

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Producción de plántula de dos especies de solanáceas (*Lycopersicon esculentum* Mill y *Physalis ixocarpa* Brot) bajo cubiertas plásticas de colores

Por:

JAIRO VÁZQUEZ LEE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.

ABRIL del 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Producción de plántula de 2 especies de solanáceas (*Lycopersicon esculentum*
Mill y *Physalis ixocarpa* Brot) bajo cubiertas plásticas de colores

TESIS DE LICENCIATURA

Presentado por:

JAIRO VAZQUEZ LEE

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobado por:



Dr. Valentín Robledo Torres

Asesor Principal



Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Sinodal




MC. Alberto Sandoval Rangel

Sinodal



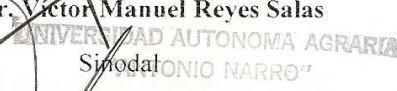
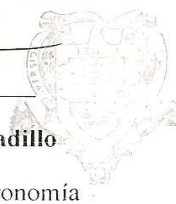
Dr. Victor Manuel Reyes Salas

Sinodal



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coordinador de la División de Agronomía



División de Agronomía
Coordinación.

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Abril del 2009

DEDICATORIAS

Este trabajo de investigación es muy importante porque representa el final de la licenciatura en mi carrera como Ingeniero Agrónomo en Horticultura, por lo que está dedicado con mucho cariño y respeto a toda mi familia que me apoyaron en todo este tiempo de universitario.

A mi Mamá:

Leticia Lee Sosa

Por su amor, cariño, consejos y comprensión en las buenas y en las malas situaciones que me ocurrieron en todo este tiempo.

A mi Papá:

Román Vázquez Cruz

Por sus consejos, por darme ánimos en todo momento, por su apoyo económico que me hizo concentrarme solo en el estudio, por sus enseñanzas en esas jornadas de trabajo vacacionales en las que disfruté gratamente de su compañía, por ser un ejemplo a seguir en dedicación y gusto por el trabajo. Debo reconocer que he tratado de imitarte y ser como tú y vaya que si es difícil pero algún día lo lograré.

A mis hermanos:

Angélica, Eduardo y Juan Carlos por su apoyo moral y anímico y por sus consejos con tal de ayudarme a salir adelante.

A mi sobrino Luis Fernando Orellán Vázquez y mi primo Alberto Cruz Lee:

Por llenarme de entretenimiento en los días libres que pasé con ustedes en vacaciones.

A mis abuelos:

Juan Lee Hernández y Trinidad Cruz por desearme suerte y exhortarme a seguir adelante.

A toda mi familia, por animarme a terminar esta carrera.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada a **Dios**

Porque me ha acompañado en los momentos difíciles, por concederme salud, paz y tranquilidad en todo este tiempo, gracias por darle la existencia a mis padres que por ellos tengo el gusto de la vida. Lleno de fé en tí Dios, te agradezco profundamente de todo corazón.

A mi Alma Terra Mater

Por darme la oportunidad de cursar una carrera y convertirme en un profesional, es un orgullo para mí haber estudiado en esta universidad.

A mis maestros

Por haberme dado sus clases en las que se esmeraron por brindarme sus conocimientos y enseñanzas para mi formación.

A mis asesores:

Dr. Valentín Robledo Torres, Dr. Adalberto Benavides Mendoza, MC. Alberto Sandoval Rangel, Dr. Víctor Manuel Reyes Salas, por haberme ayudado incondicionalmente para terminar este trabajo de investigación

A todos los camaradas y amigos de la generación:

Bety, Beyki, Licha, Marina, Catherine, Adela, Estela, Argelia, Nicanor, Fernando, Lalo, Toto, Nucamendi, Tariacuri, Gera, Palma, Paco, Mario Alberto, Lacho, Mario, Soruyo, Cubano, Wilber, Porfirio, Rey, Adrián, Migue, Beli, Moyado; que Dios los bendiga y les deseo mucho éxito en su vida profesional.

Al Ing. Juan Manuel Ramírez por haberme dado parte de sus conocimientos en los trabajos de campo realizados.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
HIPOTESIS	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
La plasticultura.....	3
Características de los plásticos.....	5
Características de los plásticos de colores	6
Propiedades de los plásticos utilizados como cubiertas.....	7
Propiedades físicas	7
Propiedades térmicas.....	9
Transmisión de la radiación solar	9
Propiedades ópticas de los plásticos utilizados en la agricultura.....	9
Tipos de materiales de cubierta.....	11
Plásticos flexibles.....	11
PVC.....	12
PE	12
Copolímero Etil – Acetato de vinilo (EVA)	15
Desarrollo de nuevas formulaciones	16
Plásticos fotoselectivos	17
Manejo y mantenimiento de plásticos.....	17

Microtúneles.....	18
Ventajas.....	19
Germinación de semillas	19
Proceso de la germinación	19
Factores que afectan a la germinación	20
Propagación de plantas.....	21
Propagación de tomate	21
Propagación de tomate de cáscara.....	22
Calidad de plántula.....	22
La importancia de la producción de plántulas.....	23
Trasplante.....	24
Fisiología vegetal y medio ambiente	24
Influencia espectral en la fisiología de la planta	24
Temperatura ambiente.....	26
Transpiración.....	26
Características de radiación.....	26
Calidad de la luz.....	27
La luz como factor morfogénico	28
Energía luminosa o visible	30
MATERIALES Y MÉTODOS	31
Localización geográfica del área experimental.....	31
Características edafoclimáticas	31
Materiales para el establecimiento de los microtúneles.....	32
Procedimiento de instalación	33
Preparación del sustrato para siembra.....	33
Material genético.....	33

Diseño experimental.....	34
Método	34
Variables a evaluar.....	34
Días a emergencia	35
Diámetro de tallo.....	35
Longitud de tallo	35
Longitud de tallo	35
Número de hojas	35
Peso fresco y peso seco aéreo	35
Peso fresco y peso seco radicular.....	35
Análisis estadístico.....	36
RESULTADOS Y DISCUSION	37
Días a emergencia	38
Diámetro de tallo.....	39
Longitud de tallo	40
Número de hojas	41
Peso fresco aéreo.....	42
Peso seco aéreo	42
Peso fresco radicular	43
Peso seco radicular.....	44
CONCLUSIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Duración de plásticos normalizados para invernadero.....	9
Cuadro 2. Influencia de la luz en algunos procesos de las plantas	10
Cuadro 3. Valoración de las principales propiedades de tres de los materiales de cubierta plástica más utilizada	16
Cuadro 4. Respuesta de los cultivos a diferentes longitudes de onda	25
Cuadro 5. Lecturas registradas diariamente en los microtúneles durante el ciclo de producción de dos especies de solanáceas	36
Cuadro 6. Porcentaje de emergencia de plantas de tomate y tomate de cáscara estimado en dos etapas de muestreo bajo microtúneles de colores en Saltillo Coahuila	38
Cuadro 7. Valores medios de siete variables estimadas en plántulas de <i>Lycopersicon esculentum</i> y <i>Physalis ixocarp</i> i, desarrolladas bajo microtúneles con cubiertas de colores, en Saltillo, Coahuila.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de la colocación de las charolas sembradas con cada cultivo.....	32
Figura 2. Croquis de la distribución de los tratamientos en campo	33

RESUMEN

La producción de tomate rojo y tomate de cáscara en nuestro país hoy en día es muy extendida, son cultivo que dan buenas ganancias económicas a los productores, pero para ello, se deben tener a las plantas en las mejores condiciones para que puedan desarrollarse adecuadamente.

Este trabajo de investigación abarca aspectos importantes en lo que se refiere a la fase inicial de los cultivos. La obtención de plántula de calidad es de gran interés para todo productor que pretende tener buenos resultados al final del ciclo de producción, y es que para lograrlos, el ciclo debe empezar correctamente teniendo una plántula sana, bien nutrida y fuerte que sea capaz de adaptarse a las condiciones climatológicas a las que estará expuesta.

El uso de cubiertas plásticas en microtúneles se ha usado con el objetivo de obtener plántulas que muestren las mejores características para el posterior trasplante que será realizado en campo, así que en esta investigación se pusieron a prueba diferentes colores tales como el amarillo, blanco, verde, rojo y azul, además de que se utilizó el plástico transparente como testigo.

Los resultados que se obtuvieron fueron muy diversos en cada uno de los colores, demostrando que el color blanco principalmente y el color amarillo son los más adecuados para obtener la mejor calidad de plántula.

El plástico transparente demostró que no es adecuado para llevar a cabo la producción de plántula, ya que las condiciones ambientales en las que mantuvo a las plántulas en su interior no permitieron que éstas logran sobrevivir, por lo que ni siquiera se tomó en cuenta en los análisis estadísticos.

Palabras clave

Cubiertas plásticas, plántulas, tomate rojo, tomate de cáscara, calidad, trasplante

INTRODUCCION

Los plásticos han revolucionado las técnicas de producción agrícola y es común su uso en forma de películas para acolchado, microtúneles, túneles e invernaderos. En México, el uso de invernaderos ha adquirido auge en la producción de hortalizas en gran escala, específicamente de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y chile (*Capsicum annuum* L.). Los avances en el trasplante, tales como el uso de sustratos especiales, programas de fertilización para plántulas, charolas de múltiples cavidades, híbridos de alto valor y el uso de invernaderos han contribuido al crecimiento de la industria, al incrementar la seguridad de los cultivos (Wien, 1997; Orzolek y Lamont, 1999).

Es posible manipular las respuestas adaptativas de los vegetales modificando los factores ambientales a los que son más sensibles, por lo que la industria hortícola y la de plásticos para uso agrícola han puesto énfasis en el estudio de la radiación. En invernadero son factores clave la intensidad y la calidad de la radiación (balance espectral), ya que modifican la temperatura interna y las respuestas morfológicas y fisiológicas de las plantas (Benavides, 1998). Las plantas son organismos que carecen de movilidad, por lo que desarrollan una serie de adaptaciones en el tamaño, composición y eficiencia de los sistemas de captura de radiación que compensan las variaciones en la disponibilidad de energía solar (Geiger y Servaites, 1994). La adaptación se consigue por la acción conjunta de diferentes fotorreceptores (clorofilas, carotenoides, fitocromos, etc.), con los cuales la planta percibe las características de la radiación como duración, intensidad, dirección y calidad espectral (Smith, 1995). En base a lo anterior se puede afirmar que modificando la radiación que incide sobre la planta es posible modificar su comportamiento, por lo tanto, un cambio en el espectro.

La influencia de la porción ultravioleta del espectro en las plantas está poco estudiada, si bien es importante porque elimina muchos microorganismos e influye en el poder de germinación y en la calidad de las semillas.

Serrano (1990) hizo referencia a la luminosidad como un factor de importancia decisiva en los procesos vitales de las plantas y citó que entre otros interviene en la germinación, en la fotosíntesis, en el fotoperiodismo, en el fototropismo, en la

floración, etc. En relación a la germinación reportó que los colores violeta, azul oscuro, azul, anaranjado y rojo son óptimos para que este proceso se lleve a cabo; en cambio el verde y el amarillo son colores regulares y el ultravioleta es malo o detrimental para la germinación de la semilla. En concordancia con este autor, Torres (1995) reportó resultados de investigación en hortalizas como tomate y rábano con buenos resultados de germinación al utilizar el color anaranjado y el rojo.

OBJETIVO

- Estudiar el comportamiento de plántulas sembradas bajo diferentes colores de cubiertas plásticas.
- Estimar las variaciones de características climáticas bajo diferentes colores de cubiertas plásticas.

HIPÓTESIS

- ❖ El color de la cubierta plástica afecta las características de crecimiento de las plántulas.

REVISIÓN DE LITERATURA

La Plasticultura

Esta técnica se define como la utilización de los plásticos en la agricultura, su interés estriba por los grandes beneficios que se obtienen con su utilización, ya que contribuye en gran medida a la solución de problemas relacionados con el agro y puede afirmarse con certeza que los plásticos han revolucionado algunas de las prácticas de producción tradicionalmente utilizadas.

La importancia que presentan las películas plásticas, se debe a que ofrecen una amplia gama de aplicaciones en la agricultura, ya que se utilizan para el acolchado de suelos, cubiertas de túneles, invernaderos, sistemas de conducción, sombreado, etc., prueba de ello es que actualmente se han superado los tres millones de hectáreas con la utilización de plásticos.

Revisando las cifras que existen en diferentes épocas de la plasticultura en México, se puede observar que el verdadero uso de la plasticultura no ha tenido el auge que se esperaba, ya que hasta 1995 solo existían 10,000 hectáreas de acolchado y microtúneles.

La práctica de acolchado se inició con el uso de residuos orgánicos de rastrojo de maíz, hojas de palma, cartón asfaltado y otros, sin embargo, no contribuyeron significativamente a la solución de problemas, debido a su alto costo y dificultad de adquisición. De acuerdo a esta situación, la plasticultura representa una nueva técnica que permite fomentar la rápida transformación del sector agrícola para elevar el ingreso de los agricultores de nuestro país y del mundo.

El nuevo enfoque de la plasticultura se ha reforzado con el diseño de sistemas de fertirrigación, riego presurizado, solarización, quimigación, cubiertas flotantes, microtúneles y acolchados.

El empleo de películas plásticas de polietileno (PE) o cloruro de polivinilo (PVC) como cubierta de suelo se inició comercialmente en el año de 1960, sin embargo en la década de los 70's se logró tener un auge muy importante debido al impacto generado por los constantes cambios climatológicos en el mundo, entre ellos la sequía, la evaporación de la humedad, las heladas y enfermedades causadas por virosis, constituyéndose de esta forma en una alternativa efectiva en la solución de estos problemas al impulsar el desarrollo de una agricultura protegida.

Actualmente en México, se ha incrementado en forma significativa el uso de los plásticos en la agricultura principalmente en cultivos hortícolas, ya que con esta técnica se ha demostrado que es factible reducir el consumo de agua por el cultivo hasta en un 50%, logrando hacer un uso más eficiente, sobre todo en regiones de baja precipitación.

En regiones de bajas temperaturas el acolchado mantiene al cultivo con temperaturas más adecuadas, debido a la capacidad de retener el calor, de esta forma se mejora el microclima entre planta, suelo y atmósfera, a la vez esto permite modificar las características fenológicas y el rendimiento de ciertos cultivos.

Nuestro país es considerado actualmente uno de los principales productores de hidrocarburos en el ámbito mundial, esta característica lo hace autosuficiente en la producción de materiales plásticos, propiciando con esto que una gran parte de los agricultores se interesen por el uso de los materiales plásticos en diversas formas, sin embargo hay poca información respecto a prácticas adecuadas de manejo del cultivo con sistemas de producción con plásticos.

Los principales factores que han determinado el uso de plásticos en los sistemas de producción son: el abatimiento de los mantos acuíferos, condiciones climáticas adversas, aspectos socioeconómicos y alimentarios. Por otra parte, debido a las estrategias en el desarrollo de tecnología de punta enfocadas a resolver las demandas de alimentos que tiene el país, la plasticultura ofrece varias ventajas que benefician la economía del agro, si consideramos que aproximadamente el 67% del territorio está constituido por zonas áridas y semiáridas.

Características de los Plásticos

La utilización agrícola de los plásticos consiste principalmente en seleccionar el tipo de plástico que sea más adecuado para su uso, para ello deben tomarse en cuenta dos principios básicos: el factor económico y las características del material.

Los materiales plásticos que mas se utilizan en la agricultura por su versatilidad en su aplicación son aquellos que presentan las siguientes características: ligeros, flexibles o rígidos según sea su uso, fácil manipulación, resistentes a heladas y granizos, así los plásticos flexibles se utilizan para túneles y los rígidos para invernaderos, tuberías y otros.

Los plásticos son de gran importancia debido a sus características de actuar formando una pantalla que muestra una opacidad a los rayos infrarrojos, por tal motivo tiende a mantener una mayor temperatura en su cara interna que externa, a la vez está relacionado con la retención de calor y el coeficiente de conductividad térmica acumulado en su interior, ocasionando un mejor microclima por las reacciones caloríficas emitidas del suelo hacia las plantas durante la noche.

El efecto de un acolchado plástico sobre la temperatura superficial del suelo y el balance de radiación es determinado por las propiedades ópticas de las películas, basándose en lo anterior, un plástico es considerado mejor cuando más transparente sea a las radiaciones que el sol emita en mayor cantidad.

En general las pérdidas por transmisión de la radiación visible e infrarroja corta por el plástico, se deben mas a su índice de reflexión que a su absorbancia, el mayor o menor espesor de las laminas no influye de forma importante en la transmisión de la radiación visible y de la solar global.

El poder de absorción se considera insignificante a todo lo largo del espectro solar; el vidrio, polietileno y poliamidas poseen un poder de absorción real, mayor al visible que es prácticamente nulo, independientemente de cual sea el espesor de todos los plásticos en la agricultura. El policloruro de vinilo absorbe el 5% en

espesores de entre 0.05 y 0.25 mm; el polietileno absorbe entre el 5 y 35% en espesores entre 0.03 y 0.5 mm.

La reflexión que poseen algunos materiales depende de la longitud de onda que reciben, por ejemplo, el polietileno con una radiación de 300 nm, puede tener un poder de reflexión del 5%, mientras que longitudes de onda de 1200 nm, tiene un poder de reflexión del 14%, las pérdidas de reflexión disminuyen significativamente la cantidad de luz que llega a las plantas bajo acolchado.

La difusión que poseen los plásticos ofrece la ventaja de evitar que los agricultores tengan que bloquear las construcciones para eliminar la luz del sol que llega en forma directa y en exceso, los materiales con mayor poder de difusión son el poliéster, fibra de vidrio, ciertos tipos de PVC y el poliestireno.

Para que se lleve a cabo la actividad microbiana en el suelo se requiere la presencia de energía que procede directa o indirectamente del sol, la energía es necesaria para la formación de clorofila y es considerada el principal agente para que se realice el proceso de fotosíntesis. En investigaciones recientes se ha demostrado que la precocidad, rendimiento y calidad de ciertos cultivos pueden ser incrementados al aumentar las temperaturas del suelo y a la reducción de la evaporación de la superficie del suelo.

Por otra parte, las películas plásticas tienden a oxidarse y a degradarse fácilmente por la acción del efecto del aire y los rayos ultravioleta producidos por el sol, por lo tanto, es necesario añadir antioxidantes absorbentes de luz ultravioleta y otros aditivos para su mayor duración.

Características de los Plásticos de Colores

Los materiales transparentes a la luz tienen una frecuencia de vibración menor a la de la luz visible y sus átomos no pueden ser afectados por las ondas de este tipo de luz, por lo tanto dejan pasar diferentes longitudes de onda. Este es el caso del vidrio, el agua y de los materiales transparentes. Las ondas infrarrojas, cuyas frecuencias

son menores que las de la luz visible, hacen vibrar no solo los electrones, sino toda la estructura del material, aumentando la temperatura del cuerpo afectado. Esto ocurre con todos los cuerpos opacos o negros, la luz solar los calienta cuando inciden sobre ellos porque captan la mayor parte de ella, la convierten en calor y reflejan poca energía (Hewitt, 1995).

El polietileno transparente tiene un poder absorbente del 5 al 30%, en los espesores utilizados en agricultura; el poder de reflexión es de 10 al 14%, el poder de difusión es bajo, según esto la transparencia del polietileno está comprendida entre el 70 y 85%, es decir dentro del recinto cubierto por el material plástico se percibe un 15 a 30% menos de luz que en el exterior (Ledesma, 1994). En el plástico transparente las fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche son pronunciadas; en el día el efecto de invernadero está a su nivel máximo, siendo transmitido el 80% de la radiación al suelo. En la noche la permeabilidad del plástico a la radiación de longitud de onda infrarroja es alta, lo cual significa que la pérdida de energía térmica de radiación terrestre sea considerable (Ibarra y Rodríguez, 1991).

El color rojo transmite una longitud de onda desde 825 a 900 nm en respuesta a la fotosíntesis, germinación y desarrollo vegetativo de plántulas (Orzolek et al., 1995).

Propiedades de los Plásticos Utilizados Como Cubiertas

Propiedades Físicas

La elección de un determinado material de cubierta influirá en el tipo de estructura del invernadero, es decir, determinará el peso que debe soportar la estructura por tanto el espacio que debe haber entre pilares, barras de soporte, correas, distancia entre canal y cumbrera y forma del techo.

Peso. Los filmes de plástico tienen poco peso lo que reduce su exigencia en estructuras y por tanto aumenta la uniformidad de la luz en el interior al reducir el sombreado. Los materiales rígidos además de un peso mayor acostumbran a tener un

tamaño más reducido con lo cual requieren un mayor número de soportes, y influirá también en una menor estanqueidad.

Densidad. Informa sobre la cristalinidad de los polímeros. Ésta modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas del polímero. Una densidad baja facilita la manipulación y el transporte o un menor precio.

Espesor. Las unidades de medida serán milímetros generalmente utilizados para vidrio, plásticos rígidos y micras o galgas para los filmes, 100 μm equivalen a 400 galgas. (1 mm = 1000 μm). En filmes el espesor recomendado para proteger el cultivo en las bajas temperaturas es de 200 - 800 galgas.

Resistencia a la rotura (especialmente en zonas de granizo, nieve o viento), resistencia a la deformación por altas temperaturas, resistencia a la rotura por bajas temperaturas.

Envejecimiento. El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero viene determinado por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas.

a) **Envejecimiento Físico.** El seguimiento de la degradación física de los materiales se puede realizar regularmente por una simple observación que revele la aparición de desgarraduras en láminas plásticas y mallas de sombreo, desprendimiento de la capa de aluminio en pantallas térmicas, fractura de la muestra en materiales rígidos, etc.

b) **El Envejecimiento Radiométrico.** Un procedimiento sencillo para determinar los cambios en la transmisión de luz de un material, debidos a la acción de los rayos solares, es medir periódicamente la radiación fotosintética activa (PAR) comprendida entre 400 y 700 nm, que es primordial para las plantas, ya que condiciona su rendimiento. Esta medida hecha tanto al aire libre como bajo el material de cubierta, nos informa de las variaciones en la capacidad de éste para transmitir el máximo de luz.

Cuadro 1. Duración de plásticos normalizados para invernaderos (Fuente: Serrano, 1994)

Tipo de plástico	Espesor	Duración (en Almería España)	Radiación solar recibida Kcal/ cm²
Polietileno “normal” (sin aditivos)	150 micras	6-8 meses	< 148
Polietileno “larga duración”	180 micras	2 años	296
Polietileno “Térmico larga duración”	200 micras	2 años	296
Copolímero EVA (12 % AV)	200 micras	2 años	296
Copolímero EVA (6 % AV)	100 micras	1 año	148

Propiedades Térmicas

La capacidad de protección contra el frío de un material depende por un lado de su transmitancia para la radiación IR larga, y por otro de las pérdidas por conducción y convección. En condiciones estables de laboratorio se mide un coeficiente K global de pérdidas caloríficas, que expresa el conjunto de pérdidas radiantes, convectivas y conductivas, y que permite comparar unos materiales con otros.

Transmisión de la Radiación Solar

Transmitancia. Es la propiedad de los materiales de dejar pasar la radiación solar, se expresaría como la relación entre la radiación en el interior del invernadero y la medida simultáneamente en el exterior. La transmisión depende del ángulo de incidencia de la cubierta.

Propiedades Ópticas de los Plásticos Utilizados en la Agricultura

La radiación luminosa correspondiente al espectro visible es una mezcla de colores definidos por una gama de longitudes de onda. Es bien conocido que la luz interviene en el desarrollo general de las plantas y tiene una importancia en todos los procesos vitales de los vegetales; así tenemos que la luz además de intervenir en la fotosíntesis interviene en el fotoperiodo (fundamentalmente luz roja y roja lejana), fototropismo (que responde fundamentalmente a la luz azul) fotomorfogénesis (absorción de luz azul de alta intensidad y actividad del fitocromo), crecimiento de

los tejidos, floración, etc. En el Cuadro 2 se presenta la influencia de la luz en la fisiología de las plantas (Hernández, 1993). En el desarrollo de la clorofila son imprescindibles las radiaciones de 600 a 690 nm (rojo-naranja); la radiación de 430 a 500 nm (azul-violeta) actúa como medio activador y las radiaciones infrarrojas (IR) superiores a 760 nm aportan el calor necesario.

Cuadro 2. Influencia de la luz en algunos procesos de las plantas.

Fisiología de la Planta		Germinación	Crecimiento de tallos	Tamaño de hojas	Fotosíntesis	Enraizamiento
Clase de luz						
UV	Lejano	x	x	X	x	x
	Próximo	E f e c t o r e s t r i c t i v o				
V i s i b l e	Violeta					
	Azul	O	B	O	O	B
	Obscuro					
	Verde	R	R	R	B	R
	Amarillo					
	Anaranjado	O	O	B	O	
	Rojo					
IR	Próximo	Necesario para calentar				
	Lejano	Necesario para conservar el calor				

X= malo, O= optimo, B=bueno, R= regular

Un material ideal como cubierta debe dejar pasar las radiaciones comprendidas entre 300 y 3000 nm y ser opaco a las radiaciones de mayor longitud de onda, que corresponden a la radiación infrarroja emitida por el suelo y por las plantas. Así, radiaciones azules y rojas son más favorables para el desarrollo horizontal de las plantas (tallos menos largos, mayor peso de hojas, mayor peso de raíces, etc.). Además, se consigue reducir la temperatura en uno o dos °C en las horas de máxima luminosidad (Serrano, 1990). También Bidwell, reportó que la calidad de la luz de las bandas violeta, azul oscuro y azul, son óptimas para la germinación, el tamaño de la hoja y para enraizamiento; en cambio la luz en las bandas verde y amarilla es regular para estos mismos procesos. El color anaranjado es óptimo para la germinación.

Tipos de Materiales de Cubierta para Invernaderos

La importancia del material de cobertura en un cultivo bajo invernadero estriba en que constituye el agente modificador del clima natural de la zona en donde se vaya a construir el invernadero. La elección del material de cobertura dependerá de una serie de criterios o indicadores, que interaccionados entre sí, ayudarán al agricultor en la elección del material apropiado. Estos indicadores se pueden resumir en:

- Respuesta agronómica debida al material empleado (precocidad, producción y calidad).
- Propiedades ópticas, térmicas y mecánicas del material de cubierta.

El material ideal sería el que cumpliera los requisitos siguientes: buen efecto de abrigo, gran retención de calor, gran rendimiento térmico, gran transparencia a las radiaciones solares, gran opacidad a las radiaciones infrarrojas largas emitidas por suelo y planta durante la noche.

Los materiales que pueden cumplir todas estas exigencias son caros y exigen estructuras costosas. El material ideal sería el que tuviese el espesor y flexibilidad de los plásticos y las propiedades ópticas del vidrio. Es decir, el que sea muy permeable, durante el día, a las radiaciones de longitud de onda inferiores a 2500 nm y por la noche fuera lo más opaco posible a las radiaciones de longitud de onda larga, emitida por suelo y plantas, que son las que mantienen calientes a los invernaderos (Mantallana y Montero, 1995).

Plásticos flexibles

Son materiales sintéticos, compuestos generalmente por moléculas orgánicas con un elevado peso molecular. Son termoplásticos, es decir, permiten ser sometidos a diferentes ciclos térmicos pudiendo ser fundidos y solidificados tantas veces como sea necesario. Son materiales ligeros, de fácil transporte y manipulación.

Policloruro de vinilo (PVC). Es un material rígido que mediante plastificantes se consigue transformar en flexible. Las láminas se fabrican por calandrado lo que limita el ancho de la lámina a 2 m, llegando hasta 8 m mediante sucesivas

soldaduras. Su densidad es de 1250 – 1500 kg/m³, siendo más pesado que el PE. Su resistencia al rasgado es muy baja, por lo que requiere de estructuras poco agresivas que mantengan bien sujeta la película. También se le añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV. Transmite la luz visible en porcentajes elevados, pero con baja dispersión. Su elevada electricidad estática hace que el polvo se adhiera fácilmente, restándole transmisividad. Su elevado contenido en cloro le proporciona un buen efecto barrera al IR.

El PVC envejece más lentamente que el PE; la degradación o envejecimiento del PVC se traduce en pérdidas de transparencia, coloración de la lámina y fragilidad a la rotura. El envejecimiento o degradación del PVC es debido a cambios químicos producidos por el calor y la luz en presencia del oxígeno; también se debe a que el plastificante se disuelve. Hay algunos microorganismos que viven a expensas de los carbonos de los plastificantes.

La duración de estos materiales dependen del tipo de plastificante empleado en su fabricación y la clase de PVC; el flexible tiene menos duración que el armado y, a su vez, éste dura menos que las placas rígidas. Se estima su duración entre 2 ó 3 años para láminas flexibles, siendo superior a 6 años para láminas rígidas.

Polietileno (PE). Es el plástico flexible más empleado actualmente para forzado de cultivos en invernaderos, túneles y acolchado. Esto se debe principalmente a su bajo precio, a sus propiedades mecánicas, y a la facilidad para incorporar aditivos que mejoran sus presentaciones. El PE junto al polipropileno (PP) y al PVC, son los termoplásticos de más consumo.

El PE es un derivado de la hulla y del petróleo y se obtiene mediante la polimerización del etileno utilizándose en su fabricación varios procesos y sistemas catalíticos. La mayor parte del PE para invernaderos se fabrica por el proceso de alta presión y catálisis de radicales libres mediante peróxidos.

Atendiendo a su densidad los PE se clasifican en:

- Baja densidad: < 930 kg/m³.
- Media densidad: 930 – 940 kg/m³.

- Alta densidad: > 940 kg/m³.

Para el cerramiento de invernaderos se utiliza sólo el de baja densidad (baja cristalinidad) y alto peso molecular (bajo índice de fluidez). Una de las características del PE es que su alargamiento en el punto de rotura es cercano al 500 %. Un material se considera degradado cuando su alargamiento se ha reducido en un 50 % de su valor inicial. El PE se degrada por la radiación UV y el oxígeno, por lo que la exposición permanente a la intemperie provoca su rotura al perder las propiedades mecánicas.

Para evitar esto es común añadir en el proceso de fabricación del PE diversas sustancias:

- Absorbentes de radiación UV (derivados de benzotriazoles y benzofenona).
- Secuestradores de radicales libres.
- Desactivadores (sales orgánicas de níquel).
- Estabilizantes (Hindered Amines Light Stabilizers).

Así existen dos grandes grupos de aditivos:

- Aditivos de proceso. Destinados a evitar la degradación térmica durante la extrusión (antioxidantes) o para mejorar la procesabilidad del polímero.
- Aditivos de aplicación. Se añaden al polímero con el fin de obtener las cualidades deseadas: deslizantes, antibloqueo, estabilizantes frente a UV, aditivos térmicos y pigmentos.

El PE transparente tiene un poder absorbente de 5 al 30% en los espesores utilizados en agricultura; el poder de reflexión es de 10 al 14%; el poder de difusión es bajo. Según esto, la transparencia del PE está comprendida entre el 70-85%, es decir, dentro del recinto cubierto por el material plástico se percibe un 15-30% menos de luz aproximadamente que en el exterior. Aditivos de proceso.

El PE de baja densidad es el material plástico que menos resistencia tiene a la rotura. El de alta densidad tiene más resistencia que el PVC flexible pero menos que el resto de los demás plásticos. Se desgarran con facilidad. El PE es el material plástico que menos densidad tiene; es decir, es el que menos pesa por unidad de superficie a igualdad de grosor.

El PE no se oscurece como ocurre con el PVC y el poliéster. Debido a su gran transparencia, el PE transparente da lugar durante el día a un elevado calentamiento del aire y suelo del interior del invernadero.

En el mercado existen tres tipos de polietileno:

a) Polietileno Normal. Presenta muy poca opacidad a las radiaciones nocturnas del suelo; es permeable en un 70% a las radiaciones de longitud de onda larga que emiten el suelo y las plantas.

En el PE transparente normal se forma una lámina de agua, que aunque tiene inconvenientes para los cultivos, retiene un poco el calor que emiten las plantas y el suelo durante la noche.

Las láminas de PE normal, cuando se utilizan como cubierta de invernadero, si no lleva en su composición antioxidantes e inhibidores de rayos UV, la duración no excede de un año, reduciéndose a 10 meses cuando la luminosidad es muy fuerte y prolongada y las oscilaciones térmicas son considerables.

b) Polietileno Normal de Larga Duración. Este tipo de PE tiene características idénticas al PE normal, a excepción de su duración, que es bastante mayor, debido a los antioxidantes e inhibidores que lleva en su composición. La duración de este tipo de plástico es de 2 a 3 años, según la luminosidad y el régimen de viento al que esté expuesta la lámina.

c) Polietileno Térmico de Larga Duración. El PE transparente térmico es un plástico que tiene la propiedad de dificultar mucho el paso de las radiaciones nocturnas (tiene una permeabilidad del 18% a las radiaciones longitud de onda larga en grosores de

800 galgas). Esto permite a los invernaderos cubiertos con este material que se anule casi en su totalidad la inversión térmica y que las temperaturas mínimas absolutas sean de unos 2 ó 3 °C más elevadas a las registradas en cubiertas de PE normal. El PE transparente térmico, por los aditivos que se emplean en su fabricación, tienen un gran poder de difusión de la luz, que en algunas marcas comerciales puede llegar al 55% de la radiación luminosa que atraviesa la lámina de plástico; también, por la misma razón de los aditivos añadidos, tienen un efecto antigoteo.

La técnica de la coextrusión permite combinar propiedades que no pueden ser reunidas por un polímero único, las propiedades más comunes son optimización, termicidad, estabilidad frente a las radiaciones UV, mejora de las propiedades mecánicas, antimoho y antipolvo.

Copolímero Etil-Acetato de vinilo (EVA). Actualmente se están fabricando los copolímeros de etileno y acetato de vinilo (EVA). Se sintetiza por calentamiento suave de etileno y AV en presencia de peróxidos. La proporción usual en AV para agricultura oscila entre el 6 % y el 18 %. Un mayor contenido en AV aumenta su opacidad al IR pero disminuye su resistencia mecánica. Esta formulación mejora las propiedades físicas del polietileno incluyendo su resistencia a la ruptura en bajas temperaturas y al rasgado. Su transparencia a la luz visible cuando el material es nuevo es más alta que la del polietileno térmico, la opacidad a las radiaciones térmicas depende del contenido de acetato de vinilo, siendo necesario del 15 al 18% de VA para conseguir un buen nivel térmico con un espesor de 0,15 a 0,20 mm.

El EVA resulta más caro que el polietileno térmico. De entre los films plásticos es el que presenta una mayor resistencia a los UV. Los problemas más importantes que presentan los copolímeros EVA son su excesiva plasticidad (cuando se estiran no se recuperan), gran adherencia al polvo lo que puede provocar reducciones de hasta un 15 % en transmisividad a la radiación solar. Son difíciles de lavar debido a su alta carga electrostática.

Respecto a la duración de la lámina como cubierta de invernadero es de 2 años para los grosores de 800 galgas y de 1 año para los grosores de 400 galgas.

En las láminas de copolímero EVA con un alto contenido de acetato de vinilo (AV), son los recomendables para cubierta de invernadero en lugares geográficos con excesiva luminosidad y temperaturas elevadas, por las grandes dilataciones que sufre este material (cuanto más porcentaje de AV mayor dilatación con calor), que luego da lugar a bolsas de agua de lluvia y la rotura por el viento.

Cuadro 3. Valoración de las principales propiedades de tres de los materiales de cubierta plásticos más utilizados (Montero y Antón, 1993).

PROPIEDAD	Polietileno	Policloruro de vinilo	Etil-Acetato de vinilo
Resistencia a UV	+/-	-/+	+
Transparencia a rad. Visibles	-/+	+	+
Propiedades térmicas	-/+	+	+/-
Antigoteo	-	-	-
Propiedades mecánicas	-/+	+/-	+
Compatibilidad con aditivos	-	+	+
Resistencia al rasgado	+	+	-
Resistencia a las bajas temperaturas	-	-	+
Resistencia a las altas temperaturas	+	-/+	-
Precio	+	-	+
Anchuras grandes	+	-	+

Desarrollo de Nuevas Formulaciones

La luz desempeña un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas ya que estas dependen de la energía que les suministra la radiación solar para la fotosíntesis. Independientemente, existen también diversos efectos lumínicos que controlan la estructura y desarrollo de la planta. Al evaluar y

modificar la cantidad, calidad, dirección y duración de la luz se pueden optimizar y controlar los complejos procesos del desarrollo.

Los nuevos desarrollos se encaminan hacia materiales que mejoran sus propiedades mecánicas y hacia una selectividad de la radiación UV tanto en cantidad como en calidad.

Plásticos Foselectivos

Los plásticos foselectivos modifican la cantidad y calidad de la radiación. En la zona del infrarrojo cercano (700 – 1000 nm) se induce un alargamiento en la planta. Estudios sobre la fotomorfogénesis han mostrado la gran influencia que ejerce la calidad espectral de la radiación sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. La relación de los flujos de fotones rojo / rojo lejano (610 – 700 / 700 – 800 nm) actúa sobre un alargamiento de los tallos. En el rojo (610 – 700 nm) y azul (410 – 510 nm) es donde se concentra la mayor radiación aprovechada en fotosíntesis o radiación PAR. Se han formulado plásticos que permiten seleccionar estas longitudes de onda del infrarrojo y por tanto adaptarlas a las necesidades lumínicas de la planta durante su desarrollo fenológico, fomentando así los niveles de producción.

Manejo y Mantenimiento de los Plásticos

Existen diversos factores que influyen en la duración de un plástico:

Radiación ultravioleta. A mayor luz, más degradación por los rayos ultravioletas. También influye la orientación de la lámina en la exposición al sol. Si el material está tratado con productos antioxidantes e inhibidores a la acción de los ultravioletas, la duración es mayor.

Temperatura a la que está sometido el plástico. Los cambios fuertes en las temperaturas contribuyen a la degradación de las cubiertas plásticas.

Colocación de la lámina sobre la estructura. Plásticos excesivamente tensados pueden desgarrarse por rozamiento con los bordes de los soportes.

Tipo y estado de la estructura. Las películas se degradan siempre sobre la estructura. La causa es la elevada temperatura que puede alcanzar un tubo expuesto al sol. Las reacciones químicas se aceleran a temperaturas elevadas. Debido a ello, la duración de una película sobre un soporte metálico se reduce en la práctica en un 40%. Sobre los alambres se acumula también agua de condensación que contiene residuos de pesticidas. El contacto prolongado con estos residuos en los alambres combinados con las altas temperaturas allí existentes, provoca la ruptura de la película.

Calidad de la lámina. Definida por la calidad de la materia prima o granza, propiedad, cantidad, calidad y dispersión de los aditivos empleados y la uniformidad en el espesor de la lámina. La duración es mayor cuanto más grueso es el plástico.

Régimen de vientos. Plásticos poco tensados pueden ser desplazados por el viento.

Productos fitosanitarios. El azufre e insecticidas azufrados o halógenos (clorados) causan daños a los laminados de polietileno. Estos daños o erosión del plástico se producen al pulverizar insecticidas con un rociador, por lo que hay que tomar las precauciones necesarias y no pulverizar directamente sobre el mismo. La mayoría de los pesticidas se fabrican con compuestos fotodegradables que permiten al agricultor iniciar rápidamente la siembra. Ello origina cantidades más altas de radicales sobre la superficie de la película, que pueden interaccionar negativamente con los aditivos que componen el plástico.

Los Microtúneles

Son estructuras pequeñas de 50 a 120 cm de altura y 60 a 120 cm de ancho, es un semiforzado de cultivo, se utilizan para protección del cultivo cuando se tienen fuertes vientos o para protección contra heladas muy ligeras y adelantar el desarrollo de los cultivos. Los materiales que se usan son el alambón y plástico.

El incremento de la producción y la mayor precocidad, además de la protección de los cultivos son los principales objetivos que se persiguen cuando se siembra bajo cubierta, pero construir invernaderos requiere de inversiones que no siempre están al

alcance del hombre del campo. En estas circunstancias, se utilizan sistemas de protección menos eficientes pero mucho más económicos: los microtúneles de estructuras sencillas y precios módicos.

Ventajas de los Microtúneles

Las ventajas son muchas, entre ellas el bajo precio de su implementación, lo que permite que una persona pueda llegar a tener un invernadero mediante un programa que se inicia con mínima inversión. Citamos a continuación algunas de las principales ventajas:

Precocidad.- Se obtienen cosechas en menos tiempo.

Programación.- Se obtienen cosechas fuera de las épocas normales de producción.

Protección.- Se protegen las cosechas del frío, lluvia, heladas, pájaros, granizo, etc.

Menores costos.- Reducen el consumo de agroquímicos en general.

Temperaturas.- Mantienen las temperaturas del suelo lo cual permite un mejor desarrollo radicular.

Calidad.- Los frutos obtenidos bajo microtúneles son en general de mejor calidad que los que pueden lograrse sin la protección.

Rendimiento.- Aumentan considerablemente los rendimientos de las cosechas.

Germinación de semillas

Es el proceso mediante el cual, a partir de una semilla, comienza el desarrollo de una nueva planta.

Proceso de la Germinación

En la germinación pueden distinguirse tres etapas. En la primera que dura unas 12 h, se produce una rápida absorción de agua por la semilla. Le sigue un periodo de

reposo de unas 40 hrs durante el cual no se observa ningún cambio en la anatomía ni en la actividad metabólica de la semilla. Posteriormente, la semilla comienza a absorber agua de nuevo, iniciándose la etapa de crecimiento asociada con la emergencia de la radícula (Bewley y Black, 1982).

Factores que Afectan la Germinación

La germinación depende de la variedad, de las condiciones de almacenamiento de las semillas y de las condiciones ambientales. La germinación está al menos en parte, bajo control genético (Whittington Fierlinger, 1972) y es más rápida en las semillas más pequeñas. El almacenamiento de las semillas en condiciones normales de temperaturas y humedad afecta poco su viabilidad, pero para almacenamientos prolongados se aconseja una humedad del 5.5%, por debajo del cual se produce un descenso en la viabilidad (Nutile, 1964). El momento de la recolección de frutos destinados a la obtención de semillas también afecta a la viabilidad de las mismas y, en los frutos que no han alcanzado la madurez fisiológica la viabilidad es menor cuando mas precoz sea la recolección. Sin embargo, una vez que el fruto ha iniciado la maduración, el momento de recolección de fruto afecta poco la viabilidad de las semillas. Los tratamiento térmicos, con fungicidas o desinfectantes, para el control de patógenos en las semillas pueden disminuir la capacidad de germinación cuando no se efectúa correctamente, pero en condiciones adecuadas no afectan prácticamente a la viabilidad (Rees, 1970).

La disponibilidad de agua es necesaria para obtener una adecuada germinación ya que las condiciones de estrés hídrico, una vez iniciada la misma, pueden dañar el proceso.

La temperatura óptima para la germinación se encuentra entre los 20 y los 25 °C (Moyaben, 1980). La capacidad de germinación a temperaturas muy bajas (entre 8.5 y 12 °C) y muy elevadas (35 – 37 °C), depende mucho de la variedad. Algunos cultivares capaces de germinar a temperaturas bajas, también lo hacen a temperaturas elevadas.

La germinación se produce mejor en la oscuridad y en algunos cultivares resulta inhibida por la luz. Estos efectos están medidos por el fitocromo y dependen de las características de la radiación (Picken et al., 1960).

Propagación de Plantas

Propagación de Tomate

La propagación comercial de tomate se realiza mediante semillas. Las semillas de tomate son de color blanco mate con pelos diminutos en la superficie de la cubierta de la semilla. Hay aproximadamente 30000 semillas cada 100 g. Bajo condiciones ideales, las semillas permanecen viables durante aproximadamente 3-4 años, esperándose hasta un 90% de germinación. El tratamiento anterior a la siembra de las semillas de tomate con ácido gibérelico, ácido 3- indolpropiónico, ácido betanaftooxicético o ácido p-clorofenoxicético produce una germinación más rápida y plántulas más saludables (Adhalka y Verma 1964).

Las plántulas de tomate se cultivan usualmente en camas de siembra y se trasplantan a la parcela. El trasplante se prefiere cuando se usan semillas híbridas caras, para siembras tempranas y cuando se cultivan tomates para venta en fresco.

Aproximadamente 500 g de semilla producen suficientes plántulas para una hectárea de terreno. Las semillas se siembran al voleo en una cama de siembra bien preparada cubierta ligeramente con suelo. Las semillas también pueden ser sembradas en líneas poco profundas. La cama de siembra debe regarse inmediatamente después de sembrar y las semillas tiernas deben protegerse de la luz directa del sol, de las lluvias fuertes y de la helada. El riego de la cama de siembra debería ser regular hasta que las plantas alcancen los 5-7 cm de altura, después de lo cual se riegan de acuerdo a sus necesidades. Un riego excesivo en el estado de plántula produce un alargamiento de tallo extraordinario, que afecta la habilidad de la planta para el trasplante. Las plántulas están listas para el trasplante de las 3 a 4 semanas. Si se permite que las plantas permanezcan en la cama de siembra por un periodo mas largo, no se establecen bien después del trasplante y el crecimiento será relativamente más lento. Los tomates también se plantan mediante siembra directa en

la parcela, especialmente cuando el cultivo va a ser recogido mecánicamente. En muchas áreas los tomates para procesado se siembran directamente.

El mejor momento para plantar el cultivo de tomate depende en gran medida de las condiciones climáticas y geográficas, trasplante o siembra directa y recolección mecánica o a mano. De lo anterior, la estabilidad de la temperatura parece ser el factor más importante. Los tomates crecen mejor con las temperaturas medias mensuales de 21-24 °C, pero pueden ser cultivados con temperaturas medias de hasta 18 °C. La distancia de trasplante varía con el cultivar, estación y la inherente fertilidad del suelo. Cuando sea posible, el trasplante debe ser hecho durante la tarde o en un día nublado y tranquilo. Antes de retirar las plantas debe cubrirse con humedad para prevenir un marchitamiento excesivo (Gould, 1992). El tratamiento anterior a la plantación con reguladores del crecimiento ha mostrado ser beneficioso. Se han probado varios productos químicos para determinar su influencia en el crecimiento y rendimiento de frutos. (Adhalka y Verma 1964).

Propagación de Tomate de Cáscara

El establecimiento del cultivo de tomate de cáscara puede ser mediante siembra directa o utilizando semilleros que permitan la obtención de plántulas, las cuales posteriormente se trasladan al terreno definitivo. Los semilleros pueden ser establecidos directamente en el suelo o utilizando recipientes con algún sustrato. En los últimos años, se han desarrollado fuertemente las técnicas de cultivo de plantas en maceta y contenedor. Las características de los sustratos se han modificado para obtener mejores resultados en la producción de plántulas en contenedores, debido a que plántulas con alto vigor se adaptan más rápidamente al terreno definitivo, sufren menor estrés y por consecuencia presentan mejor desarrollo durante su ciclo de cultivo (Dufault, 1998). Sin embargo, los sustratos importados generalmente son costosos, por lo que se deben evaluar otros que puedan presentar características adecuadas para su uso en contenedores, de fácil disponibilidad y económicos.

Calidad de Plántula

Más del 90% de los cultivos agrícolas son propagados por semillas y ellas son los portadores primarios de los recursos genéticos y de los nutrientes para el primer

estadio de crecimiento. Si bien, es básico contar con un potencial genético adecuado, (de lo cual se ocupan las empresas productoras de semillas), es igualmente básico suministrarle a la semilla las condiciones óptimas para la expresión máxima de ese potencial (Wageningen, 1994).

El éxito de un cultivo depende esencialmente de su instalación en el lugar definitivo, por lo que debe utilizarse material vegetativo de buena calidad, es decir, morfológicamente bien desarrollado y en buen estado sanitario. Sin duda alguna, un buen comienzo en la semilla de un híbrido es el máximo aprovechamiento del potencial productivo que brindan las condiciones existentes en el interior de alguna estructura agrícola (Mojarro, 1997).

La Importancia de la Producción de Plántula

La importancia de los semilleros como industria auxiliar y eslabón inicial de la cadena de producción hortícola intensiva, hace imprescindible un mejor conocimiento de los factores que regulan el crecimiento de las plantas en comunidades extremadamente densas que nos permitan utilizar técnicas de acondicionamiento, aclimatación o endurecimiento que sean, no solo eficaces en la regulación del crecimiento, sino que presenten efectos claros y predecibles cuando estas plántulas se instalen en el lugar definitivo de producción.

El principal objetivo de cualquier semillero es el de producir plántulas de calidad. En la legislación vigente, se da una importancia casi exclusiva al aspecto sanitario de la planta siempre que tenga un tamaño y vigor adecuado; es decir que solo se atiende al aspecto externo de la planta lo que se llama calidad percibida. Para definir la calidad de una manera más objetiva, además del aspecto externo habría que tener muy en cuenta las respuestas que estas plántulas ofrecen tras ser trasplantadas. De esta forma habría que decidir que atributos de la planta son los más favorables para tener una mayor producción, de la mejor calidad posible y en un momento adecuado para conseguir los mejores precios en el mercado. Esta puede realizarse asignando valores a los órganos que la constituyen: raíz, tallo y hojas; relacionando finalmente parámetros medibles en el semillero con la respuesta que esta planta tiene en el cultivo, una vez trasplantada (Hoyos, 1996).

Trasplante

El trasplante es la continuación lógica de una siembra en vivero. Habiendo concentrado un gran número de plántulas en una pequeña superficie, es indispensable darles más espacio aéreo y radical. Es igualmente corriente modificar el sustrato, a veces en su composición y sobre todo aumentando la riqueza en elementos nutritivos. La realización del trasplante es bastante sencilla en un principio pero según las especies hay muchas variantes en su realización. En todos los casos, es necesario levantar la plántula de manera que se limiten las lesiones en el sistema radical. Se practica a veces un desbarbado (reducción del volumen radical o aéreo) en particular para ciertas plantas de vivero u hortícolas (Boutherin y Bron, 1994).

Fisiología Vegetal y el Ambiente

La luz favorece la fotosíntesis, fenómeno que es responsable del aumento de masa vegetal, actuando negativamente sobre el crecimiento de los tallos y favoreciendo en cambio el desarrollo de las hojas. Los vegetales elaboran durante el día los materiales orgánicos y los acumulan en forma de reserva. La falta de luz en las plantas da lugar a un crecimiento desordenado de los tallos, alargándose los entrenudos quedando sin resistencia.

Influencia Espectral en la Fisiología de la Planta

Cada especie vegetal requiere de una cantidad específica luminosa para realizar la fotosíntesis y expresar su potencial productivo. Si les falta luz, las plantas tienden a alargarse y crecen con tallos y ramas débiles. Por el contrario, si una planta tiene más iluminación de la requerida, crecerá lentamente, presentará tallos duros y hojas arrocetadas. Dentro de un túnel una cantidad excesiva de luz traerá como consecuencia temperaturas altas y baja humedad relativa, aumentando la transpiración de las plantas y el consumo de agua (Martínez, 1995).

Torres (1984) concluye que los colores rojo y amarillo influyen sobre la fisiología de la planta, y en el Cuadro 4 se muestran algunas respuestas indicadas por éste investigador.

Cuadro 4. Respuestas de los cultivos a diferentes longitudes de onda.

Color del Espectro	Longitud de onda nm	Sensibilidad espectral del ojo humano	Influencia en la fisiología de la planta
Amarilla	550	67%	- Asimilación de CO ₂
	570	98%	- Incremento en vigor, tamaño y calidad de fruto.
	590	81%	- Baja absorción de los pigmentos. - Regulan la germinación, crecimiento de tallos, enraizamiento, y tamaño de hojas - Buen efecto en fotosíntesis
Roja	630	44%	- Germinación de semillas y asimilación de CO ₂
	760	8%	- Baja absorción por la clorofila y gran influencia en fotosíntesis y fotomorfogénesis - Bueno para enraizamiento y tamaño de hojas - Optimo para germinación, fotosíntesis y crecimiento de tallos.

Por último los datos reportados por Bueno (1984) están basados en estudios hechos a dos películas de PVC fotoselectivo, azul y rojo desarrolladas para cubierta de invernadero, ambos reducen la transmisión de las radiaciones verde – amarilla e incrementan las azules y rojas, en las que encontraron que la película azul controla mejor las temperaturas, reduciendo de uno a dos grados la temperatura en el interior con respecto a la máxima externa y los mismos que incrementa por la noche con respecto a la mínima exterior registrada, recomendando las películas azules para semilleros, cultivos de hoja y tubérculos, mientras que las rojas para cultivos precoces como sandía, berenjena, tomate, pimiento, fresón y flores.

Bidwell (1990) dice que la calidad de la luz tiene diferentes efectos en procesos como germinación, crecimiento de tallo, tamaño de hojas, fotosíntesis y

enraizamiento, pero los colores como el amarillo y el verde no son tan buenos para los procesos citados.

Temperatura Ambiente

Cada especie vegetal, en cada momento de su ciclo biológico, necesita de una temperatura óptima para su desarrollo normal. La temperatura influye en la transpiración, respiración, fotosíntesis, germinación, crecimiento, floración, fructificación y otras funciones vitales. Cada especie vegetal tiene una temperatura óptima de desarrollo que, para la mayoría de las especies, está comprendida entre los 20 a 30 °C, igual ocurre en la germinación, brotación, etc.

Transpiración

Si la temperatura es alta dentro de una estructura y si no hay aporte de humedad en el ambiente, las plantas pueden llegar a deshidratarse, sin recuperación posible, sobre todo cuando los vegetales son jóvenes.

Características de Radiación

La radiación es el proceso físico por medio del cual se transmite energía en forma de ondas electromagnéticas en línea recta y una velocidad de 300,000 km/s; esta transmisión se realiza sin intervención de una materia intermedia ponderable como portadora de energía.

La radiación que llega al límite superior de la atmósfera está formada por rayos de distinta longitud de onda, principalmente:

- Rayos ultravioletas. No son visibles y su longitud de onda es muy pequeña, menor de 0.3 micrones.
- Rayos luminosos. Son los únicos visibles y su longitud de onda varía entre 0.36 a 0.76 micrones.
- Rayos térmicos (infrarrojos). No son visibles y su longitud de onda es mayor de 0.76 micrones.

Calidad de la Luz

La luminosidad tiene una importante labor en todos los procesos vitales de los vegetales. Algunas de las funciones más importantes en el desarrollo de las plantas son debidas a la energía luminosa (Serrano, 1990).

Es importante además de la calidad (longitud de onda), la cantidad (intensidad) del flujo de la radiación, ya que la transferencia del vapor de agua en la transpiración, el consumo de CO₂ y el transporte de nutrientes están directamente correlacionados con la cantidad de relación neta (Torres, 1984).

Las plantas funcionan o trabajan con energía solar. Todas las plantas captan la energía del sol y la transforman en sustancias que directa o indirectamente, alimentan a la mayoría de las otras formas de vida de la tierra. Debido a esto el destino de una semilla germinada, o de una futura planta depende no solamente de la intensidad de la luz que recibe la plántula, y de esta calidad dependen el tamaño de la planta, la cantidad de hojas, el principio de la floración, de la fructificación y de la senescencia, siendo de esta manera la luz, la que determina todos los aspectos de la vida vegetal según los procesos de la morfogénesis (Zarka, 1992).

La luz es una forma de energía radiante de una porción del espectro electromagnético que es dividido en unidades de longitud de onda y frecuencia. Dentro de la fotobiología de la planta, la luz se categoriza en longitudes de onda cuyas unidades son los nanómetros y energía que se mide en fotones o quantum. La distribución de la calidad de la luz es la descomposición de la energía radiante en sus componentes de longitud de onda, los cuales permiten la referencia específica a una sección del espectro electromagnético; por ejemplo la radiación fotosintéticamente activa (RFA) que es la cantidad de energía utilizada por las plantas para la fotosíntesis y está integrada por un rango espectral (longitudes de onda) de 400 a 700 nm (Decoteau y Friend, 1991).

Los principales fenómenos fisiológicos ocurren cuando las plantas son afectadas por diferentes tipos de longitudes de ondas luminosas. Así, el proceso de la fotosíntesis se activa, con diferentes intensidades, en presencia de la luz azul – verde

– amarillo – naranja – rojo, energía comprendida entre los 400 a 700 nm. El fototropismo, fenómeno que consiste en el crecimiento de los vegetales orientándolos hacia la luz, ocurre entre los 400 a 490 nm, que corresponden al color azul, mientras que longitudes del orden de los 660 a los 800 nm inhiben la germinación de la semilla, por ello no es apropiado que se empleen los colores rojos en las cámaras de germinación.

La germinación ocurre con mayor facilidad en el color amarillo y naranja, entre los 540 a 680 nm de longitud de onda. La influencia de la porción ultravioleta del espectro en las plantas está poco estudiada, si bien es importante porque elimina muchos microorganismos e influye en el poder de germinación y en la calidad de las semillas (Serrano, 1994; Halfacre y Barden, 1984; Alpi y Tognoni, 1991).

Los colores de los objetos se deben al tipo de luz que reflejan. Un objeto azul lo es porque refleja las longitudes de onda correspondientes al azul mientras retiene otro tipo de longitudes. El color de un material, depende de la longitud de onda que refleja. Por lo tanto dentro de un invernadero se puede manejar la calidad de la luz, empleando diferentes colores de películas plásticas como cubrimientos (Serrano, 1994; Halfacre y Barden, 1984; Alpi y Tognoni, 1991).

La Luz Como Factor Morfogenético

La fotomorfogénesis puede definirse como la influencia de la luz sobre el desarrollo de la estructura de las plantas, por lo que ésta requiere de cierta habilidad para percibir la luz ambiental para su sobrevivencia. La luz es de especial importancia para Agrometeorología tanto por la cantidad como por la calidad de luz recibida por los cultivos, o sea la intensidad de la radiación y el rango de longitud de onda.

La radiación solar es heterogénea en cuanto a longitudes de onda, pudiendo separarse en radiación ultravioleta (UV), radiación visible (LUZ) y la radiación infrarroja (IR). Serrano (1990) menciona que las radiaciones UV actúan desfavorablemente sobre la forma de las plantas, dando lugar a hojas frondosas y plantas rechonchas, mientras que las radiaciones IR tienen poca influencia sobre el

crecimiento, en cambio la acción térmica que producen estas radiaciones si tienen influencia, en tanto que los mejores resultados de crecimiento y formación de la planta se obtienen con las longitudes de onda que más se acerquen a la composición espectral que necesita la fotosíntesis.

La luz tiene importantes efectos morfogénicos en las plantas como son la tolerancia a la luz, y de acuerdo a la intensidad de la luz, las plantas pueden clasificarse como plantas heliófilas o de sol, plantas umbrófilas o de sombra, por regla general, las hojas de estas plantas son más transparentes que las heliófilas, y como plantas indiferentes (Torres, 1984).

La etiolación se presenta cuando la intensidad de la luz no es suficiente para el desarrollo normal de las plantas, por lo que a bajas intensidades de luz, las plantas tienden a incrementar el alargamiento del tallo, y además de entrenudos largos y delgados, presentan una clorosis general y malformación de las hojas.

El fototropismo constituye otro efecto morfogénico y consiste en que la dirección de la cual proviene la luz determina en alto grado la dirección del crecimiento de tallos y hojas (Torres, 1984). Esto es debido a que la luz actúa sobre la formación o inhibición de auxinas y reguladores vegetales responsables del crecimiento y multiplicación celular, es por esto que la parte del tallo expuesta a la luz no produce auxinas, por lo tanto crece menos que la situada a la sombra, que sí produce auxinas, razón por la cual los tallos se arquean y parece que buscan la luz (Serrano, 1990).

El fitocromo está implicado en muchas respuestas fisiológicas de las semillas y la floración. Existen evidencias de que la planta posee un pigmento receptor de luz azul llamado criptocromo, aunque no ha sido identificado química ni físicamente, aunque algunas investigaciones reportan que los efectos de la luz azul en el desarrollo de las plantas incluyen la formación de antocianinas, y el fototropismo (Decoteau y Friend, 1991).

Energía Luminosa o Visible

La luz es la energía radiante, luminosa o visible, comprendida entre los 390 a los 760 nm de longitud de onda del espectro electromagnético, es responsable de la luminosidad que capta el ojo humano. Al incidir sobre los objetos, la luz es reflejada afectando nuestra vista, lo que hace posible el fenómeno de la visión. Este tipo de energía ocupa una pequeña porción del total de la energía emitida por el sol, siendo de diferentes colores de acuerdo con su longitud de onda. La disposición de los colores de la luz, de menor a mayor longitud de onda ocurren en este orden, el color violeta (390 – 420 nm), el naranja (586 – 647 nm) y el rojo(647 – 760 nm). La mezcla de estos colores da origen a la luz blanca y cuando se presentan por separado en secuencia forman el arcoíris (Torres, 1984; Hewitt, 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización Geográfica del Área Experimental

El presente trabajo de investigación se realizó durante el ciclo agrícola primavera –verano del 2008, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con ubicación geográfica en 25°22' latitud norte y 101° 00' latitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1742 msnm. El área experimental donde se realizó dicha investigación se localiza a un costado del Departamento de Horticultura.

Características del Área Experimental

Según Mendoza (1983) el sitio experimental presenta las siguientes características:

Clima

Clasificado como del tipo BWhw (x') (e), el cual es seco y templado con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 17.3 °C, con una oscilación media de 10.4 °C. los meses mas calidos son junio, julio y agosto con temperaturas máximas de hasta 37°C. Durante enero y diciembre se registran las temperaturas más bajas, de hasta -10.4 °C, con heladas regulares en el periodo diciembre a febrero. La precipitación media anual es de 460.7 mm. Los meses más lluviosos son julio, agosto y septiembre; las lluvias en invierno son moderadas. Lo anterior da como resultado un 64.8% de humedad relativa media anual que se distribuye desigualmente; el verano es la estación de mayor humedad relativa, y el invierno y primavera de mayor sequía.

Viento

Los vientos predominantes son del sureste, en casi todo el año, con excepción del invierno donde los del noreste son predominantes y se presentan con mayor intensidad en los meses de febrero – marzo.

Vegetación

Se encuentra clasificada como matorral desértico rosetófilo, pastizal inducido y natural, matorral chaparral, bosque de pino, bosque de encino y bosque cultivado de pino.

Agua de Riego

El agua potable fue utilizada para el riego y conducida por tuberías hasta el área experimental.

Materiales para el Establecimiento de los Microtúneles

- Alambrón
- Cubiertas plásticas de diferentes colores: transparente, blanco, amarillo, rojo, verde y azul.
- Rafia
- Madera

Materiales que se usaron para realización de las actividades de investigación:

- Charolas de poliestireno de 200 cavidades
- Peat moss (50%)
- Perlita (50%)
- Regadera de jardín
- Cubetas
- Regla graduada
- Balanza analítica
- Vernier
- Estufa Lindberg
- Fungicida Tecto 60 preventivo
- Sensor de Temperatura y Humedad Relativa (marca Taylor).
- Medidor de flujo fotónico fotosintético Model BQM-S. Apogee
- Termómetro de tierra

Procedimiento de Instalación

Para la realización del experimento, primero se establecieron 24 microtúneles, siendo 6 tratamientos de 4 repeticiones con dimensiones de 0.60 m de ancho por 0.90 m de largo y 0.75m de alto los cuales solo tuvieron capacidad para una charola, tal y como se muestra a continuación.

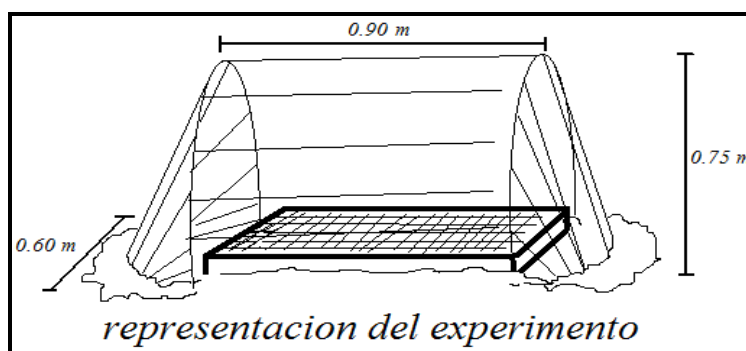


Figura 1. Representación esquemática de la colocación de las charolas sembradas con cada cultivo

Preparación del Sustrato para Siembra

Se preparó el sustrato (mezcla de peat-moss con perlita 1:1) para la siembra a capacidad de campo y se llenaron las charolas germinadoras de 200 cavidades, se le hizo un orificio de 0.5 cm de profundidad y se colocaron 2 semillas por cavidad, después se cubrieron con una capa de la misma mezcla. Se dividió la capacidad de la charola entre los 3 cultivos, siendo 30 cavidades por cada uno, y así se manejó en cada repetición de cada tratamiento.

Material Genético

El material vegetal que se utilizó para hacer las evaluaciones se menciona a continuación:

Tomate: DPS LT 03 86. D. PALMER SEED C.

Tomatillo: (tomate verde) variedad Gran Esmeralda

Chile: serrano L No.1 Tx 2005

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, el cual consta de 6 tratamientos con 4 repeticiones incluyendo un testigo. Los tratamientos se mencionan a continuación:

Tratamiento 1.- PE blanco

Tratamiento 2.- PE rojo

Tratamiento 3.- PE azul

Tratamiento 4.- PE amarillo

Tratamiento 5.- PE verde

Tratamiento 6.- PE transparente (testigo)

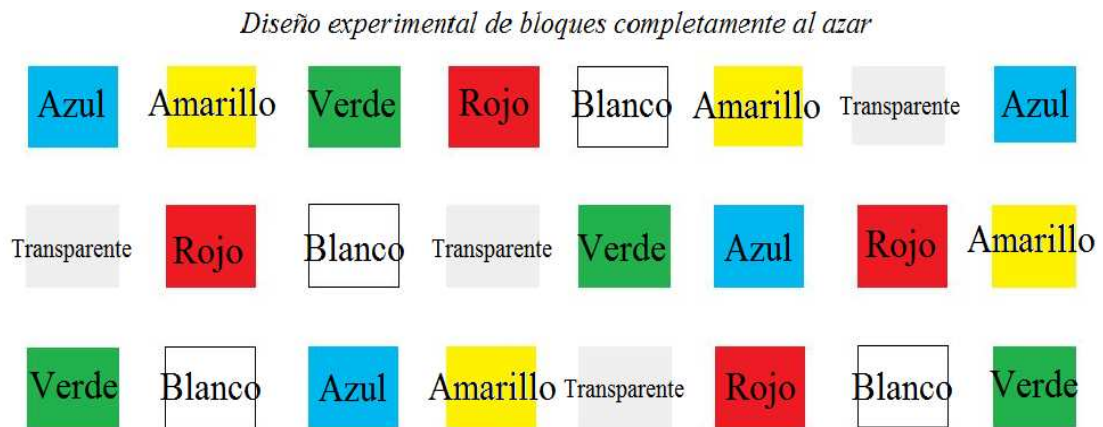


Figura 2.- Croquis de la distribución de los tratamientos en campo.

Método

A los resultados que se obtuvieron se les practicó el análisis de varianza y la DMS, todo esto se realizó con el paquete computacional de la FAUANL.

VARIABLES A EVALUAR

Para llevar a cabo la evaluación se tomó aleatoriamente seis plantas por tratamiento en cada una de las cuatro repeticiones, a las cuales se les practicó el análisis de varianza y la prueba de D.M.S., respectivamente. Estas variables se evaluaron a los 50 días después de la siembra.

También se hicieron 2 conteos de germinación: el primero el 27 de abril y el segundo conteo el 14 de mayo del 2008.

Las variables evaluadas son:

Días a Emergencia

Para evaluar esta variable, se empezaron a hacer los conteos de emergencia a los 10 días después de siembra, y se hizo otro conteo a los 20 días y solo se sacaron medias por tratamiento para seleccionar al mejor, los resultados se interpretaron en porcentaje.

Altura de Plántula (cm)

Se midió desde la base hasta la hoja dominante con la ayuda de una regla graduada.

Diámetro de Tallo (mm)

Se midió la plántula en la base del tallo con un vernier por cada planta.

Numero de Hojas

Se hizo un conteo de las hojas verdaderas por cada planta.

Peso Fresco Aéreo y Radicular (g)

Para determinar estas variables, se separaron la parte aérea de la radicular de la plántula y se pesaron en la balanza analítica una por una y posteriormente en conjunto para sacar un total.

Peso Seco de la Parte Aérea y Radicular (g)

Se llevaron las partes aérea y radicular a la estufa y se mantuvieron a una temperatura de 62 °C por 48 horas, posteriormente se pesaron en la balanza analítica.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se obtuvieron los análisis de varianza con el diseño experimental completamente al azar (DCA), para cada una de las variables bajo estudio y se usó la prueba de medias de Tukey al 0.01.

El modelo lineal utilizado es:

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

Donde:

Y_{ij} = Denota la j-ésima medición del tratamiento i-ésimo.

μ = Es la media general.

T_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

ξ_{ij} = Es el error experimental de la j-ésima medición del i-ésimo tratamiento

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cada uno de los tratamientos bajo estudio se tomaron datos de temperatura ambiente y del sustrato, humedad relativa y luz, dentro de los microtúneles. En el Cuadro 5 se muestran los valores encontrados en cada una de las variables medidas en cada uno de los colores del microtúnel, donde la mayor temperatura en el ambiente fue encontrada en el túnel transparente y la más baja en el microtúnel de color azul, las altas temperaturas registradas en el microtúnel con cubierta transparente limitaron de forma drástica la germinación y emergencia de las especies estudiadas, por lo tanto de este tratamiento no se tomaron datos. Se observó que las temperaturas están estrechamente relacionadas con la humedad relativa registrada en los diferentes colores de cubierta donde la humedad relativa más baja se registró en la cubierta transparente y la humedad relativa más alta se registró en la cubierta azul que tuvo la temperatura más baja. La temperatura del sustrato también presentó una relación con la temperatura en el ambiente interior del túnel. En la variable de flujo fotónico fotosintético se observó que aunque los valores en micromoles que atravesaron la cubierta fueron muy variables, se puede observar que el mayor valor fue el del túnel con cubiertas transparente el cual es muy superior a los otros valores encontrados y aparentemente no se observa una relación con la temperatura registrada en cada microtúnel, lo anterior es el resultado de que la luz al atravesar cada una de las cubiertas modifica el espectro de la radiación y por lo tanto la radiación que llega al interior del túnel lleva diferentes valores de energía.

Cuadro 5. Lecturas registradas diariamente en los microtúneles durante el ciclo de producción de plántula de dos especies de solanáceas.

Factores Estudiados	C o l o r d e C u b i e r t a					
	Blanco	Rojo	Azul	Amarillo	Verde	Transparente
Temperatura ambiente (°C)	30.2	30.4	27.4	29.7	29.9	32.9
Humedad Relativa (%)	35.3	35.3	36.6	35.6	35	31
Temperatura sustrato (°C)	24	23	22	23	24	27
Flujo Fotónico Fotosintético $\mu\text{mol m}^{-2}\text{S}^{-1}$	319	247	127	242	242	629

Días a Emergencia

En el primer conteo de emergencia de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), realizado a los 10 días después de la siembra, se encontró que el mayor porcentaje de plantas emergidas lo mostraron los tratamientos uno y tres con un 60% (Cuadro 6); y el tratamiento dos tuvo el 16.6%. Mientras que en el caso del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) se observó que en el primer conteo realizado a los 10 días después de siembra se registró el mayor porcentaje de plántulas en el tratamiento cuatro con 93.3%, valor igual al observado en el tratamiento cinco, y el tratamiento con el valor más bajo lo presentó el tratamiento dos con un 80% de emergencia.

En el segundo conteo realizado a los 20 días después de siembra de *Lycopersicon*, se encontró un incremento el porcentaje de plantas emergidas, el tratamiento uno alcanzó un 86.6% y el dos tuvo el valor más bajo con un 50% de plántulas. En el caso *Physalis* en el segundo muestreo realizado 20 días después de la siembra se encontró que el tratamiento 3 tuvo el 100% de emergencia y en el tratamiento dos tuvo el porcentaje más bajo con solo un 86.6%.

De acuerdo a lo antes expuesto es posible indicar que en el microtúnel de color rojo se presentaron los menores porcentajes de emergencia en ambos cultivos, mientras que los valores más altos se presentaron en el microtúnel de color blanco en el caso de *Lycopersicon* y en el azul en el caso de *Physalis*.

Desde el principio, la emergencia en los microtúneles de color blanco y azul mostro los mayores valores, debido a que las condiciones de temperatura y humedad relativa fueron las mas adecuadas para la germinación, emergencia y crecimiento de la plántula en ambos cultivos. En cambio, el color rojo tuvo el menor porcentaje de plantas debido a que registró mayor temperatura y menor humedad y probablemente fueron las causas de que se obtuvieran esos resultados.

En el caso de *Lycopersicon* en el microtunel de color blanco se tuvo un 36% mas emergencia que en el microtúnel de color rojo que fue el que presentó el valor mas bajo, el microtúnel de color blanco en comparación con el resto de los tratamientos

también mostró el mejor comportamiento. En el caso de *Physalis* los resultados difieren un poco a los obtenidos en *Lycopersicon*, ya que en el primer muestreo destacaron los tratamientos 4 y 5 pero en el segundo muestreo el tratamiento tres fue el que alcanzó un 100% de emergencia (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de emergencia de plantas de tomate y tomate de cáscara estimado en dos etapas de muestreo bajo microtúneles de colores en Saltillo, Coah.

Muestreo	Especie	1.- Blanco	2.- Rojo	3.- Azul	4.- Amarillo	5.- Verde
Primero	<i>Lycopersicon</i>	60.0	16.6	60.0	40.0	26.6
Segundo	<i>esculentum</i> Mill	86.6	50.0	83.3	76.6	83.3
Primero	<i>Physalis</i>	86.6	80.0	90.0	93.3	93.3
Segundo	<i>ixocarpa</i> Brot	93.3	86.4	100.0	93.3	96.6

Diámetro de Tallo (DT)

El análisis de varianza aplicado a esta variable en *Lycopersicon* y *Physalis*, no presentó diferencias significativas entre tratamientos lo cual indica que esta variable no fue afectada por el color de la cubierta del microtúnel o por los cambios microambientales inducidos por el color de la cubierta en ambos cultivos. Lo anterior indica que esta variable es poco afectada por cambios ambientales y probablemente es una variable controlada por pocos genes.

Al hacer un análisis numérico en *Lycopersicon* se observa que el tratamiento que tuvo los valores más altos es el cuatro (Cuadro 7), que corresponde al PE color amarillo cuyas plantas superaron en un 17% al tratamiento tres que fue el que presentó el valor más bajo, con un valor medio de 1.9225 cm. Lo anterior no coincide con lo observado en *Physalis*, ya que en éste caso el tratamiento dos fue el que presentó el mayor valor y éste superó en 77% a los tratamientos tres y cinco que fueron los que presentaron los valores más bajos.

En el caso de *Lycopersicon* desarrollado en el microtúnel con cubierta de color blanco es uno de los que tiene los mayores valores, por lo tanto coincide con lo

reportado por Núñez (1994) quien encontró que el PVC color blanco y el color lila son los que presentaron los mayores diámetros de tallo en plantas de tomate. Sin embargo lo observado en *Physalis* no coincide con lo reportado con éste investigador, ya que los mayores diámetros de tallo en esta especie fueron encontrados en el tratamiento dos, así mismo Roblero (2007) trabajando con siembras de chile en macrotúneles encontró que la cubierta transparente fue la que presentó el mayor diámetro de tallo seguida por el color blanco.

Longitud de Tallo (LT)

El análisis de varianza aplicado a la variable longitud de tallo en plántulas de *Lycopersicon* y *Physalis* muestra diferencias significativas entre tratamientos indicando que el color de la cubierta si influye de manera significativa sobre el comportamiento de ésta variable en ambas especies (Cuadro 7). Dado que se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en ambas especies, se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey, en el caso de *Lycopersicon* las plántulas desarrolladas bajo la cubierta de color amarillo fue la que presentó la mayor longitud, superando en un 52 % al tratamiento dos que presentó el valor más bajo, éstos tratamientos fueron estadísticamente diferentes. En el caso de *Physalis* las plántulas desarrolladas bajo el microtúnel de color amarillo también presentaron el valor más alto superando en un 55% al tratamiento uno, que presentó el valor más bajo con solo 7.517 cm, este último solo dos centésimas más bajo que el tratamiento 2, que en el caso de *Lycopersicon* tuvo el valor más bajo.

Las diferencias observadas a nivel plántula tanto en *Lycopersicon* como en *Physalis* son significativas, sin embargo al comparar las variables climáticas entre estos dos colores de túneles es muy reducida, lo cual indica que probablemente otras variables son las que están induciendo estas diferencias significativas en el crecimiento del tallo, los diferentes colores de cubierta modifican la longitud de onda de la luz transmitida y es posible que esto sea la causa de las diferencias observadas en ambas especies. Estos resultados no coinciden a los obtenidos por Núñez (1994) ya que encontró que el PVC blanco y el lila fueron los que indujeron las mayores longitudes de tallo de plantas de tomate. Sin embargo si coinciden con lo reportado por Roblero (2007) quien trabajando con chile encontró que las plántulas

desarrolladas bajo cubiertas de color amarillo y el blanco mostraron los valores más altos en longitud de tallo y que el rojo fue el menor, por su parte Domínguez (2005) también coincide con los resultados obtenidos en trabajos realizados en tomate de cáscara en los cuales reportó que las cubiertas de color amarillo inducen un mayor crecimiento del tallo y parte aérea.

Numero de Hojas (NH)

El análisis de varianza aplicado a esta variable en *Lycopersicon* muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, esto indica que los colores de las cubiertas no influyeron en la cantidad de hojas de las plántulas, probablemente porque es una variable poco afectada por el ambiente. Sin embargo en el análisis de varianza realizado en *Physalis* si presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos por lo tanto en esta especie se puede indicar que el color de cubierta si afecta el numero de hojas en plántulas de *Physalis*.

En el caso de *Lycopersicon* al realizar un análisis numérico se observa que las plantas a las que se les aplicó el tratamiento uno tuvieron el valor más alto, exhibió un valor medio de 4.25, y superaron en un 21% a las plantas con el microtúnel con PE de color verde, que tuvo el valor medio más bajo con 3.5 (Cuadro 7). En el caso de *Physalis* el tratamiento uno también fue el que presentó el valor más alto, pero en este caso éste fue estadísticamente diferente del tratamiento tres que fue el que presentó el valor más bajo.

Las plántulas de *Lycopersicon* y *Physalis*, expuestas a los factores temperatura y humedad relativa fueron similares a los observados en otros tratamientos, sin embargo en el microtúnel con cubierta de color blanco dejó pasar más luz que el resto de los tratamientos, por lo tanto es probable que el mayor flujo fotónico fotosintético de la cubierta blanca haya influido en la morfogénesis de la plántulas, dando origen a mayor numero de hojas. Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Núñez (1994) donde encontró que el tratamiento con el valor más alto respecto al número de hojas en plantas de tomate, fue el tratamiento con PVC blanco.

Peso Fresco Aéreo (PFA)

El análisis de varianza efectuado a la variable peso fresco aéreo en plántulas de *Lycopersicon* y *Physalis*, muestra diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos bajo estudio indicando que el color de las cubiertas si influyeron significativamente sobre dicha variable. A fin de identificar que tratamiento fue el que indujo el mayor peso fresco aéreo, se realizó una comparación de medias usando la prueba de Tukey y se encontró que en el caso de *Lycopersicon*, el tratamiento cuatro fue el que presentó los mayores valores y fue estadísticamente igual al resto de los tratamientos (Cuadro 7), excepto al tratamiento dos, que tuvo el valor más bajo con 1.690g el cual fue superado por el tratamiento cuatro en un 75 %. En el caso de *Physalis*, también fue el tratamiento cuatro el que presentó el mayor valor con 1.825 g, superando en 69% al tratamiento tres que fue el que presentó el valor más bajo.

Éste resultado en ambas especies, es debido a que en las otras variables como el diámetro y la longitud de tallo y el numero de hojas, presento altos valores, dando lugar a plantas con mayor peso fresco, la planta fue anatómicamente mas grande, por lo que absorbió mayor cantidad de luz para realizar la fotosíntesis y por ello tuvo más cantidad de energía, además de que absorbió mas agua y nutrientes y por esa razón probablemente tuvo mayor peso fresco.

Los resultados obtenidos difieren con Núñez (1994) que obtuvo mayor peso fresco en las plantas de tomate bajo la cubierta color blanco.

Peso Seco Aéreo (PSA)

El análisis de varianza aplicado al PSA en *Lycopersicon* y *Physalis*, presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, indicando que esta variable fue afectada por el color de los microtúneles, dado que se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos se realizó una comparación de medias mediante la prueba de rango múltiple de Tukey, encontrando que en *Lycopersicon* el tratamiento cuatro fue el que presentó el valor más alto y fue estadísticamente diferente del tratamiento dos, que presentó un valor de 0.240g y fue el valor más bajo, siendo superado en un 64% por el tratamiento cuatro. En *Physalis* el

tratamiento cinco fue el que presentó el valor más alto y fue estadísticamente diferente del tratamiento dos, que fue el que presentó el valor más bajo.

Lo observado en *Lycopersicon*, indica que las plantas desarrolladas bajo la cubierta de color amarillo tuvieron la capacidad de acumular mayor cantidad de biomasa, lo anterior pudo ser consecuencia de la modificación de la radiación al atravesar por la cubierta de color amarillo y probablemente mayor actividad fotosintética, estos resultados indican que con éste color de cubierta se tendrán plántulas de mayor calidad (Cuadro 7). Este resultado difiere del obtenido por Núñez (1994) al trabajando con el cultivo de tomate, ya que él encontró que bajo la cubierta de color blanco fue la que presentó los mayores valores.

Aunque en *Physalis* el color verde tuvo a las plantas con mayor peso seco, el color amarillo presenta valores altos en las diferentes variables estudiadas mostrando un buen comportamiento, los resultados obtenidos indican que probablemente hay diferencias entre estas especies respecto a la eficiencia de clorofila en diferentes colores de la radiación solar.

Peso Fresco Radicular (PFR)

El análisis de varianza realizado en *Lycopersicon* indica que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Indicando que en esta especie esta variable no es afectada por el color de las cubiertas, sin embargo, hay diferencias numéricas, sobresaliendo el tratamiento tres, que presentó, un peso medio de 0.457 g pesaron un 63% más que las del tratamiento cinco, que tuvo un peso medio de 0.285 g.

El análisis de varianza realizado en *Physalis* presentó diferencias significativas entre tratamientos, indicando que el color de la cubierta afecta significativamente el peso fresco de raíz en ésta especie.

En *Lycopersicon* se encontró que el color azul provoca un mayor desarrollo radicular que es fundamental para un buen desarrollo posterior de la planta cuando ya esté establecida en campo. Serrano (1990) reportó que las radiaciones azules inducen

un mayor peso de raíces. También Bidwell (1990) reportó que la calidad de la luz en las bandas violeta, azul oscuro y azul, son óptimas para el enraizamiento.

Como en *Physalis* se encontraron diferencias significativas entre tratamientos se realizó una comparación de medias a fin de identificar a los mejores tratamientos, y se encontró que el tratamiento uno fue estadísticamente diferente del tratamiento cinco, dos y tres. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Núñez (1994) que reportó que el color blanco aportaba un incremento en el peso de la raíz de tomate.

Peso Seco Radicular (PSR)

El análisis de varianza realizado a ésta variable tanto en *Lycopersicon* como en *Physalis*, muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos, indicando que esta variable fue afectada significativamente por los colores de la cubierta del microtúnel. Dada ésta situación se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey, en la cual se observa (Cuadro 7) que el tratamiento uno fue el que presentó el valor más alto, en el caso de *Lycopersicon*, y éste fue estadísticamente diferente del tratamiento dos, que fue el que presentó el valor más bajo y fue superado en un 74% por el tratamiento uno. En *Physalis* el tratamiento cuatro fue el que presentó el valor más alto y fue estadísticamente diferente de los tratamientos cinco y dos, donde éste último fue el que presentó el valor más bajo, en cual fue superado en un 82 % por el tratamiento cuatro.

Estos resultados indican que el color de la cubierta puede afectar el desarrollo de la planta, induciendo un mejor desarrollo aéreo o bien un mayor desarrollo radicular según sea el color de la cubierta. Los resultados obtenidos en *Lycopersicon* coinciden con lo reportado por Núñez (1994) donde el color blanco de cubierta y el color lila fueron los que presentaron los mayores pesos secos.

Torres (1983) al trabajar con tomate establecido bajo cubiertas plásticas de colores, encontró que la cubierta amarilla permitió a las plantas de tomate tener mayor asimilación de CO₂ que se tradujo en mayor vigor, tamaño y calidad de frutos, coincidiendo esto con lo observado en *Physalis*. Además, características como altura

de planta, número de entrenudos y longitud de los mismos también fueron influidas positivamente.

Cuadro 7. Valores medios de siete variables estimadas en plántulas de *Lycopersicon esculentum* y *Physalis ixocarpa*, desarrolladas bajo microtúneles con cubiertas de colores, en Saltillo, Coah.

Color de Cubierta	Especie	DT (mm)	LT (cm)	N H	PFA (g)	PSA (g)	PFR (g)	PSR (g)
Blanco	<i>Ly</i>	2.187	7.462 BC	4.250	2.505 A	0.377 A	0.360	0.122 A
Rojo	<i>co</i>	2.187	6.275 C	4.000	1.690 B	0.240 B	0.320	0.070 B
Azul	<i>per</i>	1.922	8.727 AB	3.500	2.420AB	0.312AB	0.457	0.097 AB
Amarillo	<i>si</i>	2.250	9.565 A	4.000	2.962 A	0.395 A	0.420	0.117 A
Verde	<i>con</i>	2.125	8.300 AB	3.750	2.267 AB	0.382 A	0.285	0.095 AB
CV		11.34	13.68	14.04	30.13	24.84	43.28	25.59
Blanco	<i>Phy</i>	1.025	7.517 C	6.500 A	1.600 AB	0.202 AB	0.437 A	0.125 AB
Rojo	<i>sa</i>	1.525	7.529 C	5.750 AB	1.450 AB	0.165 B	0.250 BC	0.075 C
Azul	<i>lis</i>	0.862	9.830 AB	5.500 B	1.075 B	0.190 AB	0.272 BC	0.095 ABC
Amarillo		0.910	11.632 A	6.250 AB	1.825 A	0.187 AB	0.332 AB	0.137 A
Verde		0.862	9.182 BC	6.000 AB	1.550 AB	0.265 A	0.157 C	0.077 BC
CV		45.81	14.73	10.09	31.06	30.13	32.70	32.07

Letras diferentes dentro de cada columna indican valores estadísticamente diferentes $\alpha=0.05$

CONCLUSIONES

El PE transparente permite pasar mayor cantidad de luz en comparación con los demás colores (Cuadro 5) por lo que se aumenta la temperatura interior y la del sustrato, mientras que se disminuye la humedad relativa, induciendo la muerte de las plántulas en etapas iniciales de la emergencia.

Los colores para la emergencia y desarrollo de plántulas de calidad son los blancos y amarillos.

El color de los microtúneles influye de manera significativa sobre el crecimiento de la parte aérea o radicular de plántulas de *Lycopersicon* o *Physalis*.

Los diferentes colores de cubierta modifican de manera importante la radiación solar que es transmitida hacia el interior de los microtúneles, modificando diferentes características climáticas.

En el desarrollo de la plántula, el color amarillo demostró ser el que indujo los valores más altos de la mayoría de las variables estudiadas con plantas de mayor diámetro, longitud y número de hojas, por lo tanto plantas más grandes; sin embargo el color blanco se mantuvo como el segundo mejor color por debajo del amarillo con plantas de buen diámetro y no tan grandes, por lo tanto son plantas compactas que tendrán mejor resistencia cuando sean establecidas en campo por lo que se pueden considerar de mejor calidad para trasplante.

BIBLIOGRAFÍA

- Alpí A. y Tognoni, F. 1991. Cultivo en invernadero. Ediciones mundi – prensa, Madrid, España.
- Benavides M., A. 1998. Modificación en los ambientes espectrales de crecimiento y su efecto sobre el comportamiento fisiológico y productividad de *Lactuca sativa* L. y *Spinacia oleracea* L. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 217 p.
- Bidwell, R. G. S. 1990. Plant Physiology. Ed. McMillan Publishing Co., Inc. New York. 643 p.
- Bueno A., J. 1984. Filmes de PVC para usos agrícolas. Revista de plásticos modernos. No. 333. Marzo, 1984. España. 220 p.
- Decoteau, D. R. and H. Friend. 1991. Plant responses to wavelength selective mulches and row covers: a discussion of light effects on plants. 23^o National Agricultural Plastic Congress. American Society for Plasticulture. Edited by James E. Brown. Sept. 29 – Oct. 3 Mobile. Alabama.
- Domínguez R., A. Uso de cubiertas fotoselectivas para la producción de plántulas de hortalizas. Tesis de maestría en ciencias. UAAAN 2005
- Efecto de tres sustratos y dos colores de plástico en el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*physalis ixocarpa Brot*). Revista Chapingo. Serie Horticultura, Julio – Diciembre, año/vol. 12, número 002. Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp 153 – 158. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/609/60912204.pdf>
- El cultivo de tomate. Fernando Nuez. Ediciones mundi – prensa, 2001.
- El Fertirriego y la Plasticultura. Mc. Lindolfo Rojas Peña. UAAAN 2000
- Geiger, D. R. and J. C. Servaites. 1994. Diurnal regulation of photosynthetic carbon metabolism in C3 plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 45: 235-256.
- Halfacre, G. R. y Barden, A. J. 1984. Horticultura. A.G.T. Editor, México, Pp. 295 – 298.
- Hewitt, P. G. 1995. Física conceptual. Addison – Wesley Iberoamericana.
- Hoyos E., P. 1995. Parámetros de calidad en plántulas hortícolas. Ed. Dirección general de la producción agraria 35/96. Congresos y jornadas. Almería 29-31 mayo, 1995.

Ibarra J., L. y A. Rodríguez P. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. Primera edición. Editorial LIMUSA, S. A. de C.V. México, D.F. p 19 – 22.

La agricultura en los invernaderos. <http://usuarios.lycos.es/karolinet/>

López, G. Producción de plántula de tomate de cáscara (*Physalis Ixocarpa Brot*) variedad Large Fruited Michoacán aplicando líquido de lombriz en dos sustratos bajo condiciones de invernadero. tesis de licenciatura. UAAAN 2008.

Martínez M., F. 1995. Manual básico de diseño, construcción y operación de invernaderos y viveros. Oasis, consultoría. Morelos, México.

Microtúneles para cultivo. <http://www.tpagro.com/espanol/microtuneles/microtuneles>.

Mojarro, B. 1997. Precocidad y alto rendimiento. Revista productores de hortalizas, mayo . Pp 26-28 Mexico

Multiplicación de Plantas Hortícolas. Dominique Boucherin y Gilbert Bron. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza España 1994

Núñez, 1994. Producción de plantas de tomate bajo cubiertas plásticas de colores. Tesis de licenciatura, UAAAN

Orzolek, M. D. and W. S. Lamont. 1999. The Penn State Center for Plasticulture. *In:* Proc. Nat. Agric. Plastics Congress American Society for Plasticulture. May 19-22, 1999. Tallahassee, Florida. pp. 24-26.

Producción de plántulas de tomate y pimiento con cubiertas de polietileno reflejante para disminuir la temperatura en invernadero.

<http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2002/may-jun/art-4.pdf>

Recomendaciones Generales BallSeed para Producción de Plántulas. <http://www.faxsa.com.mx/semflor1/seaaa10.htm>

Serrano C., Z. 1990. Técnicas de invernadero. PAO Suministros gráficos, S. A. Sevilla , España

Serrano C., Z. 1994. Construcción de invernaderos. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España.

Torres R., E. (1983). Invernaderos familiares: producción intensiva de alimentos bajo cubiertas plásticas. En: memorias del IV congreso latinoamericano de energa solar. Univ. Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

Torres, R. E., 1984. Agrometeorología. Editorial Diana, México D.F.

Tratado de ciencias y tecnología de las hortalizas. Producción, composición, almacenamiento y procesado. Editores D. K. Salunkhe y S.S. Kadam. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza España

Wageningen, T. 1994. Por aquí empieza una buena semilla. Rev. Horticultura No. 99 España

Wien, H. C. 1997. Transplanting. *In: The Physiology of Vegetable Crops*. H.C. Wien (Ed.) Editorial CAB International. pp: 37-69.

Zarka, Y. 1992. Películas fotoselectivas y y fluorescentes en plasticultura. CEPLA, Comité Español de Plásticos en Agricultura. 1992. XII, Congreso Internacional de Plásticos en Agricultura. 3 – 8 de Mayo, 1992. Granada, España.

