

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**EFFECTOS AGRONÓMICOS EN PLÁNTULA DE TOMATE  
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) BAJO CUBIERTAS DE  
COLORES**

Por:

**BERTA CRUZ GARCÍA**

**TESIS**

**Presentada como Requisito  
Parcial para Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Horticultura**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Febrero del 2007**

# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**EFFECTOS AGRONÓMICOS EN PLÁNTULA DE TOMATE  
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) BAJO CUBIERTAS DE COLORES**

**TESIS**

**Presentado por:**

**BERTA CRUZ GARCÍA**

**Que somete a consideración del H. jurado examinador  
como requisito parcial para obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Horticultura**

**APROBADO POR:**

---

**DR. JOSÉ HERNÁNDEZ DÁVILA  
ASESOR PRICIPAL**

---

**ING. ELYN BACÓPULOS TÉLLEZ  
SINODAL**

---

**DR. VALENTÍN ROBLEDO TORRES  
SINODAL**

---

**DR. VÍCTOR REYES SALAS  
SINODAL**

---

**M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES:**

**Moisés Cruz López  
Asunción García Hernández**

Por sus esfuerzos y noches de angustias para formar una mujer de bien, con valores y principios.

Hoy con amor les dedico esta tesis como tributo de su confianza como una manera más de decirles cuanto los quiero, admiro y respeto, por ser los padres más maravillosos en el mundo y sobre todo por darme la oportunidad de vivir.

### **A MIS ABUELOS:**

**Zenón Cruz Salinas y Agustina I. López Gómez  
Floriberto García Cruz y Marciana Hernández Mejía**

Les doy las gracias por brindarme su cariño y respeto, porque con su ejemplo me enseñaron a salir adelante y no dejarme vencer en los momentos difíciles.

### **A MI NOVIO:**

**Dover Franco Pérez Pérez**

Con todo mi corazón, por estar siempre a mi lado, comprensivo y cariñoso, apoyándome para librar los retos de la vida, pero lo más importante es contar con el.

**A MI HERMANO:**

**Israel Cruz García**

Por su apoyo y comprensión ya que significa mucho para mi, por los momentos que hemos compartido juntos en nuestra niñez y durante mi formación.

**A MIS HERMANITOS:**

Imelda, Zury, Moisés, Jared, Geú, Ariel, por ser mi familia y la alegría de la casa. A ti Agustina y Alexis por ser mi inspiración y mi fuerza para salir adelante, los llevo siempre en el corazón y en la mente.

**A MIS TÍOS Y PRIMOS:**

Quienes me motivaron a salir adelante en mi carrera, dándome ánimos y por brindarme su apoyo, especialmente a mi tío el Ing. Maximino Josué Cruz López con todo mi corazón gracias y por ser siempre un amigo.

**A MI CUÑADO Y CUÑADA:**

**Tomás Vásquez Cruz y Adielia Vásquez Gómez**

Por su apoyo, cariño y por formar parte de la familia.

**A MIS SOBRINOS:**

**Wilber y Yareli**

Porque con su presencia alegran nuestras vidas, dándonos amor y cariño.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios:**

Por que dice su palabra “Que la sabiduría viene de lo alto”, por permitir mi existencia y por estar siempre a mi lado, gracias señor.

### **A MI ALMA MATER:**

Por abrirme sus puertas y brindarme sus servicios para hacer mis sueños realidad, estaré eternamente agradecida.

### **AL DR. JOSÉ HERNÁNDEZ DÁVILA:**

Por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto y orientarme hacia el camino de la investigación, pero sobre todo gracias por su amistad, consejos y tolerancia.

### **A MIS SINODALES:**

Dr. Valentín Robledo Torres, Ing. Elyn Bacópulos Téllez, Dr. Víctor Reyes Salas, por su ayuda en la revisión y asesoría en la elaboración de este trabajo, les agradezco el haberme brindado su amistad y por ser mis mejores maestros en la carrera de horticultura.

## **AL DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA:**

Por permitir mi formación y realizar mis prácticas como estudiante.

## **A MIS PROFESORES:**

Que motivaron de una u otra forma mi persona durante mi estancia, gracias por su amistad y tolerancia en cada clase, siempre los llevaré en la mente con un bonito recuerdo.

Especialmente al Ing. Manuel por su paciencia y apoyo incondicional.

## **A MI AMIGA:**

Angélica Pech Damián muchísimas gracias por tu amistad, ya que para mi, lo más importante es saber que siempre estas ahí para escucharme.

## **A MIS AMIGOS**

Por su apoyo y amistad incondicional que siempre estuvieron en los momentos más difíciles de mi carrera, a Marisela, Marbella, Dianita, Deysi, Alicia, Susí, Teresita, José S., Eduardo, Isaí, Jacobo, y Cleiver.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Origen.....	3
Condiciones Climáticas.....	3
Materiales Plásticos Utilizados en la Agricultura.....	4
Macrotúneles.....	5
Propiedades Ópticas de los Plásticos Utilizados en la Agricultura.....	6
Resultados de Trabajos Realizados con Cubiertas Fotoselectivas.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
Localización Geográfica del Área Experimental.....	11
Características del Área Experimental.....	11
Materiales para el Establecimiento del Macrotúnel.....	12
Materiales para la Siembra.....	12
Material Genético.....	13
Material para la Evaluación.....	13
Siembra.....	13
Fertilización.....	13
Diseño Experimental.....	14
Establecimiento del Macrotúnel.....	14
Variables Evaluadas.....	15

Producción Total de Biomasa Fresca.....	15
Producción Total de Biomasa Seca.....	15
Producción de Biomasa Fresca del Vástago.....	15
Producción de Biomasa Seca del Vástago.....	15
Producción de Biomasa Fresca de la Raíz.....	15
Producción de Biomasa Seca de la Raíz.....	16
Acumulación de Área Foliar.....	16
Altura de Plántula.....	16
Diámetro del Tallo.....	16
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
Producción Total de Biomasa Fresca.....	17
Producción Total de Biomasa Seca.....	19
Producción de Biomasa Fresca del Vástago.....	21
Producción de Biomasa Seca del Vástago.....	23
Producción de Biomasa Fresca de la Raíz.....	25
Producción de Biomasa Seca de la Raíz.....	27
Acumulación de Área Foliar.....	29
Altura de Plántula.....	31
Diámetro del Tallo.....	32
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>34</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Influencia de la luz en algunos procesos de las plantas, 1994.....	6
Cuadro 2.	Análisis de varianza en la producción total de biomasa fresca de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	18
Cuadro 3.	Comparación de medias en la producción total de biomasa fresca (g) de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	18
Cuadro 4.	Análisis de varianza en la producción total de biomasa seca de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	20
Cuadro 5.	Comparación de medias en la producción total de biomasa seca de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	20
Cuadro 6.	Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca en el vástago de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	22
Cuadro 7.	Comparación de medias en la distribución de biomasa fresca en el vástago de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	22
Cuadro 8.	Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca del vástago de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	24
Cuadro 9.	Comparación de medias en la distribución de biomasa seca del vástago de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	24
Cuadro 10.	Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca de la raíz de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	26

Cuadro 11.	Comparación de medias en la distribución de biomasa fresca en la raíz de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	26
Cuadro 12.	Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca de la raíz de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	28
Cuadro 13.	Comparación de medias en la distribución de biomasa seca en la raíz de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	28
Cuadro 14.	Análisis de varianza en el área foliar de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.	30
Cuadro 15.	Comparación de medias en la acumulación de área foliar en plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.....	30

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.	Altura de planta al momento del trasplante, en plántulas de tomate por efecto de la cubierta plástica foselectiva. UAAAN, 2006.....	31
Figura 2.	Diámetro de tallo de plántulas de tomate por efecto de cubiertas plásticas foselectivas. UAAAN, 2006.....	32

## RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación se realizó en el ciclo agrícola de primavera-verano en el año 2006, se llevó a cabo en macrotúneles, contruidos para dicho trabajo, que se encuentran ubicados a un costado del departamento de Horticultura de la UAAAN. el cual, se localiza en Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.

El objetivo del trabajo fué evaluar los cambios que presentan las plántulas de tomate (cv Río grande), producidas bajo diferentes cubiertas plásticas de colores o Foselectivas en macrotúneles. Para la evaluación de las plántulas se utilizaron cuatro macrotúneles con cubierta ( $T_1$ =amarillo,  $T_2$ = blanco,  $T_3$ =rojo y  $T_4$  transparente) colocados de forma aleatoria. Se ocuparon charolas de 128 cavidades, cuatro charolas por tratamientos.

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar y las variables evaluadas fueron: biomasa fresca total, biomasa seca total, biomasa fresca del vástago, biomasa seca del vástago, biomasa fresca de la raíz, biomasa seca de la raíz, área foliar, altura de plántula y diámetro de tallo; con la prueba de Tukey. Los mejores resultados en general se obtuvieron en el macrotúnel con cubierta foselectivo de color amarillo

La acción de la cubierta de color amarillo en las variables producción total de biomasa fresca, seca y acumulación de área foliar, fue positivamente alta en comparación con la cubierta transparente.

La variable biomasa fresca radicular con la acción de las cubiertas foselectivas, es superior a la cubierta transparente y en general la cubierta blanca es superior a los demás colores.

## INTRODUCCIÓN

Si consideramos que la mitad de la producción mundial de hortalizas la constituyen la papa y el tomate, nos damos cuenta de la importancia que para la seguridad alimentaria de cualquier país tienen estos cultivos. México ocupa el décimo lugar a nivel mundial como productor de tomate, pero es el tercer comercializador del producto en el mundo.

Los principales productores de tomate a nivel mundial son China, Estados Unidos, Turquía, Italia, Egipto e India, quienes han producido en los últimos 10 años el 70% de la producción mundial. La producción mexicana de tomate durante los últimos diez años fue de 19 millones de toneladas con un rendimiento promedio de 25 toneladas por hectárea en una superficie sembrada cercana a las 80 mil hectáreas, con un precio que durante el 2000 promedió los 3,836 pesos mexicanos por tonelada.

Por otra parte, gracias a los avances tecnológicos como invernaderos, uso de charolas, etc. y la ventaja que representa su cercanía con la frontera estadounidense, el estado de Sinaloa ocupa el primer lugar como productor de tomate en México, pues el 40% de la producción nacional se cultiva en ese estado; seguido de Baja California, San Luis Potosí y Michoacán, estados que en conjunto, participan con el 30% del total nacional.

Aproximadamente el 10% del producto se exporta y el resto es consumido por los mexicanos, quienes lo han integrado a su dieta alimentaria en forma abundante. Por su alto valor comercial, el tomate ha representado

tradicionalmente un ingreso de divisas muy importante para el país, únicamente superado por las divisas generadas por el ganado vacuno. Por ello, México debe continuar exportando este producto, e incluso incrementar los volúmenes ya que es altamente competitivo en los mercados internacionales (SIAP, 2002.)

Muchos agricultores han cambiado sus sistemas de producción tradicional y utilizan las cubiertas plásticas para producir plántulas y desde el transplante hasta producción, hecho que significa mayor tecnificación de sus cultivos, lo cual hace que la producción de hortalizas sea más rentable. También, el agricultor actual debe dominar una serie de técnicas de producción para ser competitivo y en este sentido, las cubiertas plásticas son una buena alternativa para la producción de plántula y ganar tiempo para cosechar primero y obtener mejores precios en el mercado.

### **OBJETIVOS**

Determinar el efecto agronómico de diferentes colores de cubiertas plásticas en la producción de plántulas de tomate en macrotúnel.

Identificar el color de la cubierta mas adecuado para la producción de plántula de tomate con las características agronómicas más convenientes para resistir el transplante.

### **HIPOTESIS**

- El efecto de la cubierta color amarillo es el que proporciona mas ventajas para la producción de plántulas de tomate.
- Las cubiertas plásticas tienen efectos significativos en el crecimiento de las plántulas de tomate.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Origen**

El tomate es una planta nativa de América tropical cuyo origen se localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú.) y en donde se encuentra la mayor variabilidad genética.

### **Condiciones climáticas**

Los factores ambientales como humedad relativa, temperatura, precipitación pluvial, luminosidad, ubicación geográfica, etc., ejercen fuerte influencia sobre el comportamiento de las plantas las cuales delimitan las áreas productoras de diversas especies hortícolas (Hernández, 1993). México está considerado a nivel mundial como el centro más importante de domesticación de tomate; tan es así, que la palabra tomate proviene de la voz náhuatl “tomatl” (Valadez, 1993).

Más del 90% de los cultivos agrícolas son propagados por semillas y ellas, son las portadoras primarias de los recursos genéticos y de los nutrientes para el primer estadio de crecimiento (Wageningen, 1994)

Folquer, (1976) cita que la germinación es una serie compleja de cambios biológicos y fisiológicos que indican la iniciación del crecimiento y movilización de las reservas, dentro de la semilla, para ser utilizada por el embrión en su crecimiento.

Para la siembra de tomate se han venido utilizando tradicionalmente dos técnicas diferentes: siembra directa y transplante. La técnica de transplante actualmente es la más utilizada, para lograr un adelanto en las cosechas en comparación al método de siembra directa y consecuentemente obtener un mejor precio en el mercado (Careaga, 1977)

Las plántulas en sus primeros días desempeñan un papel crucial en su desarrollo, el ambiente temprano que rodea al cultivo es de vital importancia y determinará si la planta habrá de desarrollarse con todo su potencial.

La efectividad del transplante depende de varios factores, principalmente de las especies y del estado de desarrollo de la planta, específicamente de la relación entre el área foliar, la longitud y grado de suberización de las raíces y las condiciones ambientales (Rosa, 1996).

Leskovar citado por Juárez (2000), menciona que la capacidad de un trasplante a superar “shock” depende de cómo las plantas soportan los cambios estructurales y funcionales de la raíz, de la capacidad radicular de absorción de agua y nutrientes y de la capacidad de regeneración de nuevas raíces.

### **Materiales plásticos utilizados en la agricultura**

El uso de los plásticos en la agricultura ha permitido mejorar el ambiente de producción, favoreciendo el incremento y calidad de las cosechas en diferentes especies hortícolas como es el caso de la lechuga donde la tecnología ha permitido duplicar los rendimientos. El uso de los acolchados plásticos ha permitido incrementar los rendimientos de manera significativa y cuando se usan plásticos con características espectrales especiales, el rendimiento se ve incrementado en calidad y cantidad; sin embargo, aún existe poca información respecto al uso de cubiertas en la producción de plántulas de calidad para el trasplante.

Robledo y Martín (1981) mencionan que el forzado mediante microtúnel consiste en cubrir el cultivo, fundamentalmente durante sus primeras fases vegetativas, con una sencilla construcción de forma más o menos semicircular, formada por unos pequeños arcos y una cubierta constituida por una lámina de plástico. Por su parte Papaseit *et. al.* (1998), agregan que los microtúneles, junto con el acolchado son las dos técnicas más tradicionales de forzado de cultivos. En algunas zonas de México como en otros países, el uso de los plásticos en la agricultura, aplicados en diversas formas (invernaderos, macro y microtúneles, etc.), proporcionan condiciones más adecuadas para el desarrollo de los cultivos obteniéndose mayor cantidad y calidad de productos (Ibarra, 1997).

### **Macrotúneles**

Son túneles grandes, volumétricamente parecidos a un medio cilindro, cuyo frente puede presentar una forma parabólica. Las medidas más frecuentes son: 3 a 4 m de ancho por 1,5 a 2 m de alto y su largo varía según las necesidades o espacio disponible. El uso de los macrotúneles tiene un futuro promisorio por las siguientes razones:

- Es una construcción de baja inversión inicial (3 a 4 \$/m<sup>2</sup>).
- Es muy fácil de construir.
- Es resistente a condiciones climáticas extremas (nieve, vientos, entre otras).
- Es sencillo el manejo de la ventilación.
- Es excelente para el manejo familiar.
- Es ideal para producir hortalizas de hoja y/o raíz, las cuales son tolerantes a las bajas temperaturas, así como también, para la producción de plantas en el suelo, charolas o macetas para anticipar cosecha en campo de hortalizas de fruto (tomate, pimiento, berenjena, etc.) y si a esto le agregamos las cubiertas de colores puede ser otra ventaja más; también puede ser usado para plantas ornamentales, forestales o aromáticas.

- Se puede trasladar fácilmente en caso de presentarse problemas como la alta carga de agentes patógenos (hongos o larvas de insectos (Montbrun *et al.*, 1999).

### 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 1 se presenta la influencia de la luz en la fisiología de las plantas (Hernández, 1993). Por ejemplo, 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 1. Influencia de la luz en algunos procesos de las plantas. 1994.

Fisiología de las plantas		Germinación	Crecimiento de tallos	Tamaños de hojas	Fotosíntesis	En raizamiento
Clase de luz						
UV	Lejano	X	X	X	X	X
	próximo	Efecto restrictivo				
Visible	Violeta	O	B	O	O	B
	Azul					
	Obscuro					
	Azul	R	R	R	B	R
	Verde	O	O	B	O	
	Amarillo					
	Anaranjado					
	Rojo					
IR	Próximo	Necesario para calentar				
	Lejano	Necesario para conservar el calor				

X=Malo, O=Óptimo, 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 (SARH, 1988). 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, (1990) reportó que la calidad de la luz en 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 germinación.

Estudios realizados con cubiertas foselectivas de color verde, demostraron que acortan el crecimiento y la producción de materia seca; en cambio, cuando las plantas son cultivadas bajo luz violeta que separa la luz verde de la blanca, se ha visto que aumenta la producción de materia seca (Robledo, 1981; Martín, 1981).

El color rojo de luz afecta a la fotosíntesis y crecimiento vegetativo de las plántulas e influye en el crecimiento de flores y frutos, mientras que el color azul modifica el fototropismo y la fotosíntesis y es el responsable del crecimiento de las hojas y los tallos (Orzolek, 1995). Por lo tanto, las modificaciones en el ambiente de radiación inducidas por los filtros plásticos determinaron cambios en las variables fotosintéticas y en la acumulación de biomasa que se relacionó positivamente con la densidad de flujo fotónico fotosintético bajo las películas y con la asimilación de CO<sub>2</sub> (Benavides *et al.*, 2002).

### **Resultados de Trabajos Realizados con Cubiertas Foselectivas**

Las cubiertas plásticas tienen influencia en la altura de plantas y en el análisis numérico de producción de plántulas de tomate, el tratamiento más sobresaliente fue la cubierta plástica de color blanco, seguido por la cubierta

plástica de color lila. En el diámetro de plántulas el mejor tratamiento fue la cubierta plástica de color blanco seguido del color lila. En peso fresco aéreo y peso fresco de raíz el mejor resultado se obtuvo en la cubierta de color blanco (Muñiz, 1994). En la variable peso seco aéreo y radicular los mejores resultados fueron en la cubierta plástica de color blanco.

Domínguez (2005), realizó trabajos en la producción de plántulas de tomate de cáscara en microtúneles con cubierta fotoselectiva; obtuvo que las cubiertas de color amarillo inducen un crecimiento del tallo y parte aérea y altos pesos frescos y secos, originando plantas de alta calidad, sin embargo el color rojo indujo altos pesos frescos de raíz y el transparente presentó altos pesos secos de raíz y materia seca total, con el uso de la cubierta de color verde se indujo una de las mayores alturas de plántula pero éstas presentaron los menores pesos secos de la raíz y tallo y materia seca total, originando por lo tanto plántulas de baja calidad para el trasplante.

Otras películas han sido diseñadas para absorber la luz R (600-700 nm) e inciden en estas longitudes de onda y disminuyen la proporción R:Fr del espectro de luz, produciendo plantas más altas. Pruebas preliminares enfocadas en cosechas hortícolas herbáceas, mostró el control eficaz de altura sin el uso de sustancias químicas como son los reguladores de crecimiento (Rajapakse, 1999); sin embargo, la magnitud de la respuesta depende de las especies y cultivares.

En un cultivo de lechuga, se encontraron diferencias significativas en las variables número de hojas por planta (NHP), ancho de hoja (ANH) y peso seco de cabeza (PSC), el microtúnel con cubierta blanca lechosa presentó los mayores valores, mientras que en la variable peso fresco de cabeza (PFC) el color amarillo fue el que presentó el mayor valor, aunque fue estadísticamente igual a los tratamientos con cubiertas blanca y roja. De lo anterior se puede concluir que las cubiertas de color blanco lechoso influyen favorablemente en el

desarrollo del cultivo de lechuga. Las variables PFC y PSC mostraron diferencias significativas; esto indica que los colores de cubierta afectaron significativamente la producción de biomasa, indicando que la modificación en las características radiométricas de la luz solar, permiten modificar el comportamiento de los cultivos, logrando con esto un mayor rendimiento, probablemente al incrementar la eficiencia fotosintética o bien al modificar el microambiente vegetal (Robledo *et al.*, 2002).

Ledesma (1994) obtuvo resultados altamente significativos en diámetro de plántula utilizando cubiertas plásticas de colores en la producción de plántulas de brócoli. Las mejores cubiertas fotoselectivas fueron en orden decreciente: la cubierta de color blanco, el anaranjado, el amarillo y el plástico violeta. Probablemente, las longitudes de onda que más se transmitieron por las cubiertas fotoselectivas citadas en el punto anterior, fueron las radiaciones azules y rojas (Hernández *et al.*, 2002).

En Almería (España) el uso de los plásticos de colores no afectó significativamente al cultivo de tomate y pepino estudiados en su fase de desarrollo vegetativo y en periodo de otoño. En tomate se observó el mejor comportamiento, en general, en el plástico rojo en las variables peso fresco de la planta, peso seco de tallo y hoja, diámetro de tallo y número de hojas. El plástico de color azul – violeta es el que mostró un mayor descenso en la evaluación en función de los parámetros de desarrollo vegetal medidos. Existe una importantísima pérdida de irradiación neta (fotosintéticamente activa) que va desde el 60-30% para los plásticos azul violeta y rojo, comportándose el rosa de forma intermedia. El porcentaje de descenso de radiación que le llega al cultivo no ha sido reflejado por un igual descenso de la biomasa y de más parámetros de desarrollo, por lo que el efecto fotoselectivo de los pigmentos adicionales cumple su función de aumentar la fotosíntesis. Siendo la causa del moderado descenso en algunos parámetros la disminución de la radiación fotosintéticamente activa que llega al cultivo (Hoyos, 1995).

Daza (1994), encontró que los mejores resultados al producir plántulas de coliflor (*Brassica oleracea*) var. *Botrytis*, en microtúneles con cubiertas plásticas de colores, fueron obtenidos al utilizar cubiertas de color blanco y violeta.

Torres (1984) al trabajar con tomate establecido bajo cubiertas plásticas de colores, encontró que la cubierta amarilla permitió a las plantas de tomate mayor asimilación de CO<sub>2</sub>, que se tradujo en mayor vigor, tamaño y calidad de frutos. Además, características como altura de planta, número de entrenudos y longitud de los mismos también fueron influidas positivamente.

Los resultados demostraron diferencias significativas en coliflor, tomate y brócoli. Al modificar la radiación con la cubierta fotoselectiva de color blanco en coliflor y con cubierta amarilla en tomate, hubo precocidad de al menos el 23 % en comparación con las otras cubiertas. Por otra parte, el tratamiento más lento por completar el mismo grado de desarrollo vegetativo fue la cubierta azul y transparente en comparación con la cubierta amarilla, naranja y blanco. Además, en tres evaluaciones, en el mismo periodo, la cubierta transparente obtuvo del 80 a 84 % de emergencia, mientras que en la cubierta naranja y amarillo la emergencia fue del 100 %. Estos resultados indican que el uso de las cubiertas fotoselectivas inducen mayor velocidad y porcentaje de emergencia (Hernández *et al.*, 2004).

Las cubiertas de color amarillo y blanco influyeron favorablemente en el aumento de biomasa en las variables estudiadas en plántulas de lechuga superando a las cubiertas de color transparente. Las plántulas desarrolladas bajo cubierta de color verde presentaron mayor altura pero éstas fueron frágiles y con hojas muy delgadas, o plántulas de mala calidad para trasplante. (Sánchez, 2005).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización Geográfica del Área Experimental

El presente trabajo de investigación se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano del 2006, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con ubicación geográfica en 25°23' latitud norte y 101°00' longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1,743 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 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 más cálidos 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 período 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, e 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 noroeste son predominantes y se presentan con mayor intensidad en los meses de febrero-marzo.

**Vegetación.** La 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 del Macrotúnel**

A continuación se menciona los materiales que se utilizaron en la construcción de los cuatro macrotúneles que median 4 metros de ancho por 12 metros de largo:

- Tubos galvanizados de ½
- Cubiertas plásticas de diferentes colores:
  - Cubierta plástica transparente (calibre 6000)
  - Cubierta plástica amarilla (calibre 300)
  - Cubierta blanca (calibre 300)
  - Cubierta roja (calibre 300)
- Cinta métrica
- Madera
- Grapas

#### **Materiales para la Siembra**

- Charolas de 128 cavidades
- Peat moss (60%)
- Perlita (40%)
- Regadera de jardín

### **Material Genético**

La variedad comercial utilizada fue cv Río grande que se caracteriza por ser semiprecoz y productiva. El fruto es de gran tamaño y se emplea para triturarlo y concentrado. Planta de estación cálida, para cultivo de verano.

### **Material para la Evaluación.**

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

- Plántula de tomate (cv Río grande)
- Bolsas de papel
- Medidor de área foliar (LI-COR Modelo Li-3000 A)
- Balaza analítica
- Bisturí
- Regla métrica
- Vernier
- Estufa (Lindberg)
- Fertilizantes-Fertiplus 30-20-10

### **Siembra**

Se utilizó como sustrato una mezcla de 40% de perlita y 60% de peat moss en charolas de 128 cavidades que son específicas para solanáceas, en donde se depositó una semilla por cada cavidad. La siembra se realizó el día 20 de marzo del 2006, de forma manual.

### **Fertilización**

La fertilización utilizada para los tratamientos fue 30-20-10 una vez por semana ( $8\text{g.L}^{-1}$  de agua); esta aplicación fue la misma para todos los tratamientos. Las aplicaciones se realizaron de manera foliar.

### **Diseño Experimental**

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 4 tratamientos (T1 = amarillo, T2 = rojo, T3 = blanco y T4 = transparente) y cuatro repeticiones.

Se utilizó la prueba de Tukey en las variables: biomasa fresca total, biomasa seca total, biomasa fresca del vastatago, biomasa seca del vástago, biomasa fresca de la raíz, biomasa seca de la raíz, diámetro de tallo, altura de planta y área foliar.

### **Establecimiento del Macrotúnel**

Preparación del terreno: Se cavaron cuatro zanjas de aproximadamente 30cm de profundidad con ancho de 60 cm y 13.5 de largo, llenándose con tierra para levantar el bordo.

Establecimiento de la estructura: Se usaron 20 tubos de una pulgada de diámetro y 50 cm de largo, los cuales se enterraron sirviendo como anclas, se colocaron a una distancia entre sí de 1.50 m. Sobre éstos se colocaron tubos de media pulgada de diámetro por 6.20 m de largo arqueados a manera de semicírculo por medio de una plantilla y después perforadas.

Colocación de la cubierta plástica: Se realizó una pequeña zanja alrededor de la estructura en la cual se colocó el plástico sujetándolo con tierra. El plástico utilizado fue transparente (calibre 6000), blanco, amarillo y rojo (calibre 300), los cuales previos a su colocación se extendieron sobre el suelo para que bajo la acción del sol se expandieran.

Con una fajilla de madera se envolvió el plástico por su extremo y se clavó a la perforación hecha al tubo a 1.2 m de altura. En el otro extremo del plástico, éste se jaló y acomodó en la zanja para sellarlo con tierra.

A un segundo plástico que colgaba de esta fajilla de madera se le colocó un tubo de media pulgada de diámetro, el cual llevaba una manivela sujeta por último con un alambre, permitiendo la ventilación del macrotúnel. Al final se colocaron las puertas con marcos de madera las cuales se forraron con plástico.

### **Variables Evaluadas**

Para llevar a cabo la evaluación se tomó una planta representativa por cada repetición y tratamiento. Se hicieron siete evaluaciones cada cinco días siendo los días 18, 23 y 28 de abril, 3, 8, 13 y 18 mayo del 2006 o sea a los 18, 23, 28, 33, 38, 43 y 48 días después de la siembra. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

#### Producción Total de Biomasa fresca (g)

Para poder reportar esta variable fue necesario conocer la biomasa fresca del vástago y de la raíz obteniendo con esto un dato promedio.

#### Producción Total de Biomasa seca (g)

Para su evaluación se tomaron los datos de la biomasa seca del vástago y de la raíz obteniendo un dato promedio.

#### Producción de Biomasa fresca del vástago (g)

Para determinar esta variable se cortó la parte aérea de la plántula y se pesó en la balanza analítica obteniendo un dato promedio.

#### Producción de Biomasa seca del vástago (g)

Se llevó la parte aérea a la estufa a una temperatura de 60° C por 5 días, posteriormente se pesó en una balanza analítica.

#### Producción de Biomasa fresca de la raíz (g)

La parte radical de la plántula se limpió cuidadosamente hasta eliminar todo el sustrato y se pesó en la balanza analítica y se obtuvo un dato promedio.

#### Producción de Biomasa seca de la raíz (g)

Se realizó de manera semejante al peso seco de la parte aérea y se obtuvo un dato promedio.

#### Acumulación de Área foliar (cm<sup>2</sup>)

Esta variable se obtuvo en siete ocasiones midiendo las hojas para determinar su área.

#### Altura de plántula (cm)

Se midió desde la base del tallo hasta la parte más alta de la planta con la ayuda de una regla métrica. Para ello, se midió la altura de diez plantas representativas por cada repetición en los cuatro tratamientos.

#### Diámetro del tallo (mm)

Se midió el diámetro del tallo de la plántula, en una ocasión a los 50 días después de siembra, con la ayuda de un vernier y se obtuvo un valor promedio. Para ello, se tomaron cuatro plántulas por cada repetición en cada uno de los cuatro tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Producción Total de Biomasa Fresca**

Los resultados obtenidos por el ANVA indican que la primera, segunda, sexta y séptima evaluación mostraron diferencias estadísticas significativas con  $P \leq 0.01$  (Cuadro 2); en cambio, en la tercera, cuarta y quinta evaluación no hubo diferencias. En la prueba de comparación de medias con DMS para observar la igualdad y diferencias entre tratamientos se obtuvo, que en la última evaluación, en general, el tratamiento 1 con cubierta fotoselectiva de color amarillo es el que produjo mayor biomasa fresca con 68.77% más que la obtenida con la cubierta transparente, lo sigue el tratamiento 2 con cubierta de color blanco y 27.57% más que el transparente o testigo (Cuadro 3).

Sí se considera lo citado en el Cuadro 1 de la revisión de literatura, donde se refiere a la influencia de la luz en la fisiología de las plantas, se tiene que dentro del rango visible la luz verde y amarillo, en general, tiene un efecto regular en el crecimiento y desarrollo del tamaño de hojas, fotosíntesis y enraizamiento de las plántulas, estos colores son superados por la luz violeta-azul, oscuro-azul, anaranjado-rojo en estos mismos efectos. Por lo tanto, los resultados en esta variable, probablemente se deben a que con la cubierta amarilla se refleja la luz amarilla y se aprovechan las otras (Hernández, 1993).

Estos resultados coinciden con la investigación realizada por Sánchez (2005) en donde las cubiertas color amarillo y blanco influyeron favorablemente en el aumento de biomasa en las variables estudiadas en plántulas de lechuga superando a las cubiertas de color transparente.

Cuadro 2. Análisis de varianza en la producción total de biomasa fresca de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS						
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	43 dds	48 dds
Trat	3	0.0013**	0.0024**	0.0034ns	0.0072ns	0.0088ns	0.0370**	0.1377**
Error	12	0.0001	0.0003	0.0011	0.0026	0.0043	0.0041	0.0054
CV, %		10.95	12.87	14.06	16.24	15.60	11.22	9.10

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, \* = significativo con  $P \leq 0.05$ , \*\* = significativo con  $P \leq 0.01$ .

Cuadro 3. Comparación de medias en la producción total de biomasa fresca (g) de plántulas de tomate, siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE CUBIERTA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds						
	18	23	28	33	38	43	48
Amarillo	0.126 A	0.161 A	0.277 A	0.346 A	0.455 A	0.689 A	1.065 A
Blanco	0.104 AB	0.125 AB	0.229 A	0.314 A	0.397 A	0.515 B	0.805 B
Rojo	0.106 AB	0.153 A	0.228 A	0.336 A	0.468 A	0.612 AB	0.730 BC
Trasparente	0.082 B	0.107 B	0.208 A	0.252 A	0.370 A	0.476 B	0.631 C

dds = días después de siembra, <sup>z</sup> = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

### **Producción Total de Biomasa Seca**

Los ANVAS muestran que existen diferencias estadísticas significativas en todas las evaluaciones con  $P \leq 0.01$  (Cuadro 4), según la prueba de DMS los mejores resultados, en general, se obtuvieron en el tratamiento 1 con cubierta plástica de color amarillo ya que es el que produjo mayor cantidad de biomasa seca con un porcentaje del 70.68% más a lo obtenido en la cubierta transparente (Cuadro 5).

Esto se debe a que la modificación en las características radiométricas de la luz solar permiten modificar el comportamiento de los cultivos, logrando con esto un mayor rendimiento, probablemente al incrementar la eficiencia fotosintética o bien al modificar el microambiente vegetal (Robledo *et al.*, 2002).

Los resultados no coinciden con la investigación de Muñiz (1994) en tomate en la variable de peso seco aéreo y radicular los mejores resultados arrojados fueron en la cubierta plástica de color blanco. Sin embargo, coincide con las variables PFC y PSC de lechuga, que mostraron diferencias significativas entre tratamientos y la cubierta color amarillo fue mejor por (Robledo *et al.*, 2002).

Cuadro 4. Análisis de varianza en la producción total de biomasa seca de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS						
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	43 dds	48 dds
Trat	3	0.0000**	0.0003**	0.0005**	0.0007**	0.0027**	0.0031**	0.0061**
Error	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001
CV, %		10.47	10.27	10.90	10.91	8.02	4.30	6.49

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, \* = significativo con  $P \leq 0.05$ , \*\* = significativo con  $P \leq 0.01$ .

Cuadro 5. Comparación de medias en la producción total de biomasa seca de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE CUBIERTA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds						
	18	23	28	33	38	43	48
Amarillo	0.022 AB	0.032 B	0.067 A	0.092 A	0.139 A	0.157 A	0.198 A
Blanco	0.019 BC	0.026 BC	0.050 BC	0.068 B	0.084 C	0.096 C	0.116 B
Rojo	0.026 A	0.041 A	0.063 AB	0.080 AB	0.104 B	0.114 B	0.130 B
Trasparente	0.016 C	0.022 C	0.042 C	0.063 B	0.083 C	0.099 C	0.116 B

dds = días después de siembra, <sup>z</sup> = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

### **Biomasa Fresca del Vástago**

Los resultados arrojados por los ANVAS en la primera, segunda, sexta y séptima evaluación indican que existen diferencias estadísticas significativas con  $P \leq 0.01$  (Cuadro 6), en la tercera, cuarta y quinta evaluación no hubo diferencias significativas. Al realizar la comparación de medias con la prueba de DMS, en general, se observa que el tratamiento 1 con cubierta de color amarillo es el que acumuló mayor biomasa en el vástago con 105.09% más que en el plástico transparente, lo sigue el tratamiento 2 de cubierta color blanco con 38.83% más que el transparente o testigo (Cuadro 7).

Es probable que esto se deba a las modificaciones en el ambiente de radiación inducida por los filtros plásticos, que determinan cambios en las variables fotosintéticas y en la acumulación de biomasa, ya que la acumulación de biomasa fresca en las plantas se relaciona positivamente con la densidad de flujo fotónico fotosintético bajo las películas y con la asimilación de  $\text{CO}_2$ . (Benavides *et al.*, 2002).

Los resultados de esta investigación no coinciden con la investigación hecha por Hoyos (1995) porque el obtuvo el mejor comportamiento, en general, en el plástico rojo. Sin embargo, coincide con Domínguez (2005) en la cubierta de color amarillo que indujo un crecimiento de tallo, parte aérea, altos pesos frescos y secos, en plántulas de tomate de cáscara.

Cuadro 6. Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca en el vástago de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS						
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	43 dds	48 dds
Trat	3	0.0012**	0.0021**	0.0035ns	0.0063ns	0.0056ns	0.0319**	0.1410**
Error	12	0.0001	0.0002	0.0010	0.0020	0.0028	0.0032	0.0028
CV, %		11.34	14.84	16.49	17.65	16.41	13.43	9.18

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, \* = significativo con  $P \leq 0.05$ , \*\* = significativo con  $P \leq 0.01$ .

Cuadro 7. Comparación de medias en la distribución de biomasa fresca en el vástago de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE CUBIERTA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds						
	18	23	28	33	38	43	48
Amarillo	0.105 A	0.130 A	0.238 A	0.287 A	0.345 A	0.550 A	0.845 A
Blanco	0.084 B	0.092 BC	0.177 A	0.242 A	0.277 A	0.359 B	0.572 B
Rojo	0.080 BC	0.125 AB	0.193 A	0.289 A	0.360 A	0.417 B	0.496 BC
Trasparente	0.063 C	0.083 C	0.173 A	0.206 A	0.307 A	0.363 B	0.412 C

dds = días después de siembra, <sup>z</sup> = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

### **Biomasa Seca Del Vástago**

Los resultados de los ANVAS muestran que existen diferencias estadísticas significativas en todos los muestreos realizados, con  $P \leq 0.01$  (Cuadro 8). De acuerdo con la prueba de DMS se observó que, en general, el tratamiento 1 con cubierta de color amarillo fue superior a los otros tratamientos en estudio. En la última evaluación el tratamiento de cubierta amarilla y el tratamiento de cubierta color rojo superaron al tratamiento de cubierta transparente con 91.42 y 20 %, respectivamente (Cuadro 9). Esto indica que las cubiertas fotoselectivas tienen efectos benéficos en la acumulación de biomasa seca en el vástago de las plantas de tomate.

Estos resultados indican que el porcentaje de descenso de la radiación que le llega al cultivo con el uso de las cubiertas fotoselectivas, no se refleja por igual sobre la biomasa, lo cual hace suponer que el efecto fotoselectivo de los pigmentos adicionales en las cubiertas de color, cumple su función de aumentar la fotosíntesis.

Los resultados de esta investigación, no coinciden con los ensayos hechos en la Universidad de Almería por Hoyos (1995) ya que ahí el mejor tratamiento fue la cubierta de color rojo y trabajó con el mismo cultivo de tomate. De igual forma no coinciden los resultados con los de Muñiz (1994) por que él obtiene el mejor tratamiento en cubierta de color blanco en plántulas de tomate.

Cuadro 8. Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca del vástago de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS						
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	43 dds	48 dds
Trat	3	0.0000	0.0001**	0.0003**	0.0006**	0.0017**	0.0018**	0.0041**
Error	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
CV, %		12.87**	10.38	14.45	11.41	7.84	5.15	10.23

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, \* = significativo con  $P \leq 0.05$ , \*\* = significativo con  $P \leq 0.01$ .

Cuadro 9. Comparación de medias en la distribución de biomasa seca del vástago de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE CUBIERTA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds						
	18	23	28	33	38	43	48
Amarillo	0.013 AB	0.018 B	0.043 A	0.063 A	0.091 A	0.101 A	0.134 A
Blanco	0.011 BC	0.014 BC	0.030 BC	0.043 BC	0.049 C	0.054 C	0.064 C
Rojo	0.014 A	0.025 A	0.036 AB	0.045 B	0.066 B	0.073 B	0.084 B
Trasparente	0.008 C	0.011 C	0.023 C	0.032 C	0.048 C	0.059 C	0.070 BC

dds = días después de siembra, <sup>z</sup> = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

### **Biomasa Fresca de la Raíz**

Los resultados obtenidos con los ANVAS muestran que en la segunda y cuarta evaluación existen diferencias significativas con  $P \leq 0.05$ ; la tercera, quinta y sexta evaluación son diferentes estadísticamente con  $P \leq 0.01$  (Cuadro 10); en cambio, en la primera y séptima evaluación no existen diferencias significativas. Al realizar la comparación de medias (Cuadro 11) por medio de la prueba DMS para observar la igualdad y diferencias entre tratamientos se observó, en general, como el mejor tratamiento en cinco evaluaciones, el 2 con cubierta fotoselectiva de color blanco y comportándose en términos medios el tratamiento 3 con cubierta color rojo.

Estos resultados, posiblemente se deben a que la cubierta de color blanco refleja algunos rangos de luz como el rojo, amarillo y verde y tal vez deje pasar algunos como las bandas violeta, azul oscuro y azul que ayudan en el enraizamiento (Bidwell, 1990).

Los resultados aquí reportados, coinciden con los de Muñiz (1994) quien citó que en el peso fresco de la raíz en plántulas de tomate, el mejor tratamiento resultó ser la cubierta de color blanco. Sin embargo con Domínguez (2005) no coincide, en el color de la cubierta, porque el obtuvo que la cubierta más sobresaliente es el rojo que indujo altos pesos frescos de raíz en tomate de cáscara.

Cuadro 10. Análisis de varianza en la distribución de biomasa fresca de la raíz de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS						
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	43 dds	48 dds
Trat	3	0.0000ns	0.0001*	0.0002**	0.0006*	0.0026**	0.0047**	0.0003ns
Error	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0004	0.0011
CV, %		14.07	13.28	14.40	19.89	18.47	13.33	14.49

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, \* = significativo con  $P \leq 0.05$ , \*\* = significativo con  $P \leq 0.01$ .

Cuadro 11. Comparación de medias en la distribución de biomasa fresca en la raíz de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE CUBIERTA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds						
	18	23	28	33	38	43	48
Amarillo	0.022 A	0.031 AB	0.039 B	0.059 AB	0.110 A	0.139 B	0.219 A
Blanco	0.024 A	0.033 A	0.052 A	0.072 A	0.120 A	0.156 AB	0.233 A
Rojo	0.021 A	0.028 AB	0.035 B	0.047 B	0.109 A	0.194 A	0.235 A
Trasparente	0.018 A	0.024 B	0.035 B	0.045 B	0.063 B	0.113 B	0.219 A

dds = días después de siembra, <sup>z</sup> = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

### **Biomasa Seca De La Raíz**

Los resultados obtenidos con los ANVAS muestran que existen diferencias estadísticas significativas con  $P \leq 0.01$  en todas las evaluaciones realizadas excepto en la cuarta evaluación (Cuadro 12). Al realizar la prueba de DMS (Cuadro 13), para observar la igualdad y diferencias entre tratamientos, se obtuvo que en la primera parte del período evaluado el tratamiento 3 con cubierta de color rojo fue mejor que los otros tres tratamientos; sin embargo, al final del mismo período el tratamiento 1 con cubierta fotoselectiva de color amarillo fue superior al resto de los tratamientos y es el que acumuló mayor biomasa seca en la raíz con 36.95% más que en el tratamiento 4 de cubierta transparente.

Probablemente la causa de estos resultados es por que la cubierta color amarillo dejó pasar longitudes de onda que favorecen la producción de raíces (Bidwell, 1990).

Los resultados en esta variable, no coinciden en el color de la cubierta con los datos obtenidos por Muñiz (1994) en peso seco radicular ya que, los mejores resultados en su cultivo de tomate fueron con la cubierta plástica de color blanco.

Cuadro 12. Análisis de varianza en la distribución de biomasa seca de la raíz de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS						
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	43 dds	48 dds
Trat	3	0.0000**	0.0000**	0.0000**	0.0001ns	0.0001**	0.0002**	0.0003**
Error	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CV, %		10.03	14.06	14.47	15.63	11.01	7.22	6.91

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, \* = significativo con  $P \leq 0.05$ , \*\* = significativo con  $P \leq 0.01$ .

Cuadro 13. Comparación de medias en la distribución de biomasa seca en la raíz de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE CUBIERTA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds						
	18	23	28	33	38	43	48
Amarillo	0.008 B	0.014 AB	0.024 AB	0.029 A	0.048 A	0.056 A	0.063 A
Blanco	0.008 B	0.011 B	0.020 AB	0.025 A	0.035 B	0.042 B	0.052 B
Rojo	0.011 A	0.016 A	0.027 A	0.034 A	0.037 B	0.041 B	0.046 B
Trasparente	0.007 B	0.011 B	0.019 B	0.031 A	0.036 B	0.040 B	0.046 B

dds = días después de siembra, <sup>z</sup> = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

### **Acumulación de Área Foliar**

Los resultados obtenidos con los ANVAS muestran que existen diferencias estadísticas significativas en todas las fechas de evaluación, con  $P \leq 0.01$  (Cuadro 14). Al aplicar la comparación de medias con la prueba DMS para observar la igualdad y diferencias entre tratamientos, se observó que en las tres primeras evaluaciones los tratamientos 3 y 1 (cubierta color rojo y amarillo, respectivamente) fueron estadísticamente iguales y superiores a los otros dos tratamientos en estudio. En las cuatro últimas evaluaciones, el tratamiento 1 con cubierta color amarillo superó estadísticamente a los otros tres y en la última evaluación el tratamiento 1 acumuló 109.58 % más área foliar en comparación con la cubierta transparente (Cuadro 15).

Quizás esto se debe a que con la cubierta amarilla se suprime la luz amarilla y se permite el paso de otros que son benéficos para la acumulación de área foliar como es el caso de la luz de color violeta, azul-oscuro y azul (Bidwell, 1990; Orzolek, 1995) que es el responsable del crecimiento de las hojas y los tallos.

Este resultado, no coincide con lo obtenido en la investigación hecha por Robledo *et al.* (2002) pues ellos obtuvieron los mejores resultados con la cubierta blanca en plantas de lechuga.

Cuadro 14. Análisis de varianza en el área foliar de plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS						
		18 dds	23 dds	28 dds	33 dds	38 dds	43 dds	48 dds
Trat	3	1.6319**	2.8425**	5.9897**	20.8839**	31.1533**	35.9497**	54.4506**
Error	12	0.0748	0.0942	0.2773	0.1794	0.4098	0.5434	1.1016
CV, %		9.57	8.39	9.33	5.62	7.49	7.88	9.90

FV = fuente de variación, GL = grados de libertad, Trat = tratamiento, dds = días después de siembra, CV = coeficiente de variación, \* = significativo con  $P \leq 0.05$ , \*\* = significativo con  $P \leq 0.01$ .

Cuadro 15. Comparación de medias en la acumulación de área foliar en plántulas de tomate, en siete fechas de evaluación. UAAAN, 2006.

COLOR DE CUBIERTA	FECHA DE EVALUACIÓN, dds						
	18	23	28	33	38	43	48
Amarillo	3.35 A	4.10 AB	6.92 A	10.68 A	12.47 A	13.57 A	15.97 A
Blanco	2.59 B	3.60 B	5.62 B	7.15 B	7.45 B	8.09 BC	8.99 B
Rojo	3.41 A	4.42 A	6.04 AB	7.14 B	8.30 B	9.27 B	9.83 B
Trasparente	2.08 B	2.50 C	4.00 C	5.20 C	5.95 C	6.54 C	7.62 B

dds = días después de siembra, <sup>z</sup> = Valores con la misma letra dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes.

### Altura de Plántula

El análisis de varianza muestra que la cubierta de color influye de manera significativa sobre la altura de la plántula con  $P \leq 0.01$ . Al realizar la comparación de medias con DMS para observar la igualdad y diferencias entre tratamientos se obtuvo que el tratamiento 1 con cubierta fotoselectiva de color amarillo es el que tuvo mayor altura de plántula con el 52.31% más que lo registrado con el plástico transparente y superando a los otros tratamientos (Figura 1).

Posiblemente se debe a la cantidad de luz que deja pasar o absorbe la cubierta amarilla o los demás colores utilizados que inciden en las longitudes de onda y disminución en la proporción R:Fr del espectro de luz, produciendo plantas más altas (Rajapakse, 1999); sin embargo, la magnitud de la respuesta depende de las especies y cultivares.

Estos resultados no coinciden con los obtenidos por Muñiz (1994) quien dice que las cubiertas plásticas tienen influencia en la altura de plantas de tomate y su tratamiento más sobresaliente fue la cubierta plástica de color blanco.

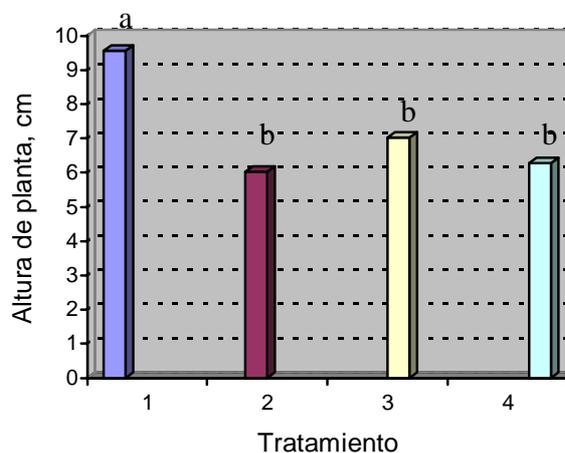


Figura 1. Altura de planta al momento del trasplante, en plántulas de tomate por efecto de la cubierta plástica fotoselectiva. 1 = Amarillo, 2 = blanco, 3 = rojo, 4 = transparente.

## Diámetro De Tallo

De acuerdo con el ANVA existen diferencias estadísticas significativas en esta variable con  $P \leq 0.01$ , al realizar la comparación de medias con la prueba de DMS para observar la igualdad y diferencias entre tratamientos se observó que el tratamiento 1 con cubierta foselectiva de color amarillo es el que obtuvo un mayor diámetro de tallo con 10.91% más que el transparente, siendo el tratamiento con menor diámetro, la cubierta de color blanco (Figura 2). Probablemente se debe a las radiaciones azules y rojas que son más favorables para el desarrollo horizontal de las plantas es decir, tallos más gruesos (Serrano, 1990). En cuanto a los resultados con la cubierta de color blanco, se debe a que refleja la luz y hay menor intensidad por lo cual los tallos se hacen mas delgados.

Los resultados obtenidos no coinciden con lo reportado por Muñiz (1994) ya que el diámetro de tallo en plántulas de tomate fue mayor en el tratamiento con cubierta plástica de color blanco seguido del color lila. Igual ocurre con Hoyos (1995) ya que para él la mejor cubierta fue el color rojo. Esta falta de coincidencia puede deberse a que Muñiz no evaluó la cubierta amarilla y Hoyos realizo su trabajo en Almería, España con ubicación geográfica, factores climáticos y época diferente a la de esta investigación (Hernández, 1993).

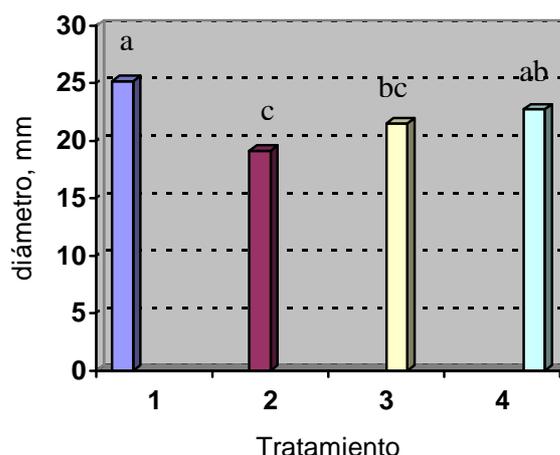


Figura 2. Diámetro de tallo de plántulas de tomate por efecto de cubiertas plásticas foselectivas. 1 = amarillo, 2 = blanco, 3 = rojo, 4 = transparente.

## **CONCLUSIONES**

Utilizando cubiertas fotoselectivas, la producción total de biomasa fresca y seca es superior a la producción de biomasa fresca y seca en la cubierta transparente y en general la producción de biomasa total con la cubierta plástica amarilla supera a los demás colores de cubierta.

La producción de biomasa fresca radicular, con la acción de las cubiertas fotoselectivas, es superior a la cubierta transparente y en general la cubierta color blanco es superior a los demás colores.

La acumulación del área foliar en plántulas de tomate con la acción de las cubiertas fotoselectivas es superior a la cubierta transparente y en general la cubierta color amarillo es superior a las otras cubiertas.

Se recomienda continuar con este tipo de trabajos y mejorar las condiciones donde se desarrollan los mismos.

## LITERATURA CITADA

- Benavides M., A.; Ramírez R.H.; Robledo T., V.; Hernández D. J. 2002. Punto de compensación fotosintético y su correlación con la biomasa de espinacas bajo películas de polietileno. *Agrofaz*.2 (2): 127- 134.
- Bidwell R., G. S. 1990. *Plant Physiology*. Ed. MacMillan Publishing Co., Inc. New York.643p.
- Careaga A., A. 1977. Estudio comparativo de costos en dos métodos de siembra de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en suelo de Cadereyta Jiménez, N.L. ITESM, Div. Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Tesis de Administración. Monterrey, N.L, México.
- Daza O., C. A. 1994. Respuesta de plántulas de coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) bajo cubiertas plásticas de colores en microtúneles. Tesis de licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Domínguez R., A. 2005. Uso de Cubiertas Foselectivas para la Producción de Plántulas de Hortalizas.Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Folquer, F. 1976. *El Tomate, Estudio de la Planta y su Producción Comercial*. 1ª Edición Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina.
- Hernández D., J.; Robledo T., V.; Benavides M., A; Ramírez R. H., Z. Villa V., Flores V. J. and R. K. Maiti. 2004. Use of photoselective plastic covers for the control of photomorphogenesis in transplanted horticultural crops. *Crop Research*, 28 (1, 2 &3): (50-59).
- Hernández D., J.; Robledo T., V.; Benavides M., A.; Flores V. J. 2002. Producción de trasplantes de brócoli con cubiertas foselectivas. *Agrofaz*, 2 (1): 25 - 29.
- Hernández D., J. 1993. *Curso de fisiología de hortalizas*. UAAAN, Departamento de Horticultura, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Hoyos E., P. 1995. Parámetros de Calidad en Plántulas Hortícolas. II Jornadas Sobre Semillas Hortícolas. Ed. Dirección General de la Producción Agraria 35/96. Congreso y Jornada, Almería, España. 278 p.
- Ibarra J., L. 1991. Semiforzado de Cultivos Mediante el Uso de Plásticos. Ed. Limusa, 1ª. Edición. México.
- Juárez de la C., A. 2000. Influencia de la Solución Nutritiva en la Producción de Plántulas de Melón (*Cucumis melo* L.) Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México pp. 8-27
- Ledesma V., M. A. 1994. Efectos de cubiertas plásticas de colores en la producción de plántulas de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). Tesis de licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 82p.
- Mendoza H., J. M. 1983. Diagnostico Climático para la influencia inmediata a la UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Montbrun, N.; Rastelli, V.; Montbrun D., F.; Bousa A., S. Memorias del IV Congreso Latinoamericano de Energía Solar, Ambiente e Innovación Tecnológica Celebrada en el mes de septiembre de 1999. Univ. Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. Pp 1 - 10.
- Muñiz V., A. 1993. Producción de planta de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Bajo cubiertas plásticas de colores. Tesis de licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Papaseit P., J. Badiola y E. Armaguel. 1998. Los plásticos en la agricultura. Editorial de hortalizas.
- Orzolek M., D. 1995. Is there a difference in red mulch. *Natl. Agr. Plastic. Congr.* 26:120-126.
- Rajapakse N., C.T.; Cerny S., B.; Wilson. 2000. Photosensitive for plant growth regulation. *FlowerTech.* 3 (8):32-35.
- Robledo T., V.; Hernández D., J.; Benavides M., A.; Ramírez M. H.; Ramírez G. F. 2002. Uso de cubiertas plásticas de colores sobre la producción de lechuga. *Agrofaz.* 2 (1): 45 - 50.

- Robledo de P., F. y L. M. Vicente. 1981. Aplicación de los Plásticos en la Agricultura. 2ª edición. Ed. Mundi- Prensa, Madrid, España. 572p.
- Rosa, E. 1996. Evolución de los Sistemas de Producción de Plantines. Horticultura internacional. No. 12pp.24-26. España.
- Sánchez V., F. 2005. Estudio en Plántulas de Lechuga Desarrolladas con Cubiertas Foselectivas. Tesis de Licenciatura. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- SARH. 1994. Prontuario de Agenda Técnica Agrícola. Ciclo primavera- verano 1991,1992 y 1993. Saltillo, Coahuila, México.
- Serrano C., Z. 1990. Técnicas de Invernadero. Ed. P.A.O. Suministros Gráficos, S.A. Sevilla España.
- Siap. 2002. Claridades Agropecuarias. 1998. El jitomate, la hortaliza de excelencia en exportación. 62: 3-17. México, D.F.
- Siap. 2002. Claridades Agropecuarias. 1998. Comportamiento de la oferta y demanda mundiales de tomate. 62: 4-12. México, D. F.
- Siap. 2002. Claridades Agropecuarias. 1995. El jitomate mexicano: - complemento del mercado estadounidense. 25: 4 -13. México, D. F.
- Siap. 2002. Claridades Agropecuarias. 1995. La producción mundial de tomate fresco. 25: 16-40. México, D. F.
- Torres R., E.1984. Agrometereología. Ed. Diana, México, D.F.
- Valadez L., A. 1998. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa S.A. de C.V. México D.F.
- Wageningen, T. 1994. Por aquí empieza una buena semilla. Revista Horticultura No. 99. España.