fertilizantes a utilizar se pesan y disuelven en el orden, siendo del producto menos soluble al más soluble (Figura 11). Hecha la mezcla mediante el apoyo de una probeta se agrega la solución al rotoplas. Por último se agita la solución agregada con una madera. Después de estas actividades se coloca correctamente los goteros y se arranca la bomba.



Figura 11: Pesado de fertilizantes

Cuadro1. Solución nutritiva en tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*)

Estado fisiológico	Días	Relación		kg/ha/día			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Trasplante a floración	25	1	1	1	1.4	1.4	1.4
Floración a cuajado	20	1	0.3	1.5	2.1	1	3.1
Cuajado a maduración	25	1	0.3	1.5	2.8	0.6	5.6
Maduración a cosecha	35	1	0.2	1.5	3.2	0.6	7.2

5.7 Estación meteorológica

Mediante el uso de una estación meteorológica de marca watchdog 2000 series. Se realizó la medición de la radiación solar y humedad relativa durante el periodo de septiembre a diciembre del presente año. En el cultivo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*), Bajo sistema de invernadero.

Para llevar a cabo esta medición se instaló una estación meteorológica dentro del invernadero y este aparato midió la radiación solar y humedad emitida durante las 24 horas del día, los periodos de lectura fueron con intervalos de 10 minutos y mediante un programa computarizado (Spectrum) se interpreta la información. A finales de cada mes se instaló una computadora para bajar la información.

Se cuenta con información de la radiación solar y humedad en invernadero, con datos reales y captados en la zona y podrán ser útiles en el municipio de Othón P. Blanco y para el resto del estado, debido a que la radiación es similar o igual. Además de poder utilizarse en el cultivo de tomate podrá practicarse con otros cultivos alternos. En la (figura 12) se aprecia la estación meteorológica instalada en el invernadero que capta la información.



Figura 12: Estación meteorológica

5.8 Labores culturales

5.8.1 Siembra y plantación

En la primera semana de agosto se realizó la siembra en charolas germinadoras de 200 cavidades que sirvió para su germinación, utilizando germinasa. Al momento de la siembra se aplicó un germinador denominado Agromil-GH en una concentración de 1 ml/l de agua. Se depositaron 2 semillas de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*), por cada cavidad de la charola de unicel de 200 cavidades de la variedad **Uc 82 B el Rey**, para asegurar la germinación de la planta que se ocupó para el trabajo. Tal como se aprecia en la (Figura 13), siembra de semilla en charola. A inicios de la segunda semana de agosto dio inicio la germinación de la semilla y durante la misma semana se aplicó el primer riego con MAP con una dosis de 2 g/l de agua. Se observa en la (Figura 14) el riego de plántulas.



Figura 13: Siembra de semilla en charola



Figura 14: Riego de plántulas.

5.8.2 Marcos de plantación

El marco de plantación utilizado para el cultivo de tomate rojo fue de 2 hileras de 15 m. En cada hilera se trasplantaron 36 plantas, con una distancia entre planta de 0.40 m, en ambas hileras se trasplantaron 72 plantas. La densidad de siembra utilizada fue de 2.5 plantas por m lineal. En la (Figura 15) se aprecia la medición de distancia de plantación. Una vez medida las distancias de planta se inició el trasplante tal como aparece en (Figura 16).



Figura 15: Medición de distancia de plantación.



Figura 16: Trasplante de tomate rojo

5.8.3 Variedades

La variedad de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) utilizado para el proyecto es la de **Uc 82 B el Rey** con una maduración tardía, pero adaptada a la región de la península de Yucatán.

5.8.4 Riegos

Se programaron 10 riegos diarios con una duración de 1 minuto por riego, con rangos de una hora. Seis días por semana se regó con solución nutritiva y un día solo con agua, el pH del agua era de 7.80, y se tuvo que disminuir el pH a 5.50 (Rangos pH en el agua es de 5 a 6 para el cultivo de tomate rojo) y la conductividad eléctrica del agua era de 4 y se tuvo que bajar a un rango de 3 a 3.5. Para que se pudiera utilizar el agua en el sistema de riego se tuvo que aplicar ácido sulfúrico ya que el contenido de sales en el agua

es alto y hubo la necesidad de neutralizarla para la aplicación de la solución nutritiva. La solución ofrecida es de 140 ml de solución por planta esto debido a que cada planta tiene 2 piqueras.

5.8.5. Tutorado

Esta actividad es de suma importancia ya que con ello se mantuvo la planta erecta, favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallados, recolección, etc.). Repercutiendo en la producción final y en calidad del fruto así como también en el control de las enfermedades. La sujeción fue realizada con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (liado o anudado) y de otro a un alambre galvanizado situado a determinada altura por encima de la planta, de manera que no se incruste en el tallo de la planta véase (Figura 17).



Figura 17: Tutoros del cultivo

5.8.6 Aporque

Esta actividad se realizó varias veces durante el ciclo productivo, con esto se fortalece la consistencia de las raíces y mejora la fuerza de sostenimiento de los tallos. En la (Figura 18) se aprecia la actividad en una planta de 6 días de haberse trasplantado.



Figura 18: Aporque de tomate rojo

5.8.7 Poda

La poda del cultivo se realizó en la primera floración debido al rápido crecimiento de la planta, con la eliminación de brotes secundarios y frutos hasta una altura de 25 a 60 cm. De acuerdo a la planta ya que le promedio de altura fue de 1 m.

5.8.8 Destallado

Se despuntaron o eliminaron brotes laterales por encima de la segunda hoja en varias ocasiones, realizando esta actividad se aumentó la floración de las plantas.(Figura 19) Destallado de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*)variedad Uc 82 B el Rey.



Figura 19: Destallado de tomate rojo

5.8.9 Deshojado

Se suprimieron las primeras hojas, amarillas o enfermas. Esta actividad se realizó mediante el apoyo de un cúter, antes de hacer esta actividad se desinfectaba el cúter con el apoyo de cloro al 10%. En la (Figura 20) se visualiza la actividad de deshojado.



Figura 20: Deshojado de tomate rojo

5.8.10 Aclareo de frutos

En los racimos donde existía más de 5 frutos, fueron eliminados, al igual que aquellos que aparecieron agrupados en las axilas de las hojas, dejando un solo fruto por axila. Esta actividad sirvió para que los frutos que se fueron dejando sean las mejores y su desarrollo sea el óptimo. (Figura 21



Figura 21: Aclareo o desfrute

5.8.11 Cosecha

La cosecha se realizó aproximadamente a los 2.5 a 3 meses, después del trasplante, la producción fue de 37.55 kilos en 2 cortes. La producción fue baja debido a que la variedad trabajada no está adaptada para invernadero y el desarrollo de planta y fruto no fue la esperada.

VI. RESULTADOS

Con el apoyo de una estación meteorológica instalada en el invernadero (marca watchdog 2000 series), Se obtuvo información de la radiación solar y Humedad relativa durante los meses de septiembre a diciembre del año 2013 (figura 22). Después de ser procesada, la información nos indica que durante estos meses la radiación solar fue muy baja. El promedio menor obtenido fue en el mes de diciembre, y la radiación mínima fue en noviembre del año 2013. Véase (cuadro 2) y (Figura 23).



Figura 22: Lectura de radiación solar y humedad relativa

Cuadro 2: Comportamiento de Radiación Solar Sept-Dic. 2013
unidad de medida Kwh/m²

Estadística	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio	5.62	5.84	5.57	5.46
Varianza	0.05	0.02	0.08	0.02
Mínimo	5.40	5.56	4.78	5.16
Máximo	5.85	6.03	5.92	5.63

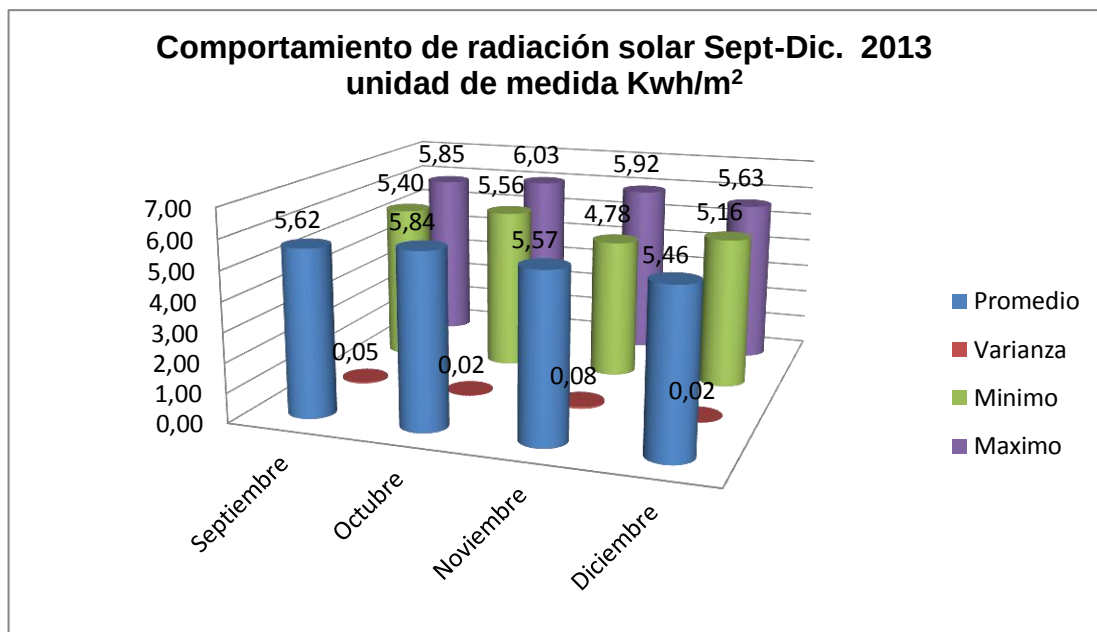


Figura23: Radiación solar

También se obtuvo la información de la humedad relativa, sin embargo este fue lo contrario que el de radiación solar, la humedad capturada con la estación meteorológica fue demasiado elevado alcanzando hasta 100 % y un mínimo de 36%. Esto debido a un exceso de precipitación pluvial durante estos meses. La baja radiación y la alta precipitación favorecen el exceso de humedad relativa. Véase (cuadro 3) y (figura 24)

Cuadro 3: Comportamiento de Humedad Relativa Sept.-Dic. 2013
Unidad de medida %

Estadística	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Promedio	68.50	77.41	77.57	77.59
Varianza	745.90	503.41	496.11	502.25
Mínimo	40.00	37.00	36.00	41.00
Máximo	95.00	100.00	100.00	100.00

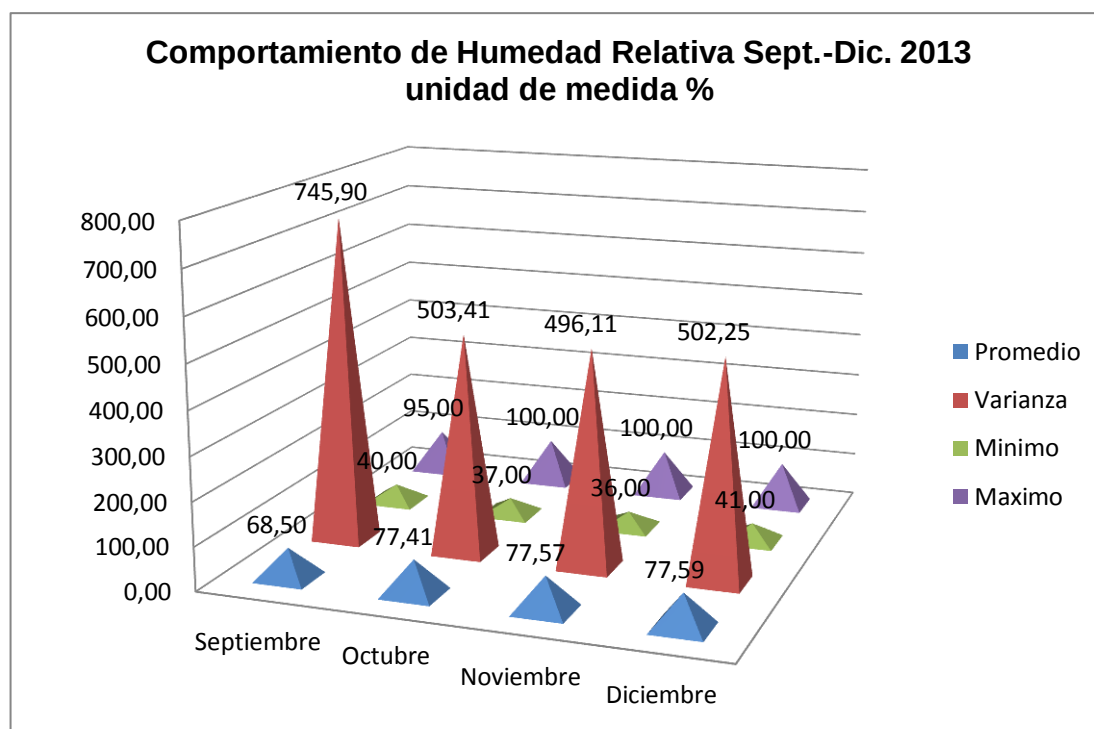


Figura 24: Humedad relativa

La actividad de medición de altura de planta se realizó desde los 15 días después de haberse trasplantado las plantas de tomate rojo concluyendo en la segunda semana de diciembre del año 2013. Para esta actividad se utilizó un fluxómetro de 5 metros, una libreta y un lápiz. Se analizó los datos estadísticos y se refleja que el desarrollo de altura no fue la esperada obteniendo un promedio no mayor a 1 metro de altura. Véase (cuadro 4).

Cuadro 4: Altura de planta

Estadística	Altura cm.
Mínimo	0.55
Máximo	2.00
Promedio	0.95
Varianza	0.08

Al igual que al altura, fue medida el grosor de tallo de la planta ambas actividades se practicaron en común, se realizó con el apoyo de un vernier, la cual se midió la parte de abajo, centro y alto del tallo. Se calculó el promedio de grosor del tallo para poder obtener los datos estadísticos véase (cuadro 5) siendo un promedio considerable el desarrollo del grosor de la planta.

Cuadro 5: Tallo de planta

Estadística	Grosor mm.
Mínimo	9.72
Máximo	13.83
Promedio	11.49
Varianza	1.26

La solución nutritiva utilizada fue excelente, desarrollando, tallo, hojas, flores sin embargo por exceso de humedad y por el tipo de variedad utilizada del cultivo de tomate rojo los frutos no alcanzaron un desarrollo adecuado.

Otro factor importante observado fue la polinización, se realizó de dos formas, la primera fue con el apoyo de abejas y no funciono. Y la otra mediante la aplicación de polinizadores que tampoco funciono por alta humedad dentro y fuera del invernadero.

VII. CONCLUSIONES

En relación a los resultados obtenidos en la captura de la radiación solar y el análisis de varianza, promedio, máximo y mínimo se concluye que la radiación solar es de gran importancia para el desarrollo de un cultivo y que para los meses de septiembre a diciembre la radiación es baja, debido a que es la temporada de altas precipitaciones debido al fenómeno atmosférico conocido como “Nortes”. En lo que se refiere a la humedad relativa estos meses son demasiados elevados alcanzando hasta el 100% diario y que para el cultivo de tomate rojo es perjudicial. Con una humedad relativa elevada los hongos tienden a reproducirse con facilidad.

El cultivo de tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) de la variedad **Uc 82 B el Rey** requiere una alta luminosidad para su buen desarrollo, al estar este cultivo en condiciones controladas o de invernadero, se aceleró su floración sin llegar a la fecundación, motivo por la cual el fruto no se desarrolló. Aparece ser un producto de injerto ya que no produce semilla para su multiplicación.

Se concluye que los meses de septiembre a diciembre son muy altos en humedad relativa lo que dificulta la polinización de las flores y disminuye el crecimiento adecuado de los frutos, ya que se forman pero no son fecundadas. Los frutos de este tipo al no contar con una fecundación no produce semilla y la maduración se realiza en periodos cortos y con tamaños pequeños. Se practicó la polinización mediante el uso de abejas

africanizadas dentro del invernadero, la cual no fue eficaz debido que el olor de las flores no las atrae. La flor del tomate rojo no son melíferas, solamente son políferas. Cabe hacer mención que el estudio se realizó en invernadero tipo túnel.

Se recomienda que el cultivo de tomate debe ser de una variedad adaptada a invernadero, y que el invernadero tenga las especificaciones necesarias para cada cultivo, características: Con una altura óptima de 7 a 8 metros. Ya que es un cultivo que tiene un crecimiento acelerado y podría alcanzar los 4 o 5 metros de altura.

VIII REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS.

Garza M. y M. Molina 2008. Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el estado de Nuevo León.

Gil I.; Bastida A.; Reyes D.; Flores G.; Miranda I.; Morales J.; Ramírez A.; Hernández J.; y Navarro E. 2010. Manejo de cultivos hidropónicos bajo invernadero.

<http://www.mexicosolar.com/esolar.html>. Fecha de acceso 5 de diciembre de 2013.

Jaramillo J.; Rodríguez V.; Guzmán M.; Zapata M. y Rengifo T. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas.

Nuño R. 2007. Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el Valle de Mexicali Baja California.

Ramírez J. 2005. Control jerárquico multiobjetivo de crecimiento de cultivos bajo invernadero

Soria M J, 1996.Tecnología para la producción de hortalizas a cielo abierto en la península de Yucatán.

Valera D.; Molina F.; Pérez J.; López J.; Martínez J.; Reca J.; Salinas J.;
Pérez J.; Navarro J.; Gómez M.; Plaza F.; Morón S.; Gil J.; Peña A.;
Madueño A.; Urrestarazu M.; Salas M.; Hernández J.; Moreno J.; Ruiz J.;
Álvarez A.; Castilla F.; y Soriano T. 2003. Control climático en invernaderos

www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxC3.pdf.

Fecha de acceso 5 de diciembre de 2013.

www.ecotec2000.del.español/sun7.htm. Fecha de acceso 5 de diciembre de
2013.

www.pesco.com.mx/pesco/eficiencia/index.php/.../radiación-solar Fecha de
acceso 5 de diciembre de 2013.