

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Estudio en plántulas de lechuga desarrolladas en
microtúneles con cubiertas plásticas fotoselectivas

Por:

FRANKLIN SÁNCHEZ VORRALLES

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Estudio en plántulas de lechuga desarrolladas en microtúneles con
cubiertas plásticas fotoselectivas

TESIS

Presentada por:

FRANKLIN SÁNCHEZ VORRALLES

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por:

Dr. Valentín Robledo Torres
Asesor principal

M.C. Francisca Ramírez Godina
Sinodal

Ing. Antero Domínguez Ramírez
Sinodal

Ing. Elyn Bacópulos Téllez
Sinodal

M.C. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2005

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

Sr. Edilberto Sánchez González

Sra. Matilde Borrallés Pérez

Quienes me han instruido por un buen camino y con el ejemplo que me brindaron de que nunca hay que rendirse, si no que esforzarse cada día. Quiero decirles que los amo mucho que son los padres más hermosos que Dios me regalo y soy feliz de ser su hijo. Gracias por todos los sabios consejos, y por todo el apoyo incondicional que me brindaron durante todos mis estudios, gracias a todo eso e logrado alcanzar una de mis metas. Papa y mama realmente no tengo palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mi lo único que puedo decirles es muchas gracias y decirles que siempre, hasta el ultimo suspiro de mi vida los voy amar con todo mi corazón. Con mucho amor les dedico este trabajo.

A MIS HERMANOS

Ricardo

Heriberto

David

Ana Elizabeth

Lo que puedo decirles que son los mejores hermanos que Dios me ha permitido tener, gracias por formar parte de esos momentos tan felices de mi vida, por estar siempre a mi lado y por darme ánimo de seguir adelante, los amo mucho.

A MIS ABUELOS

Nemesio Borrallés Vázquez

Arturo Sánchez Gonzáles

Bonifacia Gonzáles Trigueros

Les doy las gracias por todos sus consejos que me brindaron y por darme animo de seguir adelante, muchas gracias...

A MIS TIOS (AS) Y PRIMOS (AS)

Gracias por todas las palabras de confianza que me brindaron, por la motivación de seguir adelante en mi carrera muchas gracias. Especialmente a mi tío Arturo, gracias por su apoyo incondicional, tío muchas gracias, sabe que lo amo mucho y que es como mi hermano.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por amarme y por aceptarme como su hijo, y porque un día me permitió conocer a su hijo **Jesucristo**, gracias por ser mi mejor amigo. Toda mi vida te daré gracias.

A mis **padres**, muchas gracias por todo lo que han hecho por mi.

A mi **Alma Terra Mater** quien me abrió las puertas para poder terminar mi carrera profesional, estaré eternamente agradecido.

Al **Dr. Valentín Robledo Torres** por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, así como por su apoyo incondicional que me brindo y gracias por su tolerancia para conmigo.

A mis Sinodales, **M.C. Francisca Ramírez Godina** , **Ing. Elyn Bacópulos Téllez**, **Ing. Antero Domínguez Ramírez** por colaborar en la revisión y accesorias en la realizaron de este trabajo, por su ayuda incondicional muchas gracias.

A la **Sra. Leticia Porto Gaona** por su ayuda en la realización de este trabajo gracias.

A todos **mis amigos (as)**, gracias por la bella amistad que me brindaron, gracias por esa palabra de animo, por los consejos, por compartir mis alegrías, muchas gracias por ser mis amigos (as).

A todos mis **compañeros de generación XCVIII**, gracias por esos años que compartimos juntos, recuerden que cuentan con un amigo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	x

RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen e historia	4
2.1.1 Clasificación botánica	5
2.1.2 Descripción botánica.....	6
2.2 Importancia económica	8
2.2.1 Producción mundial	8
2.2.2 Producción nacional	11
2.3 Importancia de las cubiertas plásticas en la agricultura	12
2.3.1 Área de invernaderos.....	13
2.3.2 Características deseables de un material de cubierta.....	14
2.4 Comportamiento de los materiales de cubierta frente a las radiaciones.....	15
2.5 Efecto de las cubiertas plásticas en el suelo	16
2.5.1 Ventajas de la cubierta plástica	18
2.5.2 Microtúnel.....	19
2.6 Tipos y colores de acolchado plástico.....	19
2.6.1 Acolchado transparente.....	19
2.6.2 Acolchado blanco.....	20
2.6.3 Acolchado rojo.....	21
2.6.4 Acolchado azul opaco	21
2.6.5 Acolchado verde	21
2.7 La radiación solar en la agricultura.....	22
2.7.1 Absorción	22
2.7.2 Reflexión	22
2.7.3 Transmisión	23
2.8 Procesos fisiológicos de la planta en microtúnel por la intervención del fenómeno lumínico	23
2.8.1 Fotosíntesis	23
2.8.2 Fotoperiodismo.....	24
2.8.3 Fotomorfogénesis	24
2.9 Procesos fisiológicos de la planta en microtúnel por la intervención de la humedad.....	25
2.9.1 Transpiración	25
2.9.2 Crecimiento	26
2.10 Estomas	26
2.10.1 Células anexas	27
2.10.2 Células oclusivas.....	27
2.10.3 Ostíolo	27
2.10.4 Importancia de los estomas	28
2.10.5 El funcionamiento de los estomas	28

2.10.6 Funcionamiento de los estomas-----	29
2.11 Actividad estomatica -----	29
2.12 Densidad estomatica-----	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS -----	31
3.1 Localización geográfica del sitio experimental -----	31
3.2 Características edafoclimaticas del sitio experimental -----	31
3.2.1 Clima-----	31
3.2.2 Viento-----	31
3.2.3 Suelo-----	32
3.2.4 Agua de riego-----	32
3.3 Materiales-----	32
3.3.1 Material vegetativo -----	32
3.3.2 Materiales utilizados -----	32
3.3.3 Material de laboratorio-----	33
3.4 Métodos-----	34
3.5 Establecimiento del experimento -----	34
3.5.1 Preparación del material para la siembra-----	34
3.5.2 Establecimiento de los microtuneles-----	35
3.5.3 Siembra -----	35
3.6 Manejo-----	35
3.6.1 Riegos -----	35
3.6.2 Nutrición-----	35
3.7 Variables estudiadas-----	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	39
V. CONCLUSIONES-----	64
VI. LITERATURA CITADA-----	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
2.1 Principales países productores de lechuga del 2002-----	9
2.2 Principales países exportadores de lechuga del 2001 -----	10
2.3 Principales países importadores de lechuga del 2001 -----	11
4.1 Comportamiento del peso fresco aéreo en plántulas de lechuga desa- rrolados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila-----	40
4.2 Peso seco aéreo en plántulas de lechuga desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila-----	41
4.3 Peso seco aéreo en plántulas de lechuga de tres genotipos desarro- llados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila-----	42
4.4 Peso fresco de la raíz en plántulas de lechuga desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila-----	43
4.5 Peso fresco de la raíz en plántulas de lechuga de tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica en Saltillo, Coahuila-----	44
4.6 Peso seco de la raíz en plántulas de lechuga desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila-----	44
4.7 Peso seco de la raíz en plántulas de lechuga de tres genotipos desarro- llados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila-----	45
4.8 Número de hojas en plántulas de lechuga desarrolladas en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila-----	47
4.9 Número de hojas en plántulas de lechuga de tres genotipos desarro- llados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila-----	48
4.10 Altura media de plántulas de lechuga desarrolladas en microtúnel con diferentes colores de cubierta plásticas, en Saltillo, Coahuila -----	50
4.11 Altura media de plántulas de lechuga de tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubiertas plásticas, en Saltillo, Coahuila -----	51
4.12 Densidad de estomas/mm ² del haz en plántulas de lechuga desarro- llados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila -----	53
4.13 Densidad de estomas/mm ² del haz en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de	

cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila -----	53
4.14 Densidad de estomas/mm ² del envés en plántulas de lechuga desarrolladas en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila -----	54
4.15 Densidad de estomas/mm ² del envés en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila -----	55
4.16 Número de células tabloides del haz en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila -----	56
4.17 Número de células tabloides del envés en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila -----	57
4.18 Ancho de estoma del haz en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila -----	59
4.19 Ancho de estoma del envés en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila -----	60
4.20 Largo de estoma del haz en plántulas de lechuga desarrolladas en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila -----	61
4.21 Largo de estoma del haz en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila -----	62
4.22 Largo de estoma del envés en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferente colores de cubiertas plásticas, en Saltillo, Coahuila -----	63

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
2.1 Estados con mayor superficie sembrada, cosechada, producción y rendimiento a nivel nacional del cultivo de lechuga -----	12
2.2 Estimación mundial del uso de invernaderos de plástico-----	14
3.1 Descripción de los tratamientos-----	34
4.1 Análisis de varianza realizado en variables de plántulas de lechuga desarrolladas en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica -----	39
4.2 Análisis de varianza realizado en variables de plántulas de lechuga desarrollados en microtúneles con diferentes colores de cubierta plástica ---	46
4.3 Respuesta en número de hojas en plántulas de lechuga de tres genotipos en diferentes colores de cubierta plástica -----	49
4.4 Comparación de medias de interacción AXB en número de hojas en plántulas de lechuga -----	49
4.5 Análisis de varianza realizado en variables de estomas y células tabloides -----	52
4.6 Análisis de varianza realizado en variables de estomas de plántulas de lechuga -----	58

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el ciclo agrícola de primavera – verano en el año 2004, llevándose a cabo en los macrotúneles del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual se encuentra ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

El experimento se realizó con el objetivo de estudiar la anatomía de la plántula de lechuga y si esta, era afectado por la luz transmitida por los colores de cubierta plástica; para lo cual se utilizaron tres variedades las cuales son, Kagraner summer, Salinas y Great lakes, utilizando como ayuda para la investigación ocho colores de cubiertas plásticas (transparente, amarillo, rojo, morado celeste, blanco, azul y verde) en microtúnel, colocándolo de manera aleatoria. Se utilizaron charolas de 200 cavidades separándola en tres partes para sembrar las tres variedades en cada charola teniendo así 4 repeticiones y 8 colores de cubierta plástica.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con parcelas divididas teniendo como factor A, los colores de cubiertas y al factor B las variedades, donde se evaluaron diferentes variables como por ejemplo; número de hojas, altura de planta, peso fresco aéreo, peso seco aéreo, peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz, número de estomas de haz y envés, ancho y largo de estoma de haz y envés y número de células tabloides. Obteniendo como resultado según el

análisis de varianza que el color amarillo y blanco fueron los que presentaron mejores plántulas y como la mejor variedad la Kagraner summer que respondió mejor a las variables estimadas de biomasa; también fue la que presentó mayor número y ancho de estomas y mayor número de células tabloides, mientras que la variedad Salinas, resultó con estomas más largos. Las variedades Kagraner summer y Great lakes presentaron mayor estomas/mm², presentando densidades parecidas en el haz y envés, tal como se expresa en el presente trabajo.

I. INTRODUCCIÓN

Las hortalizas son básicas en la gastronomía de cualquier país o cultura. Dentro de éstas la lechuga es pieza fundamental del arte culinario, por su utilización en todo tipo de comida, aunado a la gran demanda que tiene en la actualidad por sus características de alto valor nutritivo y equilibrio orgánico. La lechuga se encuentra en cualquier época del año y como el resto de las hortalizas, es un buen abastecedor de vitaminas, minerales y sales, indispensables para el organismo. La conciencia que existe por mantener la salud a través del mayor consumo de vegetales y frutas, ha provocado un mayor consumo de éstas, como es el caso de la lechuga.

Tan amplia como es la historia de la lechuga en América, es la de nuestros productores, quienes han mantenido sus tradiciones en el manejo y la comercialización, con diferencias abismales en los sistemas de producción de las diferentes regiones del país. A nivel nacional la incorporación de nuevas tecnologías de cultivo y manejo de postcosecha, permitirá competir en mejores condiciones y en consecuencia, elevar su nivel de vida.

Parece que existe un tipo de manejo imperativo en el desarrollo tecnológico de la agricultura en invernaderos. El crecimiento futuro de la agricultura en ambiente controlado depende grandemente del desarrollo de sistemas de producción que sean competitivos en costos con aquellos de agricultura a campo abierto.

En la actualidad, la modificación en la rapidez del desarrollo de los cultivos puede resultar fundamental para el éxito del negocio productivo, en

especial cuando se basa en diferenciar la oferta estacional de un producto.

Dado que el crecimiento y desarrollo de los cultivos es afectado fuertemente por la temperatura, su magnitud determinará la rapidez con que se logre establecer un volumen de follaje fotosintético, afectando por lo tanto el rendimiento, al modificar el período durante el cual un cultivo podrá captar la energía solar. Por lo general, interesa anticipar la fecha típica de inicio de cosechas, lo cual se consigue proporcionando condiciones térmicas más favorables. Es el caso conocido de los cultivos protegidos, donde los invernaderos representan la mayor expresión de esta condición. Tanto éstos, como los túneles bajos son medios efectivos para incrementar la temperatura, para el desarrollo de las plantas.

No obstante, se sabe que en la producción de cultivos bajo cubierta también se modifica la temperatura del suelo, observándose efectos aún más drásticos al aplicar medidas que incrementen la producción anticipada. Entre los medios más utilizados se encuentran las cubiertas plásticas de diverso tipo (mulch), principalmente a base de polietileno (PE), (FAO, 1990). Hoy, el PE es la opción más frecuentemente utilizada por su bajo costo, fácil aplicación y remoción, aunque se discute su impacto ambiental, debido a su lenta degradación. Actualmente, se investiga en alternativas de cubiertas plásticas estructuralmente más complejas que las hacen bio y fotodegradables, incluso que cambian de color en el campo (Hatt-Graham *et al.*, 1995).

Pero también debemos de saber la fisiología de la planta por lo que, la superficie epidérmica de las hojas presenta un gran número de poros microscópicos llamados estomas. Los estomas están presentes en las hojas de todas las plantas superiores y en órganos de plantas primitivas tales como musgos y hepáticas. La apertura de dichos poros se controla a través de los cambios en el tamaño y forma de dos células especializadas, llamadas células guarda, que flanquean la apertura estomática. Los estomas se encuentran en todas las partes aéreas de la planta, pero son más abundantes en las hojas.

Los estomas son rodeados por células subsidiarias, que no difieren en forma del resto de las células epidérmicas tabloides, siendo importantes en la regulación de la apertura del poro estomático (Esau, 1977). Dado que la epidermis y la cutícula de los órganos aéreos forman una capa continúa, los estomas son las discontinuidades por donde la planta realiza la mayor parte del intercambio de O₂, CO₂, vapor de agua y otros gases (Gates, 1980).

En relación con lo antes mencionado, los objetivos del presente trabajo son:

1.1. Objetivos:

- a) Estudiar la respuesta anatómica de plántulas de lechuga a diferentes colores de cubierta plástica en microtúnel.
- b) Estudiar el efecto de la luz transmitida por diferentes colores de cubierta plástica sobre la anatomía estomática.

1.2. Hipótesis:

- a) El número de estomas en el haz o envés no es modificado por los colores de cubierta.
- b) La luz transmitida a través de diferentes colores de cubierta no influye en el ancho o largo de los estomas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen e Historia

El origen de la lechuga no parece estar muy claro, aunque algunos autores afirman que procede de la India, aunque hoy día los botánicos no se ponen de acuerdo, por existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca scariola* L., que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas.

Se ha propuesto diferentes hipótesis sobre el origen de la lechuga (Lindquist, 1960).

1.- La lechuga cultivada podría provenir de una forma silvestre de *L. sativa*. Esta hipótesis no se puede mantener, ya que no se conoce ninguna forma silvestre.

2.- Podría pensarse que la lechuga cultivada se originó directamente de *L. serriola* (Ryder y Whitaker, 1976), con la introgresión simultánea de otras especies o de un pool genético más grande (De Vries y Van Raamsdonk, 1994).

Lugar de la Domesticación

Hay diferentes opiniones acerca de donde se produjo la domesticación de la lechuga cultivada. Lindquist (1960) sugiere que probablemente se originó en Egipto. Así, se observa la presentación de una lechuga tipo romana en las paredes de una tumba egipcia. Vavilov cita la cuenca mediterránea como lugar de origen (Ryder, 1986). También Harlan (1992) sugiere este sitio como centro de origen, indicando el área comprendida entre el mediterráneo y el Oriente

Medio como la zona más probable. Boukema *et al.* (1990) mantiene que la domesticación de la lechuga se produjo en el suroeste de Asia, en la región entre Egipto e Irán.

Sin embargo, Rulkens (1987) citado por Nuez F *et al* (2000) precisa que este proceso debió desarrollarse en Mesopotamia y no en Egipto. De Vries (1997) se inclina también por esta hipótesis, argumentando que el mayor número de especies silvestres relacionadas se encuentran entre las riberas del Tigris y del Éufrates, mientras que en el valle del Nilo solamente se encuentra la especie relacionada *L. serriola*. Por otra parte, en Mesopotamia se conoce la existencia de culturas cerealistas con anterioridad a las correspondientes de Egipto (Rulkens 1987, citado por Nuez F *et al* 2000), lo cual hace más probable que esta zona sea el centro de origen.

2.1.1. Clasificación Botánica

La lechuga es una angiosperma que, siguiendo la clasificación de Shih (1988), se encuadra en los siguientes taxones:

Clase-----Dycotyledoneae
Familia-----Asteraceae
Subfamilia-----Cichorioideae
Tribu-----Lactuceae
Subtribu-----Lactucinae
Género-----Lactuca
Sección-----Lactuca
Subsección-----Lactuca
Especie-----Lactuca sativa

2.1.2. Descripción Botánica

La lechuga es una planta anual que pertenece a la familia Asteraceae y corresponde a la especie *Lactuca sativa*, presenta una gran diversidad genética ya que existen diferentes tipos de especies caracterizados por sus diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento de la planta. Por lo anterior las lechugas se clasifican en diferentes especies dentro de las cuales se encuentran la de hoja suelta *Lactuca sativa* L. var. *crispa* L., conocidas como escarolas ya que sus hojas son numerosas y de borde irregularmente recortado (crespo), se cultiva para consumo en ensalada y también para forraje. Dentro de esta variedad se engloban el tipo iceberg y el tipo batavia. Y las lechugas de cabeza *Lactuca sativa* L. var. *capitata* (L.) Janchen que presentan hojas lisas, orbiculares y de textura suave o mantecosa con hojas internas que forman un cogollo amarillento al envolver a las más nuevas formando una cabeza; se caracteriza por presentar hojas suaves y muy tiernas. Durante su etapa fenológica presenta dos periodos, en la primera el crecimiento es vegetativo y en la segunda se da la fase reproductiva. Y la *Lactuca sativa* L. var. *longifolia* Lam., estas plantas forman un cogollo erecto, apretado, columnar, de hojas largas, oblongas u obovadas, de unos 30 cm de longitud, enteras o lobuladas, obtusas y con la nervadura central muy ancha. Se cultiva por las hojas que se consumen como verdura. Pertenecen a esta variedad el tipo romana o “latin group” y el tipo cos, de cogollos más grandes y compactos. Ambos tipos de plantas tienen hojas oblongas rígidas con un nervio principal muy marcado. Las hojas tienen una textura crujiente.

La Raíz

Nunca llega a sobrepasar los 25 centímetros de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.

El Tallo

El tallo es comprimido y en éste se ubican las hojas muy próximas entre sí, generando el hábito de roseta típico de la familia. Es cilíndrico y ramificado.

Las Hojas

Las hojas son grandes, simples, sésiles, brillantes, de forma redondeada, oblonga, de superficie glabra, lisa a ondulada, de color verde, pasando por amarillo hasta rojo y con margen irregularmente sinuoso, recortado, crespo o denticulado. La disposición de las hojas en el tallo es variable, como se mencionó anteriormente, en algunas especies las hojas se mantienen desplegadas y abiertas y en otras, en cierto momento del desarrollo, las hojas se expresan de tal manera que forman una cabeza o cogollo más o menos consistente y apretada.

La Flor

Cuando la lechuga está madura emite el tallo floral, que se ramifica, éste alcanza una altura de hasta 1.20 metros, se observa una diferencia de hojas abrasadoras, sagitadas, auriculadas y progresivamente más pequeñas hacia su extremo distal, en que se produce un capítulo terminal y una serie de ramas con muchos capítulos pequeños agrupados en panículas o corimbos. Cada capítulo se compone de un involucre de brácteas herbáceas, erectas y sobrelapadas, rodeando a entre 10 y 20 flores perfectas, liguladas, de corola color amarillo o blanco amarillento.

El Fruto

Después de la autofecundación se producen frutos secos, indehiscentes y uniseminados llamados aquenios, generalmente con pelos apicales formando el vilano; los que son comprimidos, agudos de 2 a 3 mm de largo, blancos o negros, y son conocidos en términos prácticos como la “semilla” de la especie.

La Semilla

En algunas variedades de lechuga las semillas tienen un periodo de latencia después de su recolección, que es inducido por altas temperaturas. Muchas variedades germinan mal en los primeros dos meses después de su recolección.

2.2. Importancia Económica

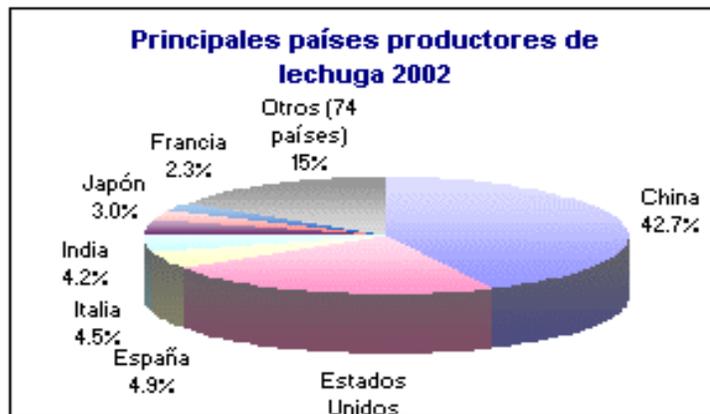
La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es uno de los cultivos hortícolas más importantes a nivel mundial. Se utilizan fundamentalmente sus hojas tiernas, que frecuentemente tienden a formar cogollo. En algunas variedades se utiliza el tallo engrosado. También existen variedades oleíferas, cuyas semillas pueden contener hasta un 35% de aceite.

La importancia del cultivo de la lechuga ha ido incrementándose en los últimos años, debido tanto a la diversificación de tipos varietales.

2.2.1. Producción Mundial

La Producción mundial de lechuga en el 2002 fue de 18,75 millones de toneladas dentro de los cuales como principal productor del mundo encontramos a China con 8 millones de toneladas y como Segundo productor del mundo está Estados Unidos con 4,35 millones de toneladas.

Asia abarca más de la mitad de la producción mundial de lechuga fresca, con un 54%, en gran parte por la producción procedente de China que se especializa en lechugas tipo espárrago o de tallo. América y Europa le siguen en importancia, con participaciones de 26% y 17% respectivamente; ver figura 2.1. Cabe mencionar además, que China posee la dinámica más alta para los últimos cinco años, es decir, su producción ha aumentado a una tasa del 9% anual promedio. El resto de países registran dinámicas muy bajas y en el caso de España, Italia y Francia, incluso negativas.



Fuente: FAO

Cálculos: Observatorio Agrocadenas Colombia

Figura 2.1.- Principales países productores de lechuga del 2002.

Dentro del Comercio internacional el volumen de exportaciones del 2001, alcanzó 1,39 millones de toneladas, teniendo como el mayor exportador del mundo a España con 483 mil toneladas, el segundo exportador del mundo, Estados Unidos con 357 mil toneladas.

Europa y América concentran las exportaciones mundiales, con porcentajes de 62% y 33% respectivamente; ver figura 2.2. Asia, en este sentido, cubre solamente el 5%. En los últimos cinco años, este último continente registra el mayor crecimiento, esto es, 9%. Junto con América (6%), representan los crecimientos del período que resultan mayores al mundial (4,4%).



Fuente: FAO

Cálculos: Observatorio Agrocadenas Colombia

Figura 2.2.- Principales Países Exportadores de Lechuga del 2001.

El volumen de importaciones durante el 2001 fue de 1,4 millones de toneladas, en los que el país con mayor importación en el mundo durante el año 2001 fue Canadá con 823 mil toneladas, y como segundo importador del mundo, Alemania con 635 mil toneladas.

La distribución porcentual de las importaciones mundiales sigue cifras muy similares a las de exportación: Europa representa el 63% del total, América el 30% y Asia el 6%. Siendo Canadá uno de los mayores consumidores de lechuga; ver figura 2.3, registra las mayores cantidades importadas mundialmente, valor que ha crecido a una tasa anual promedio de 4% para los últimos cinco años.



Fuente: FAO

Cálculos: Observatorio Agrocadenas Colombia

Figura 2.3.- Principales Países Importadores de Lechuga del 2001.

2.2.2. Producción Nacional

De acuerdo a los datos de Sagarpa en el resumen nacional por delegación del año 2003 en el cultivo de lechuga incluyendo los de riego y temporal, los estados con mayor superficie sembrada y superficie cosechada son: Guanajuato, Puebla, Zacatecas, Sonora, etc. Como se observa en cuadro 2.1. Con mayor producción el estado de Puebla con 55,106.00 ton, seguido por Guanajuato con 50,863.50 ton y Zacatecas con 35,487.00 ton. El que obtuvo mayor rendimiento fue Aguascalientes con 36,284 ton/ha, seguido por San Luis Potosí con 29,595 ton /ha y en tercer lugar Tlaxcala con 28,950 ton /ha.

Cuadro 2.1.- Estados con mayor superficie sembrada, cosechada, producción y rendimiento a nivel nacional del cultivo de lechuga.

Estados	Superficie Sembrada (HA)	Superficie Cosechada (HA)	Producción (TON)	Rendimiento (TON/HA)
Guanajuato	2.992,50	2.943,00	50.863,50	17,283
Puebla	2.766,00	2.659,00	55.106,00	20,724
Zacatecas	1.410,00	1.410,00	35.487,00	25,168
Sonora	698,00	687,00	13.349,90	19,432
San Luis Potosí	623,00	615,00	18.201,00	29,595
Michoacán	527,67	527,67	13.886,63	26,317
Aguascalientes	530,00	518,00	18.795,00	36,284
Baja California	474,00	474,00	11.834,72	24,968
México	392,35	353,80	5.930,60	16,763
Jalisco	349,00	349,00	5.630,62	16,134
Tlaxcala	291,00	278,00	8.048,00	28,950
Querétaro	192,00	176,00	4.024,00	22,480
Durango	65,00	65,00	1.420,00	21,846
Chihuahua	39,00	35,00	935,50	26,729
Otros	175,75	167,75	1922.4	82,221
Total	11.525,27	11.261,22	245.434,87	21,795

FUENTE: Servicio de información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA, año 2003.

2.3. Importancia de las Cubiertas Plásticas en la Agricultura

En algunas zonas de México como en otros países, el uso de los plásticos en la agricultura aplicados en diversas formas (invernaderos, macro y microtuneles, etc.) proporcionan condiciones más adecuadas para el desarrollo de los cultivos obteniéndose mayor cantidad y calidad de productos (Ibarra, 1997).

Los invernaderos de hoy en día pueden ser mejor vistos como fábricas de plantas o de hortalizas. Casi todo el aspecto del sistema de producción está automatizado, con el ambiente artificial y el sistema de crecimiento bajo el control casi total de la computadora.

La agricultura en ambiente controlado ha ganado importancia en la horticultura no solamente en la producción de cultivos de hortalizas y ornamentales sino también en la producción de plántulas, por cualquiera de los procedimientos, desde semilla o a través del cultivo de tejido.

Parece que existe un tipo de manejo imperativo en el desarrollo tecnológico de la agricultura en invernaderos. Al igual que a nivel industrial, generalmente se mueve hacia tecnologías de punta, a más capital mayores soluciones a los problemas. Esto es altamente productivo y apropiado para la automatización.

Sin embargo, dadas las presentes circunstancias, parece no existir las bases racionales para anticipar una difusión más amplia y más rápida de la tecnología, que es lo que está ocurriendo en la actualidad. El crecimiento futuro de la agricultura en ambiente controlado depende grandemente del desarrollo de sistemas de producción que sean competitivos en costos con aquellos de agricultura a campo abierto.

2.3.1. Área de Invernaderos

El área total mundial de invernaderos de vidrio está estimada en 40,700Ha (Wittwer & Castilla, 1995), con el mayor número de estos encontrados en el noroeste de Europa.

En contraste con los invernaderos de vidrio, los invernaderos de plástico han sido fácilmente adaptados en los 5 continentes, especialmente en la región Mediterránea, China y Japón. El mayor número de invernaderos de plástico opera en base a una estación más que todo el año, como es el caso con la mayoría de los invernaderos de vidrio. El área estimada de invernaderos de plástico se muestra en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Estimado mundial del uso de invernaderos de plástico

Región	Área (Ha)
Europa Norte	16,700
Mediterráneo	95,300
América	15,600
Asia	138,200
Total Mundial	265,800

Fuente: Wittwer y Castilla, 1995

Láminas de PVC para invernaderos aún es dominante en Asia, especialmente en Japón (35,200 Ha), y el polietileno de baja densidad también es usado en Italia (500 Ha) y Grecia. Las láminas de polietileno de baja densidad cubren un total de 149,000 a 162,000 Ha; el consumo promedio es de 1.5 TM/Ha/año, con un tonelaje total mundial de alrededor de 250,000 TM/año.

China es el mayor usuario de plásticos agrícolas en el mundo, donde alrededor de mil millones de personas (29% de la población mundial) están siendo alimentadas de sólo 5% de la tierra cultivada.

2.3.2. Características Deseables en un Material de Cubierta

Los aspectos a considerar al elegir un material de invernadero, son sus propiedades fotométricas, es decir, el modo en que se comportan con las radiaciones, y sus propiedades térmicas, o sea su capacidad de aislamiento. En relación con las radiaciones hay tres factores de importancia, la transmisión, la reflexión y la absorción que definen cómo responde cada material a las radiaciones que recibe.

Las radiaciones que inciden sobre una cubierta de un invernadero son de varios tipos: ultravioletas, visible, fotosintética, infrarroja corta, infrarroja larga o

calorífica. Los cuatro primeros tipos forman parte de la radiación solar, y el último es la radiación térmica que emite un cuerpo caliente, como por ejemplo el suelo del invernadero después de absorber calor durante el día, la propia estructura metálica y las plantas (Florián, 2002).

Respecto a las propiedades térmicas hay dos factores interesantes que suelen asociarse a los materiales, por un lado el coeficiente global de pérdidas de calor, representado por K, y que expresa las pérdidas debidas a radiación IR larga y también las de conducción y convección. Cuanto menor sea este coeficiente, mayor será el poder de acumulación de calor del material. Según sean estas propiedades los materiales se acercarán más o menos a las características óptimas para su empleo en horticultura.

Materiales de Sombreo

El objetivo normal del uso de un material de sombreado no es reducir la luz, sino el exceso de temperatura. Si tenemos en cuenta que éste viene producido por la radiación IR corta del sol, un material de sombreado debería ser un filtro selectivo, que detuviera gradualmente dicha radiación, sin afectar a la parte visible o útil para la fotosíntesis. Además, la radiación IR detenida debería ser reflejada en su mayor parte, ya que la fracción que se absorbe, será emitida parcialmente hacia el interior del invernadero en forma de calor (Florián, 2002).

2.4. Comportamiento de los materiales de Cubierta Frente a las Radiaciones

Los materiales empleados en la cobertura de invernaderos tienen todas altas transmitancias a la radiación solar; del orden de 85 al 90 % de la radiación incidente es transmitida al interior.

Hay factores que modifican la radiación solar transmitida. El estado del cielo es uno de ellos. En días despejados hay luz directa del sol y luz difusa del cielo, y en los días nublados hay únicamente radiación difusa del cielo.

Las hojas de las plantas absorben más luz en las bandas del espectro de color azul (400 a 500 nm) y rojo (600 a 700 nm). Se deduce de ello que se debería seleccionar materiales de cubierta que mejoraran la transmisión de estos dos tipos de luz, pero sin perjudicar a la fotosíntesis.

En Israel se realizan trabajos con el fin de fabricar láminas de PVC que actúen como filtros selectivos, que modifican el espectro solar reduciendo la entrada de radiaciones poco útiles, tales como la UV (250 a 400 nm) y la verde (500 a 600 nm) y que sean desplazadas por el material de cubierta filtrante hacia el azul y el rojo respectivamente.

El polietileno no parece por el momento apto para estas mejoras, por no mantener estables las cualidades de filtro selectivo.

Con este tipo de láminas selectivas se han conseguido mejoras de rendimiento y de precocidad en tomate, melón y rosa (Florián, 2002).

2.5. Efecto de Cubiertas Plásticas en el Suelo

Las cubiertas plásticas producen un efecto térmico en el suelo muy diferente a la práctica del acolchado (mulch) orgánico que le dio origen. Debido a que las cubiertas no porosas anulan el componente de evaporación, transmiten una parte importante de la radiación solar al interior del suelo suelen elevar así la temperatura, permitiendo aplicaciones como acolchado para anticipar cosechas y otras como la solarización, donde se extrema la posibilidad de incrementar la temperatura hasta niveles letales para muchos de los organismos vivos del suelo (Pullman *et al.*, 1981). En franjas angostas se debe considerar la disminución de temperatura hacia los extremos, llamada efecto borde (Grinstein *et al.*, 1995).

La utilización de cubiertas plásticas supone alterar el balance de radiación, definiendo según el objetivo, un resultado más positivo o más negativo, el cual puede expresarse en mayor o menor temperatura en el suelo (Contreras *et al.*, 1992).

De Santiago (1997), menciona que para medir el efecto de los acolchados, es necesario registrar las radiaciones que se presentan en los diferentes colores, de acuerdo con la temperatura y el clima de la región.

Aylsworth (1997), menciona que en investigaciones realizadas se ha demostrado que el color de plástico determina sus características de radiación de la energía y su efecto sobre el microclima cercano a la planta. El color también determina la temperatura de la superficie del acolchado y la temperatura debajo del mismo.

Daza, C. A. (1994) encontró en plántulas de coliflor (*Brassica oleracea*) *var. Brotrytis*, que los mejores resultados al producir plántulas bajo cubiertas plásticas de colores en microtúneles, se obtuvieron al utilizar cubiertas de PVC blanco y PVC violeta.

Muñiz, V. A. (1994) concluyó en producción de planta de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), bajo cubiertas plásticas de colores, que las cubiertas plásticas acortan los días para el transplante en plántulas de tomate. El mejor tratamiento para las variables evaluadas fue el PVC blanco seguido por el P.E. lila y el P.E. violeta. Encontró que el PVC blanco es mejor para la producción de plántula de tomate.

Torres (1983) al trabajar con tomate establecido bajo cubiertas plásticas de color anaranjado, amarillo, verde, azul o transparente, determinó que con los filtros de colores la emergencia del tomate mostró siete días de precocidad con respecto a la cubierta transparente. La cubierta amarilla permitió a las plantas de tomate asimilación mayor de CO₂ 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 influidos positivamente.

2.5.1. Ventajas de la Cubierta Plástica

Precocidad: Las mayores sumas térmicas debajo del invernáculo, permiten reducir los ciclos de cultivos en forma importante.

Mayor cantidad de cosechas por año: La "Precocidad", permite obtener 2 o 3 cosechas por año, según los cultivos.

Calidad: Los productos obtenidos debajo de cubierta plástica, son más limpios y uniformes.

Control sobre el cultivo: La menor incidencia de factores externos (viento, lluvia, etc.) permiten un mejor manejo del cultivo, mejorando el control sobre: riego, fertilización, control de plagas, enfermedades, etc. y contribuyendo a la calidad mencionada.

Menor consumo de agua: La menor incidencia del viento y la modificación de la humedad relativa bajo la cobertura, disminuyen la ETP y la ETR de los cultivos.

Mayores rendimientos: El uso intensivo de los factores de producción y la regulación del ambiente, permiten aumentar considerablemente los rendimientos, disminuyendo los costos unitarios.

Producción en zonas marginales: La regulación del ambiente, permite producir en lugares donde antes no era posible, ya sea por bajas o altas temperaturas, viento, granizo, etc.

2.5.2. Microtúnel

Los microtúneles, junto con el acolchado son las dos técnicas más tradicionales de forzado de cultivos. Las láminas de plástico flexible de polietileno o copolímero EVA principalmente, por su ligereza y flexibilidad se adaptan perfectamente a estructuras semicirculares y sencillas que producen el efecto invernadero deseado en los cultivos de bajo porte. La insolación incrementa la temperatura y la humedad bajo estas pequeñas estructuras mejorando el microclima (Papaseit, *et al.* 1997).

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 lamina de plástico (Roblero y Martín, 1981).

La protección de cultivos con microtúneles de plásticos produce efectos ventajosos para los cultivos por la protección que les da durante las horas más frías del día. La eficiencia de esta aplicación radica en el pequeño efecto invernadero que produce el microtúnel.

Ibarra (1997), menciona que los invernaderos y túneles cubiertos con plásticos se utilizan principalmente como semilleros en la producción de hortalizas y para la producción semiforzada y forzada de la misma, proporcionando beneficios tales como incrementar la producción, ahorrar agua etc.

2.6. Tipos y Colores de Acolchados Plásticos

2.6.1. Acolchado Transparente

Es el que proporciona mayor precocidad en los cultivos y también el que puede evitar daños de helada producidos por baja temperaturas, alrededor de 0

°C. Se debe a que el plástico transparente permite el paso de la radiación (más del 80 %), por lo que durante el día, el suelo y la parte radicular de las plantas se calienta mucho, y al calentarse, hay una evaporación constante, y en la parte interna del plástico se produce un fenómeno llamado condensación, con esto se logra tener una pantalla y el suelo no se enfría rápidamente logrando así que durante la noche se evite la pérdida rápida del calor del suelo y se libere lentamente en la parte foliar de la planta. Al haber más evaporación provoca mayor acumulación de sales en la superficie del suelo (Ítems, 2002).

El plástico transparente es efectivo en solarización, en una altitud de 35 grados (latitud sur), se determinó que la temperatura media asciende a 36 °C hasta 7 cm, del suelo, con temperaturas máximas superiores hasta de 40 °C en profundidades intermedias entre 7 y 15 cm de profundidad. (Toshio, 1991). El uso del plástico transparente modifica la penetración de la luz solar y aumenta la temperatura del suelo, en gran intensidad, la diferencia de temperatura del suelo bajo el acolchado transparente a un suelo desnudo, alcanza hasta 7 °C y en plástico negro hasta 5 °C (Misle y Norero, 2000).

El plástico transparente tiene la propiedad de transmitir más del 80% de los rayos solares recibidos, lo cual provoca un notable calentamiento del suelo que cubre durante el día, permitiendo el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia el follaje del cultivo por las noches, protegiendo a las plantas de las bajas temperaturas. Estos plásticos son recomendados para su uso en cultivos de zonas frías y para desinfección de suelos durante los meses más calurosos (solarización). (Ibarra y Rodríguez, 1991; Levecchia, 1994).

2.6.2. Acolchado Blanco

Impide el crecimiento de malas hierbas, porque no permite el paso de luz; debido a la reflexión de capa blanca, produce altos rendimientos y precocidad, ya que aporta luz extra a la planta; evita el riesgo de quemaduras de la planta y frutos y repele algunos insectos (Solplas, 2002).

El color blanco, refleja el mayor porcentaje de la radiación incidente, lo cual permite que la temperatura del suelo por lo general sea más fresco. El uso que se le da es para lugares infestados con mala hierba, zonas sin riesgo de helada, o muy caliente, aumento de rendimiento y calidad, así como mejorar la luminosidad (Solplas, 2002).

Estas películas transmiten al suelo del 40% al 70% de la luz recibida, por lo tanto, tienen la propiedad de calentar el suelo más que el negro y menos que el transparente y se recomienda su uso para meses templados.

2.6.3. Acolchado Rojo

Se ha visto que mejora y acelera la madurez del fruto en tomate, además reduce la incidencia por ataque temprano de plagas y disminuye los riesgos por enfermedad transmitidas por algunos insectos (Hort.uconn, 2002).

2.6.4. Acolchado Azul Opaco

Desarrollados especialmente para cultivos de fresa y melón que disminuyen el crecimiento de malas hierbas y reducen considerablemente el porcentaje de frutos quemados, en contrapartida no aumentan tanto la temperatura del suelo. Este acolchado se encuentra en un punto medio entre el porcentaje de reflexión de radiación con el blanco y el transparente, por lo que la temperatura se comporta de la misma forma. Se usa en zonas con poco riesgo de heladas o heladas no muy intenso (Ediho, 1999).

2.6.5. Acolchado Verde

Permite el paso de la luz verde y la radiación térmica, de esta forma se impide el crecimiento de las malas hierbas y el suelo alcanza temperaturas similares a las que alcanza con un films transparente (Ediho, 1999).

2.7. La radiación Solar en la Agricultura

La radiación solar es el factor climático más importante para los cultivos y plantas en general por que suministra la energía necesaria para el desarrollo de sus actividades fisiológicas. De la radiación que incide las cubiertas plásticas, una parte es absorbida, otra es reflejada y otra se difunde o transmite.

2.7.1 Absorción

Una de las principales funciones de las hojas de las plantas es interceptar la radiación solar necesaria para poder llevar a cabo la fotosíntesis. Por tanto, los cultivos deben desarrollarse de tal forma que su área foliar les permita una máxima absorción de la radiación solar para así lograr el máximo desarrollo fisiológico (Monteith y Unsworth, 1990; Jones, 1992). En contraste el primer efecto de una baja disponibilidad de radiación visible es una reducción de la fotosíntesis y por tanto menor aporte de fotosintatos para la producción de biomasa (Monteith, 1977; Kiniry y Ritchi, 1985; Hashemi-Dezfouli y Herbet, 1992; Westgate *et al.*, 1997)

De la radiación solar total incidente sobre el dosel de los cultivos que está en el rango de longitud de onda de entre 0.380 a 4.00 μm , el espectro que la plantas utilizan para el proceso de fotosíntesis está entre 0.400 a 0.700 μm y corresponde a aproximadamente 48% de la radiación solar total incidente (Nobel, 1991; Jones, 1992). El resto de la radiación solar absorbida por el dosel induce efectos térmicos, al afectar la temperatura de la hoja y la tasa de transpiración (Gallo y Daughtry, 1986).

2.7.2. Reflexión

La radiación reflejada por el follaje o por el plástico depende de las características físicas-químicas del follaje, además de sus condiciones de humedad, de la disposición de las hojas y del ángulo de inclinación de los rayos solares. Tanto la radiación absorbida como la reflejada se pueden interpretar

por el color de los cuerpos, si observamos un cuerpo de color negro, hay mayor absorción que reflexión, en cambio el color blanco, indica una máxima reflectividad y una mínima absorción.

2.7.3. Transmisión

La transmisión de la radiación solar es el paso de las ondas electromagnéticas a través de la hoja y ocurre en menor grado que la absorción y la reflexión.

Los investigadores han determinado que el color del acolchado determina sus características de radiación de la energía y su efecto sobre el microclima cercano a la planta. El color también determina la temperatura de la superficie del acolchado y la correspondiente temperatura del suelo bajo él. Las propiedades específicas definen no solo por el color, si no el matiz del mismo (Aylsworth, 1997 citado por Castañeda, 2002). La regulación de la radiación solar recibida por los cultivos puede realizarse mediante el uso de cubiertas plásticas.

2.8. Procesos Fisiológicos de la Planta en Microtúnel por la Intervención del Fenómeno Lumínico

Serrano (1990), comenta que las plantas que se desarrollan dentro del microtúnel, llevan a cabo una serie de procesos fisiológicos debido a la intervención del fenómeno lumínico, los cuales son mencionados a continuación.

2.8.1. Fotosíntesis

La influencia de la luz sobre el fenómeno de la fotosíntesis depende de la intensidad luminosa y de la duración del día; también de la sensibilidad lumínica y de la especie cultivada. La luz muy intensa, puede destruir la clorofila de las plantas.

Los cuatro factores que intervienen en la fotosíntesis son: luminosidad, humedad, temperatura y contenido de anhídrido carbónico, los cuales están ligados íntimamente. De nada sirve optimizar uno, e incluso tres factores, si el cuarto es deficiente; el aprovechamiento final estará en función del factor deficitario en la relación con los demás, de éste. Si la luminosidad en el microtúnel es máxima, hay que aumentar la temperatura, la humedad y el contenido de anhídrido carbónico; si la iluminación es poca intensa, hay que disminuir la temperatura y el anhídrido carbónico.

2.8.2. Fotoperiodismo

Los cultivos de día largo tropiezan con graves inconvenientes cuando se les cultivan en microtúnel durante el invierno, aparte de otros problemas de índole climático. Las plantas de día corto no presentan problemas de floración cuando se cultivan en microtúnel. Las plantas neutras no presentan ningún inconveniente de floración respecto a la longitud del día, cultivándose en cualquier época del año.

2.8.3. Fotomorfogénesis

Es la influencia de la composición espectral de la luz en el desarrollo de las plantas. Las radiaciones ultravioletas actúan desfavorablemente sobre la forma de las plantas, dando lugar a hojas frondosas y plantas rechonchas. Las radiaciones infrarrojas tienen poca influencia en el crecimiento, en cambio, la acción térmica que producen estas radiaciones sí que tienen influencia. Con una iluminación de luz roja, se provoca un alargamiento desmesurado de los tallos y la formación de hojas pequeñas. Los mejores resultados de crecimiento y formación de la planta se obtienen con los espectros que más se acercan en la composición espectral que necesita la fotosíntesis.

2.9. Procesos Fisiológicos de la Planta en Microtúnel por la Intervención de la Humedad

Varias son las funciones de la planta que dependen en gran parte de la humedad del ambiente del microtúnel, como son: transpiración, crecimiento y fecundación. Existen además otros fenómenos que inciden indirectamente en el estado vegetativo del cultivo, tales como el desarrollo de enfermedades y el goteo del agua que se condensa en las paredes del microtúnel. Los excesos o deficiencias de humedad, influyen desfavorablemente en los cultivos que se realizan en los microtúneles. Estos inconvenientes son los siguientes:

Exceso.

- Menor desarrollo vegetativo (disminuye la transpiración).
- Aumento de flores.
- Condensación de humedad.

Deficiencia.

- Deshidratación de los tejidos.
- Menor desarrollo vegetativo (menos transpiración por cierre de estomas).

2.9.1. Transpiración

La transpiración es un proceso de enfriamiento de la planta, se refiere a la pérdida de agua en forma de vapor a través de los estomas, cutículas o lenticelas hacia la atmósfera.

Casi toda el agua absorbida por las raíces es transpirada por las plantas en una proporción que llega a sobrepasar el 99%. Si la absorción radicular es muy intensa, algunas plantas eliminan parte del exceso de agua por los estomas, en forma líquida, mediante minúsculas gotitas.

Casi toda el agua se transpira por los estomas de las hojas y del tallo, por lo tanto una planta al abrir y cerrar sus estomas debe lograr un equilibrio entre la absorción de bióxido de carbono para la fotosíntesis y la pérdida de agua de la transpiración. El flujo de agua es unidireccional desde la raíz hasta el brote porque sólo éste puede transpirar.

2.9.2. Crecimiento

Indirectamente, el exceso o falta de agua influye bastante en el crecimiento de los tejidos vegetales, siendo este crecimiento reducido, aunque la temperatura sea óptima. En un ambiente saturado de humedad, las plantas disminuyen su transpiración, con lo que la absorción de sales minerales de la solución del suelo es menor y la fotosíntesis queda enormemente reducida, necesitando la planta por esta causa, acudir a sus materiales de reserva para realizar su metabolismo y crecimiento. Con escasa humedad, la planta puede deshidratarse como consecuencia de una transpiración intensa y puede llegar a un estado de deshidratación irreversible y no recuperarse. Las células de los tejidos de crecimiento, al estar expuestas a la sequedad, se hacen coriáceas y disminuye su multiplicación, por lo que es menor el crecimiento vegetativo.

2.10. Estomas

Estructuras epidérmicas encargadas de controlar la transpiración en los tejidos frescos de la planta. Consta de dos células oclusivas que delimitan un orificio llamado ostíolo que se hace mayor cuando las células oclusivas están turgentes. Consta además de unas células anexas que rodean a las anteriores y que participan en la fisiología de la apertura y cierre del ostíolo.

Los estomas son poros que se encuentran principalmente en el envés de las hojas. Éstos se abren mientras hay suficiente luz para dejar pasar el CO₂ al interior de la hoja y dejar salir el vapor de agua de la transpiración. Se cierran

cuando no hay suficiente luz o cuando la planta tiene riesgo de secarse por no llegar suficiente agua a las hojas. Algunos factores que determinan la condición de los estomas son: la concentración de potasio, de bióxido de carbono; la acción de la luz, las hormonas (ácido absícico), la temperatura y la humedad del suelo.

2.10.1. Células anexas. Son células que forman parte del aparato estomático. Su número y orientación respecto de las células oclusivas constituyen criterios de clasificación de los estomas. Colaboran en la apertura y cierre de los estomas exportando o importando iones K^+ a las células oclusivas. Cuando éstas se cargan de K^+ , su potencial osmótico se hace más negativo, con lo que absorben agua, se hinchan y se abre el ostíolo.

2.10.2. Células oclusivas. Células estomáticas que definen un orificio llamado ostíolo. Tienen la capacidad de hincharse y deshincharse intercambiando agua con otras células epidérmicas anexas.

Las células oclusivas son células de la epidermis con forma de media luna que forman el estoma y regulan el tamaño de su apertura, llamada ostíolo. En conjunto, las células oclusivas y anexas (si las hubiera) conforman el aparato estomático.

La pared interna de la célula oclusiva es más gruesa que el resto de la pared. Cuando una célula oclusiva permite el paso de iones potasio, el agua se mueve hacia el interior de la célula poniéndola turgente y abultada, produciéndose la apertura del estoma. Cuando el potasio abandona las células oclusivas, también lo hace el agua, causando la plasmólisis de la célula y el cierre del estoma. Los estomas ocupan el 1% de la superficie celular, pero son responsables del 90% de la pérdida de agua en la transpiración.

2.10.3. Ostíolo. Orificio definido por las dos células oclusivas de un estoma.

2.10.4. Importancia de los Estomas

Las hojas de las plantas en la superficie superior (haz) e inferior (envés) está cubierta de una capa de epidermis, la cual contiene numerosos poros conocidos como estomas. Por lo menos el 92% de la humedad absorbida por las plantas se pierden a través de ellos, en forma de transpiración o vapor, mientras que solo el 3 o 4 % del agua es utilizada en su metabolismo (Ketellarpar, 1963).

Gómez (1990) menciona tres procesos importantes de la planta: transpiración, respiración y fotosíntesis son influenciados por el comportamiento y densidad de estomas. En la regulación del contenido de humedad en las plantas bajo temporal los estomas juegan un papel primordial, por lo tanto, la determinación de la densidad estomática y el mecanismo de cierre y apertura son de las características importantes en la resistencia a sequía.

La densidad y tamaño del estoma varía de acuerdo a la especie, variedad, posición y crecimiento de la hoja, intensidad de luz, altura de planta y ambiente del cultivo (Kuruvadi, 1989).

Kuruvadi *et al.* (1987) Indica que la variación en la tasa de transpiración depende de la frecuencia de estomas, tamaño (longitud y ancho) del ostíolo y comportamiento estomacal, por lo tanto, deben identificarse variedades con menor densidad y tamaño de estoma e incorporar posteriormente estas características en los genotipos para reducir así la tasa de transpiración y superar con ello el stress de agua bajo temporal.

2.10.5. El Funcionamiento de los Estomas

Los estomas comunican los espacios aéreos internos de las hojas con el aire exterior y permiten los intercambios de gases que la planta necesita. La apertura de los estomas depende de dos células, llamadas oclusivas, que se

expanden o se contraen según las condiciones del ambiente. Cuando los estomas están abiertos, la planta elimina una gran cantidad de agua a través de ellos. Esta liberación de agua en forma de vapor es la transpiración. Las células oclusivas poseen cloroplastos, que les permiten fabricar glucosa (Meinardi, 2004).

2.10.6. Funcionamiento de los Estomas

- Regulan el paso de gases (principalmente CO₂ y vapor de agua).
- La apertura se produce cuando se despolimeriza el almidón que contienen los cloroplastos de las células oclusivas y los azúcares pasan al citoplasma.
- Se produce también una entrada masiva de K⁺ desde las células anexas.
- Las células se hinchan al aumentar la turgencia por la presión osmótica.
- El cierre se produce cuando se elimina el K⁺ al exterior (células anexas) y se vuelve a polimerizar almidón en los cloroplastos.
- Apertura/cierre muy influida por factores externos (luz, temperatura, humedad, contenido en CO₂ del aire, etc.) e internos (ABA).

2.11. Actividad Estomática

Las plantas dependen de K⁺ para regular la apertura y cierre de los estomas (poros) a través de los cuales las hojas realizan el intercambio de CO₂, y oxígeno con el medio. El funcionamiento adecuado de los estomas es esencial para la fotosíntesis y para el transporte de agua y nutrientes dentro de ella. Cuando el K⁺ se mueve entre las células guarda alrededor de los estomas, las células acumulan agua y se hinchan, favoreciendo que los poros se abran y los gases circulen libremente hacia fuera y hacia adentro. Cuando la cantidad de agua es pequeña, el K⁺ es expulsado fuera de la célula de guarda y los

poros se cierran fuertemente. Si la cantidad de K^+ es inadecuada la respuesta de los estomas no será la adecuada (Paul, 2001).

2.12. Densidad Estomática

La frecuencia o densidad estomática, que es el número de estomas por unidad de área, presenta una gran componente de variación ambiental, por lo que puede diferir entre plantas de la misma especie, entre hojas de la misma planta y entre sectores de una misma hoja (Esau, 1977). Como número promedio para plantas C_3 se tiene un rango que va desde 40 hasta 300 estomas por mm^2 en el envés (Leegod, 1993).

La forma de los estomas es una característica distintiva de los diferentes grupos de plantas, siendo por ejemplo muy conocida la diferencia entre mono y dicotiledóneas en la forma y distribución estomática (Thomasson, 1997). Por otro lado, la cantidad de estomas presentes en la superficie adaxial (haz) en comparación con la abaxial (envés) es característica distintiva de diferentes especies. Las plantas con mayor número de estomas en el haz son llamadas epiestomáticas, las que tienen mayor número en el envés son hipoestomáticas (caso de la mayoría de las hortalizas), mientras que aquellas con un número aproximadamente igual de estomas en haz y envés son ambiestomáticas (Gates, 1980). Como se mencionó el carácter epiestomático o hipoestomático se supone es una característica fija, pero fue demostrado que es susceptible de cambiar en ciertas etapas de crecimiento de la planta o en respuesta a estímulos ambientales (Piña, 1994).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización Geográfica del Sitio Experimental

El presente trabajo de investigación se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano del año 2004, en los terrenos del Departamento de Horticultura y en el laboratorio de Citogenética del Departamento de Fitomejoramiento, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se encuentra ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Con las coordenadas geográficas a 25° 22' Latitud Norte y 101° 00' Longitud Oeste y altitud de 1742 msnm.

3.2. Características Edafoclimáticas del Sitio Experimental

3.2.1. Clima

El clima regional según Koeppen modificado por García E. (1996) es de tipo BWhw (x')(e), el cual es seco y templado; se caracteriza por tener una temperatura media anual de 19.8 °C, con una oscilación de 10.4 °C. Los meses más calurosos y/o cálidos son junio, julio y agosto con temperaturas máximas de 37 °C. Los meses más fríos registran temperaturas de hasta 10 °C bajo cero que son diciembre y enero. La precipitación total anual media de 298.5 mm.

3.2.2. Viento

Los vientos predominantes son del sureste, en casi todo el año, a excepción del invierno donde predominan los del Noreste, y se presenta con mayor intensidad en los meses de febrero y marzo.

3.2.3. Suelo

Los suelos donde se llevó a cabo el presente trabajo son claros, debido al contenido de calcio; la textura varía de migajón a arcilloso. Estos suelos están localizados sobre un extracto calcáreo, duro y continuo denominado petrocálcico.

3.2.4. Agua de riego

El agua que se utilizó para este trabajo de investigación fue potable y provenía de las instalaciones del Departamento de Horticultura, la cual se considera de buena calidad y con un pH de 7.

3.3. Materiales

3.3.1. Material vegetativo

Las Variedades de lechuga que se utilizaron para este trabajo de investigación fueron:

- 1.- Kagraner summer
- 2.- Salinas
- 3.- Great lakes

3.3.2. Materiales utilizados

- Charolas de polietileno de 200 cavidades
- Como sustrato Peat Moss (PGX), (germinación)
- Plásticos de colores
 - Transparente
 - Amarillo
 - Rojo
 - Morado
 - Celeste
 - Blanco
 - Azul

- Verde

- Alambrón
- Regadera
- Tambo de 200 lts
- Bolsas de papel
- Pegamento de PVC
- Cinta adhesiva
- Fertilizantes
 - Nitrato de amonio
 - Sulfato de calcio
 - Fosfato monoamónico
 - Nitrato de potasio
 - Sulfato de magnesio (Mg)
 - Quelatos de fierro
 - Bórax
 - Zinc

3.3.3. Material de laboratorio

- Porta objetos
- Balanza analítica
- Estufa de secado
- Espátula
- Bisturí
- Microscopio compuesto Carl Zeiss
- Micrómetro
- Cámara de dibujo de 90°
- Regla
- Etiquetas

3.4. Métodos

En el presente trabajo de investigación, se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. Donde el factor A fueron los colores de plásticos (transparente, amarillo, rojo, morado, celeste, blanco, azul, verde), siendo el factor B las variedades de lechugas (V1= Kagraner summer, V2= Salinas, V3= Great lakes), ver cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Descripción de los tratamientos

Factor A	Factor B
Transparente	Kagraner summer
Transparente	Salinas
Transparente	Great Lakes
Amarillo	Kagraner summer
Amarillo	Salinas
Amarillo	Great Lakes
Rojo	Kagraner summer
Rojo	Salinas
Rojo	Great Lakes
Morado	Kagraner summer
Morado	Salinas
Morado	Great Lakes
Celeste	Kagraner summer
Celeste	Salinas
Celeste	Great Lakes
Blanco	Kagraner summer
Blanco	Salinas
Blanco	Great Lakes
Azul	Kagraner summer
Azul	Salinas
Azul	Great Lakes
Verde	Kagraner summer
Verde	Salinas
Verde	Great Lakes

3.5. Establecimiento del Experimento

3.5.1. Preparación del Material para la Siembra

Primeramente se realizó el lavado de charolas germinadoras utilizando agua con jabón y una solución con cloro, posteriormente las charolas fueron

llenadas con peat moss previamente humedecido y se realizó la siembra a una profundidad de aproximadamente 8 mm.

3.5.2. Establecimiento de los Microtúneles

Para el establecimiento se cortaron alambrones de una longitud de 1.80m, se procedió a doblarlos en forma de arco y a instalarlos, después se le colocaron las cubiertas plásticas de colores los cuales fueron distribuidos al azar dentro de cada repetición, se instaló un termómetro para tomar la temperatura de cada microtúnel. Los microtúneles se instalaron dentro de un invernadero semicircular para lograr una mayor protección del trabajo de investigación.

3.5.3. Siembra

La siembra se realizó de forma manual, usando las charolas de 200 cavidades, colocando 60 semillas de cada una de las tres variedades en cada charola (V1= Kagrner summer, V2= Salinas, V3= Great lakes), cada charola dio lugar a una repetición, los riegos fueron realizados con una regadera para no sacar la semillas sembradas.

3.6. Manejo

3.6.1. Riegos

Los riegos se aplicaron todos los días en las mañanas, con una regadera, para evitar sacar el sustrato y maltratar las hojas de cultivo con el golpe del agua; también en las mañanas se tomaban los datos de temperatura.

3.6.2. Nutrición

Los fertilizantes se aplicaban diariamente durante el riego y se utilizaron solamente fertilizantes solubles (nitrato de amonio, sulfato de calcio, fosfato monoamonico, nitrato de de potasio, sulfato de magnesio, quelato de fierro, bórax y zinc).

La cantidad de fertilizante a aplicar se diluía previamente en un recipiente con agua, luego se le añadía al tinaco o tambo con la cantidad de agua para el riego y se agitaba hasta que estuviera bien disuelto.

3.7. Variables Estudiadas

Altura de Planta

Para estimar esta variable altura se tomaron 10 plántulas de cada tratamiento. Midiendo con una regla (cm) desde la base de la plántula hasta el ápice de la misma.

Número de Hojas

A las mismas 10 plántulas se contaron las hojas.

Peso Fresco de la Raíz

Para poder obtener el peso fresco de la raíz se reunieron las raíces de las 10 plántulas antes indicadas y se pesaron en una balanza digital y el peso se obtenía en gramos.

Peso Seco de la Raíz

Para estimar el peso seco de la raíz de las 10 plántulas, éstas se guardaron en una bolsa de papel y fueron colocadas en una estufa por 3 días a 60 grados centígrados hasta llegar a un peso constante y posteriormente fueron pesadas en una balanza digital.

Peso Fresco Aéreo

Para obtener el peso fresco, se tomaron las diez plántulas sin considerar raíz y se pesaron en una balanza digital (gr).

Peso Seco Aéreo

Para estimar el peso seco, se colocaron las 10 plántulas sin raíz, en una estufa, por 3 días a 60 grados centígrados hasta llegar a un peso constante y posteriormente fueron pesadas en una balanza digital (gr).

Número, Ancho y Largo de Estomas y Número de Células Tabloides

Para poder obtener estas variables se tomaron dos plántulas de las que se sacaron cuatro hojas al azar, y de cada hoja se tomaron dos impresiones de estomas dos del haz y dos del envés, dando un total de 16 muestras. En cada muestreo se aplicó pegamento de pvc sobre la superficie del haz y envés, ya seco el pegamento se les colocó una cinta adhesiva transparente, para desprender el pegamento de la hoja con las impresiones de los estomas y células, la cinta adhesiva con la muestra se montó sobre un portaobjetos con las impresiones foliares de estomas y células tabloides para su análisis al microscopio.

Los portaobjetos con la muestra se llevaron al laboratorio y con la ayuda de un microscopio compuesto Carl zeiss con objetivo de 60x y con un micrómetro (aparato que se utiliza para mediciones en micras en microscopio), se midió el ancho y largo de los estomas para el haz y envés, midiendo cuatro de cada muestra y de forma aleatoria y utilizando dos estomas tanto para ancho como para largo, las medidas se obtuvieron en micras.

En la variable número de estomas lo que se realizó fue que se contaron los estomas de cada variedad y tratamiento en cuatro campos para cada muestra en haz y envés.

Para número de células tabloides se realizó lo mismo que en número de estomas a diferencia que se contaron células tabloides, también en cuatro campos para haz y envés.

Densidad Estomática

Con los promedios de números de estomas se procedió a calcular la densidad estomática/mm², y se obtuvo de la siguiente manera.

Diámetro del campo visual = $\frac{\text{diámetro del ocular}}{\text{Aumento del objetivo}}$, con las que se analizaron

$$D.C.V = \frac{18mm}{60x} = 0.3$$

$$A = \pi x r^2$$

$$A = 3.1416x(0.15)^2$$

$$A = 0.07mm^2$$

Posteriormente se realizó una regla de tres obteniéndose así la densidad estomática para el haz y envés.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características agronómicas

El análisis de varianza realizado a las variables peso fresco aéreo (PFA), peso seco aéreo (PSA), peso fresco de la raíz (PFR), peso seco de raíz (PSR) en plántulas de lechuga, muestra que para el factor A, hubo diferencias altamente significativas para las variables antes indicadas demostrando que el color de las cubiertas plásticas si influyó en cada una de ellas, ver Cuadro 4.1.

En el factor B o genotipos se observaron diferencias altamente significativas respecto a las variables PSA, PFR y PSR mientras que la variable peso fresco aéreo se comportó igual independientemente del genotipo, no encontrando diferencias significativas en el factor B.

No se encontró diferencia significativa en la interacción de AXB, lo anterior indica que los tres genotipos bajo estudio responden de la misma manera a los diferentes colores de cubierta, como se observa en el cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Análisis de varianza realizado a variables de plántulas de lechuga, desarrolladas en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica.

Fuente de Variación	Grados Libertad	CUADRADOS MEDIOS			
FV	GL	PFA	PSA	PFR	PSR
Repeticiones	3	792.659*	7.264*	17.675 NS	0.125 NS
Factor A	7	2199.351**	13.805**	96.349**	0.281**
Error A	21	201.040	1.517	8.869	0.054
Factor B	2	209.832 NS	10.351**	19.782**	0.277**
Interacción	14	126.190 NS	0.951 NS	1.696 NS	0.016 NS
Error B	48	72.960	0.623	1.883	0.012
Total	95				
C.V.(%)		26.22	27.46	24.23	27.62

El análisis de varianza muestra que el color de la cubierta influye de manera significativa sobre el peso fresco aéreo y al realizar comparación de medias por medio de la prueba de Tukey (0.01), se observaron diferencias entre los tratamientos, resultando como el tratamiento que obtuvo mayor peso fresco el 2 (amarillo) con 53.33 grs, seguido por los tratamientos 4, 5 y 6, y estos fueron estadísticamente superiores a los tratamientos 1, 7 y 8 (ver figura 4.1). De los resultados presentados se puede decir que la cubierta de color amarillo y celeste son los colores que más favorecen el desarrollo del peso seco de plántulas de lechuga, como resultado de una mayor acumulación de materia seca, probablemente como resultado de una actividad fotosintética superior. Lo anterior indica que probablemente sea más recomendable colores de cubierta diferentes al color blanco que el tradicionalmente utilizado en cubiertas de invernaderos, para producción de plántulas.

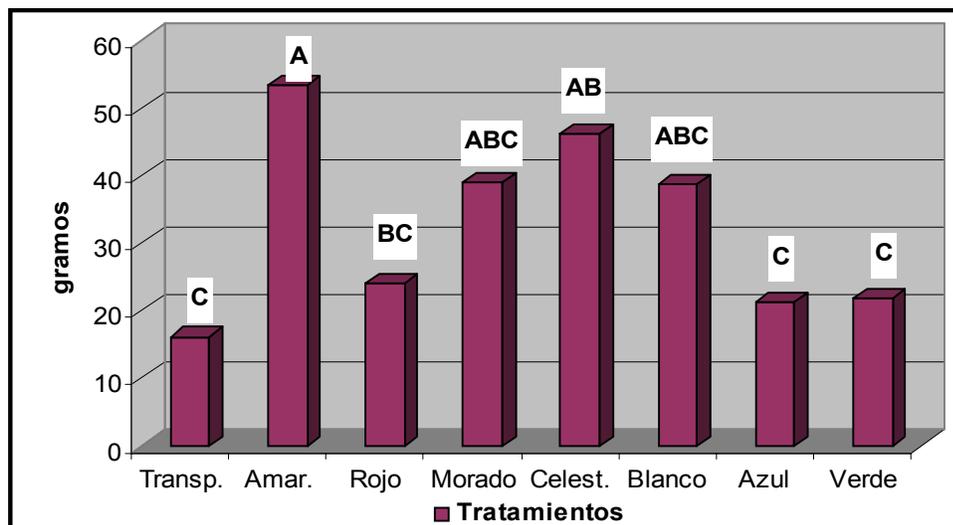


Figura 4.1. Comportamiento del peso fresco aéreo en plántulas de lechuga desarrolladas en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

La variable PSA en plántula tuvo una respuesta diferencial altamente significativa a los colores de la cubierta plástica de colores. Al realizar comparación de medias por la prueba de Tukey (0.01), muestra que el tratamiento 2 (cubierta amarillo) presentó el valor mas alto (4.42 g) en peso seco de plántula, lo anteriormente confirma que este color de cubierta favorece la transmisión de luz que permite una mayor actividad fotosintética. El tratamiento 2 fue estadísticamente igual al tratamiento 1,3,4,5 y 6, y fue estadísticamente superior al tratamiento 8 o tratamiento con cubierta verde; como se sabe las plantas aprovechan poco la radiación de color verde, por lo tanto, es posible que la radiación solar al ser transmitida por una cubierta de color verde modifica su longitud de onda hacia este color, dando lugar a una baja eficiencia fotosintética (ver figura 4.2).

Las plántulas desarrolladas bajo la cubierta plástica de color verde fueron muy delgadas y largas y se veían etioladas y frágiles con baja acumulación de materia seca, como consecuencia de una baja acumulación de fotosintatos, resultante de la fotosíntesis poco eficiente en estas plántulas.

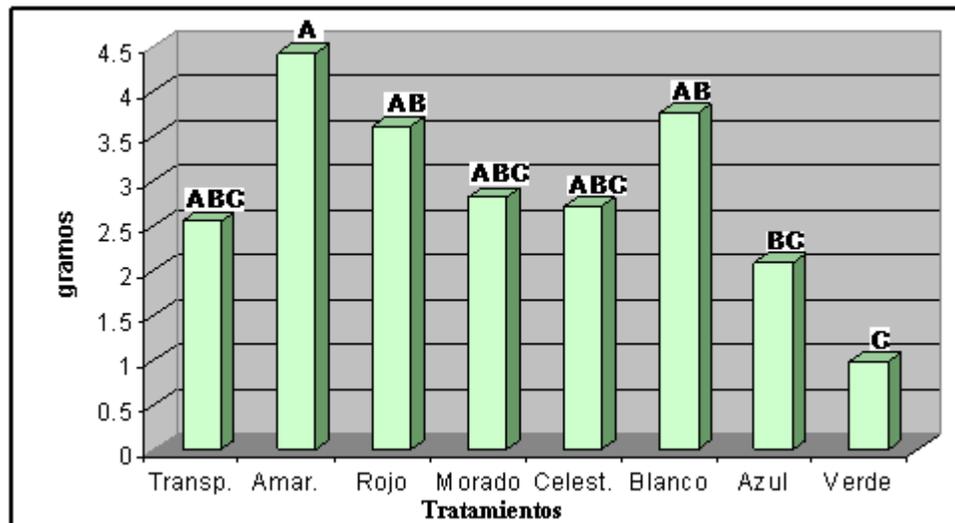


Figura 4.2. Peso seco aéreo en plántulas de lechuga desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

En el factor B (genotipos de lechuga), también se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas. El genotipo kagraner summer fue el que presentó mayor peso seco y fue estadísticamente superior al genotipo Salinas, que fue el que presentó la menor acumulación de peso seco en la etapa de plántula. El genotipo Great Lakes fue estadísticamente igual a los otros dos genotipos como se observa en la figura 4.3.

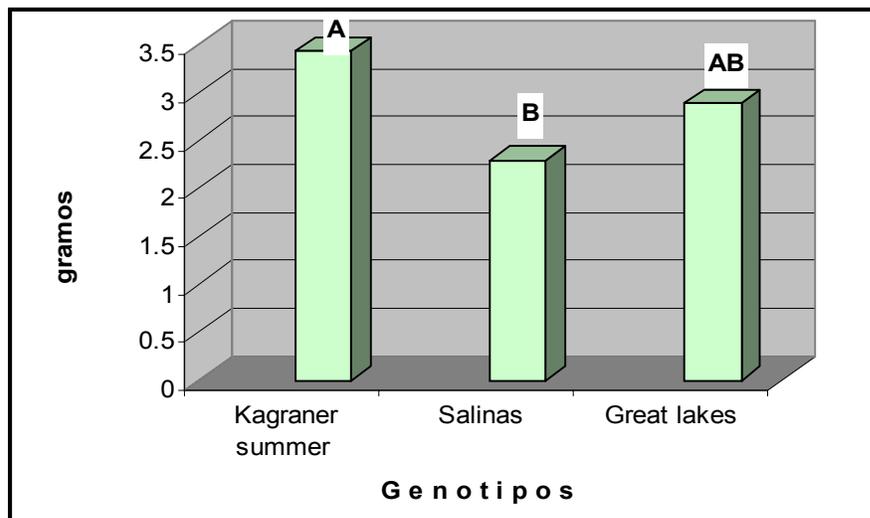


Figura 4.3. Peso seco aéreo en plántulas de lechuga de tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

El análisis estadístico del cuadro 4.1 indica que el factor B o genotipos es influido significativamente por los diferentes colores de la cubierta de los microtúneles, lo anterior como ya se mencionó anteriormente puede ser consecuencia de una modificación en la longitud de onda de la radiación solar transmitida originando también una modificación en el peso fresco de la raíz.

En la figura 4.4. se muestra la comparación de medias realizada mediante la prueba de Tukey (0.01), donde se observa que el mejor tratamiento fue el 2 (amarillo) con 11.35 g de peso fresco radicular y fue estadísticamente igual al tratamiento 6 (6.71 g), mientras que el tratamiento 8 con cubierta de color verde fue el que presentó el menor peso fresco de raíz con 1.09 g, este comportamiento es similar al observado en las variables

estimadas de la parte aérea y también puede ser consecuencia de una baja eficiencia fotosintética en algunos colores de cubierta plástica.

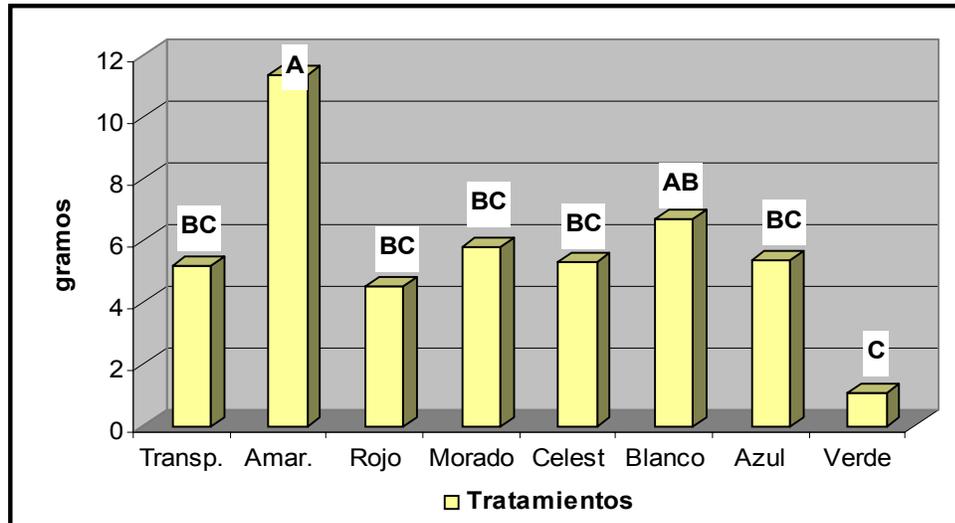


Figura 4.4. Peso fresco de la raíz en plántulas de lechuga desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubiertas plásticas, en Saltillo, Coahuila.

En la figura 4.5, se muestra que el genotipo kagrner summer fue estadísticamente superior en masa fresca radicular (6.56 g) a los dos restantes genotipos bajo estudio (Great lakes y Salinas), lo anterior indica una mayor capacidad de acumular materia seca en la raíz al menos en la etapa de plántula.

Al aplicar un análisis estadístico a la variable peso seco de raíz se observó que al menos un tratamiento tuvo un efecto estadísticamente diferente al resto de colores de cubierta plástica, por lo tanto al proceder a realizar una comparación de medias se encontró que el tratamiento 2 presentó el mayor valor, con 0.605 g y fue estadísticamente igual al tratamiento 3 y nuevamente el tratamiento 8 fue el que presentó el menor peso seco radicular con 0.082 gr y fue estadísticamente diferente del resto de los tratamientos, ver figura 4.6.

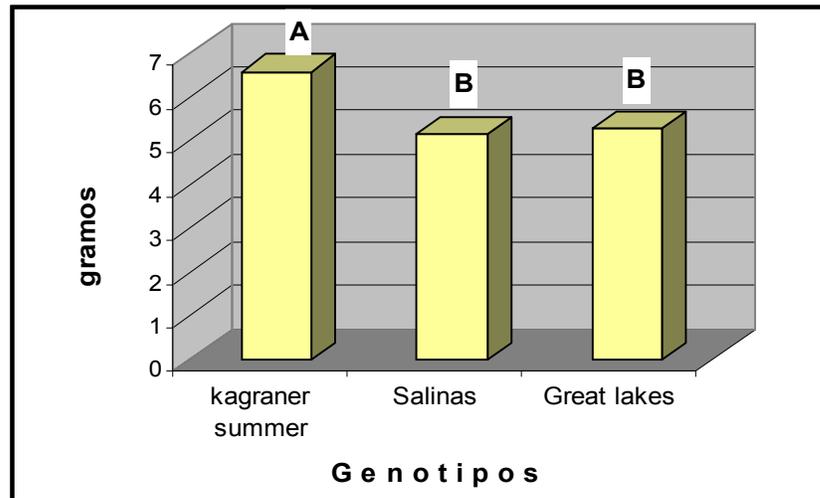


Figura 4.5. Peso fresco de la raíz en plántulas de lechuga de tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

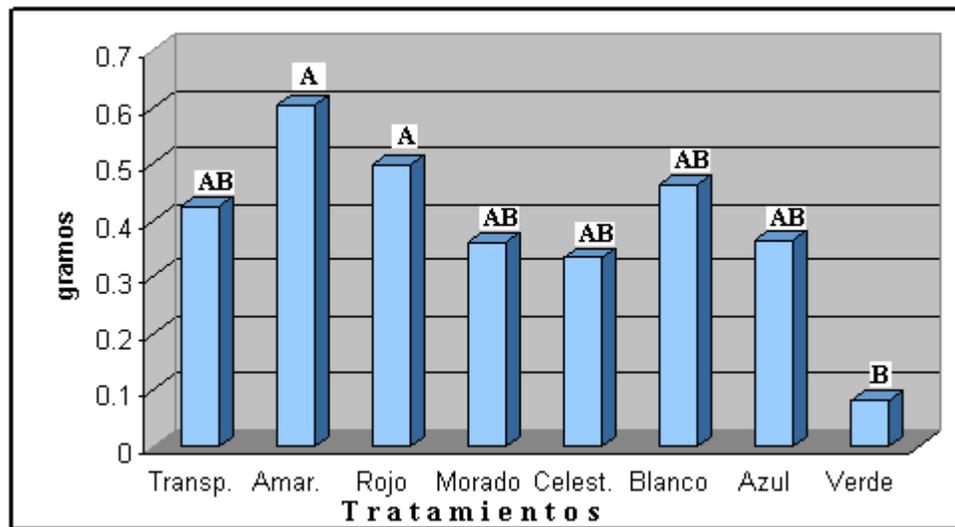


Figura 4.6. Peso seco de raíz en plántulas de lechuga desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubiertas plásticas, en Saltillo, Coahuila.

Dado que el análisis de varianza realizado a la variable peso seco de raíz del factor B o genotipos, indicó diferencias altamente significativas, se realizó una comparación de medias por Tukey(0.01) y se encontró que el genotipo Kagrner summer presentó un valor estadísticamente superior a los dos

genotipos utilizados en esta investigación, confirmando lo observado en la variable de peso fresco de raíz, indicando que este genotipo tiene mayor capacidad de acumular materia seca en etapas tempranas (figura 4.7).

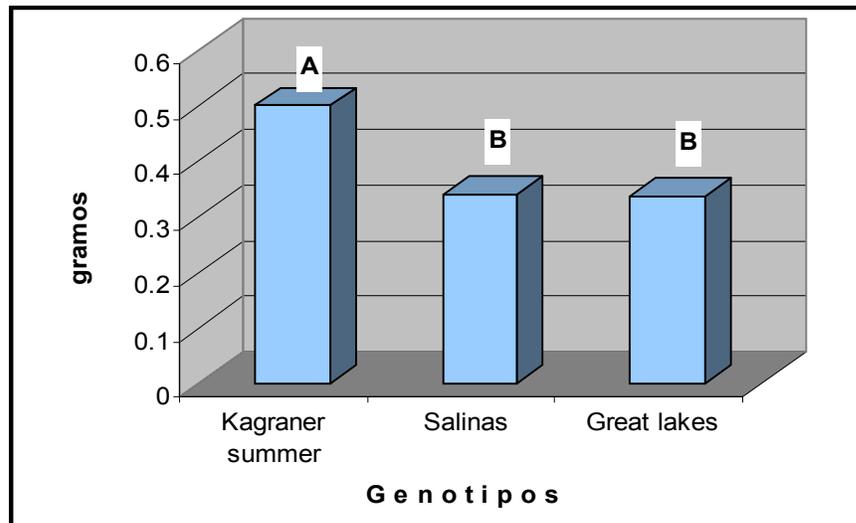


Figura 4.7. Peso seco de raíz en plántulas de lechuga de tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

Otras variables estudiadas en esta investigación fueron la altura de plántula y número de hojas, las cuales fueron sometidas a un análisis de varianza encontrando diferencias altamente significativas a los colores de cubierta plástica y entre genotipos, lo anterior indica que al menos un color de cubierta tiene un efecto estadísticamente diferente del resto, así mismo al menos un genotipo tiene un comportamiento estadísticamente diferente de los dos restantes, (ver cuadro 4.2).

En la variable número de hojas se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la interacción AxB, indicando que la variable número de hojas es modificado significativamente al cambiar de un color de cubierta plástica a otro, que cada genotipo responde de una manera diferente al pasar de un color de cubierta a otro, esto indica que probablemente la

eficiencia fotosintética de cada genotipo sea modificada, así como la morfogénesis en plantas de lechuga, al modificar las características de la radiación incidente sobre cada genotipo, modificando algunos órganos como la hoja en plantas de lechuga.

Cuadro 4.2. Análisis de varianza realizado en variables de plántulas de lechuga desarrollados en microtúneles con diferentes colores de cubierta plástica.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	
		Número de Hojas	Altura de Planta
Repeticiones	3	8.723NS	125.648*
Factor A	7	26.646**	301.881**
Error A	21	3.001	26.429
Factor B	2	129.860**	20.709**
Interacción AxB	14	4.886*	5.205NS
Error B	48	2.062	3.046
Total	95		
C.V.(%)		19.62	9.38

El análisis de varianza para las variables antes indicadas muestra un coeficiente de variación de 9.38 a 19.62%, lo cual demuestra mayor confiabilidad de los datos analizados que los considerados en los pesos secos y frescos de plántula.

A los valores medios de número de hojas se les aplicó la prueba de rango múltiple de Tukey(0.01) y se encontró que el tratamiento que presentó mayor número de hojas fue el 2 (color amarillo) con 9.458, seguido por el 6 (color blanco) con 9.133, estos tratamientos fueron estadísticamente iguales y estadísticamente diferentes de los tratamientos 1, 7 y 8, este último tratamiento tuvo el menor número de hojas con 5.56 como se puede ver en la figura 4.8.

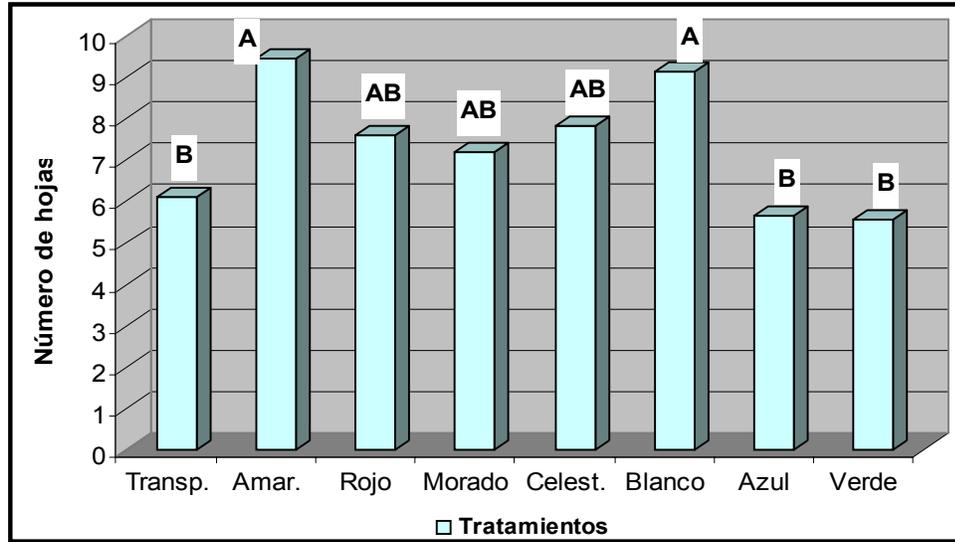


Figura 4.8. Número de hojas en plántulas de lechuga desarrolladas en microtúnel con diferentes colores de cubiertas plásticas, en Saltillo, Coahuila.

Para el factor B, el análisis estadístico indica que existe diferencia altamente significativa entre genotipos y al realizar la prueba de Tukey se muestra que el genotipo Kagraner Summer fue estadísticamente superior en número de hojas(9.64), a los genotipos Great lakes con 6.01 y Salinas que presentó 6.30 hojas, los cuales fueron estadísticamente iguales, ver figura 4.9.

El genotipo Kagraner Summer nuevamente se comportó con mayores valores en la variable número de hojas lo cual indica que es un genotipo de rápido crecimiento inicial que da ventajas en la etapa temprana en cuanto a variables tan importantes como es el peso seco radicular, número de hojas y peso seco aéreo, contribuyendo a tener una planta mas vigorosa en etapas tempranas, característica que puede ser ventajosa en plántulas para la producción de hortalizas de trasplante.

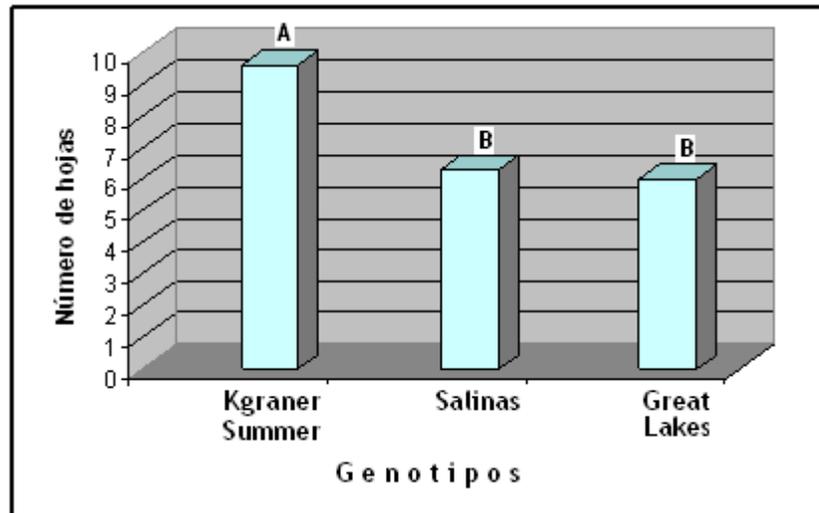


Figura 4.9. Número de hojas en plántulas de lechuga de tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

En cuanto a la interacción de AXB (colores de cubierta X genotipo) el análisis de varianza muestra diferencias significativas, indicando por lo tanto que los genotipos estudiados responden de diferente manera al cambiarlos de un color de cubierta a otro. En el cuadro 4.3 se muestra al genotipo Kgraner Summer siempre con los valores más altos de hojas, sin embargo el genotipo Salinas, bajo colores de cubierta transparente, amarillo, blanco y verde fue numéricamente superior al genotipo Great Lakes, aunque no estadísticamente; en el resto de los colores el genotipo Great Lakes fue superior al genotipo Salinas, lo anterior indica que estos genotipos responden de diferente forma a ciertas longitudes de onda en la radiación fotosintéticamente activa.

Cuadro 4.3. Respuesta en número de hojas en plántulas de lechuga de tres genotipos en diferentes colores de cubierta plástica.

Factor B Genotipos	Factor A (Colores de cubierta)							
	Transp.	Amarillo	Rojo	Morado	Celeste	Blanco	Azul	Verde
Kagraner Summer	1.95 A	13.67 A	9.82 A	9.05 A	10.25A	13.1 A	6.85 A	6.42 A
Salinas	5.60 AB	7.97 B	6.47 B	6.00 A	6.52 B	7.77 B	4.82 A	5.30 A
Great Lakes	4.80 B	6.72 B	6.52 B	6.52 A	6.75 B	6.52 B	5.27 A	4.97 A

Al realizar la comparación de medias por Tukey (0.01) de número de hojas del factor colores de cubierta dentro de cada uno de los factores de B, se encontró que hubo diferencias en el primer nivel del factor B (Kagraner Summer), donde el mejor tratamiento fue con la cubierta plástica de color amarillo con 13.67 hojas, fue estadísticamente igual a los tratamientos 6 y 5 y fue superior estadísticamente a los tratamientos 4,1,7 y 8 donde éste último fue superado por el tratamiento de color amarillo. (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Comparación de medias de interacción AXB en número de hojas en plántulas de lechuga.

Factor A Colores de Cubierta	Factor B (Genotipos)		
	Kagraner Summer	Salinas	Great Lakes
2. Amarilla	13.67 A	7.97A	6.72A
6. Blanco	13.10 AB	7.77A	6.52A
5. Celeste	10.25 ABC	6.52A	6.75A
3. Rojo	9.85 BCD	6.47A	6.52A
4. Morado	9.05 CD	6.00A	6.52A
1. Transparente	7.95 CD	5.60A	4.80A
7. azul	6.85 CD	4.82A	5.27A
8. Verde	6.42 D	5.30A	4.97A

Nivel de significancia 0.01

Como el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre colores de cubierta, se realizó una comparación de medias para definir estadísticamente la mejor altura de planta en relación a los colores de la

cubierta. El análisis por medio de la prueba de Tukey (0.01) indica que los tratamientos verde y amarillo presentaron las mayores alturas de plántula y fueron estadísticamente iguales, pero diferentes de los tratamientos 7, 3 y 1 que presentaron los menores valores, el tratamiento 8 tuvo 140.1 por ciento más altura que el tratamiento 1, (ver Figura 4.10), aunque las plántulas desarrolladas bajo cubierta de color verde tuvieron mayor altura, fueron las que tuvieron el menor peso seco y menor vigor, resultando delgadas y frágiles, a diferencia de las plántulas del tratamiento 2 que fueron altas y con el mayor peso seco, tanto radicular como foliar.

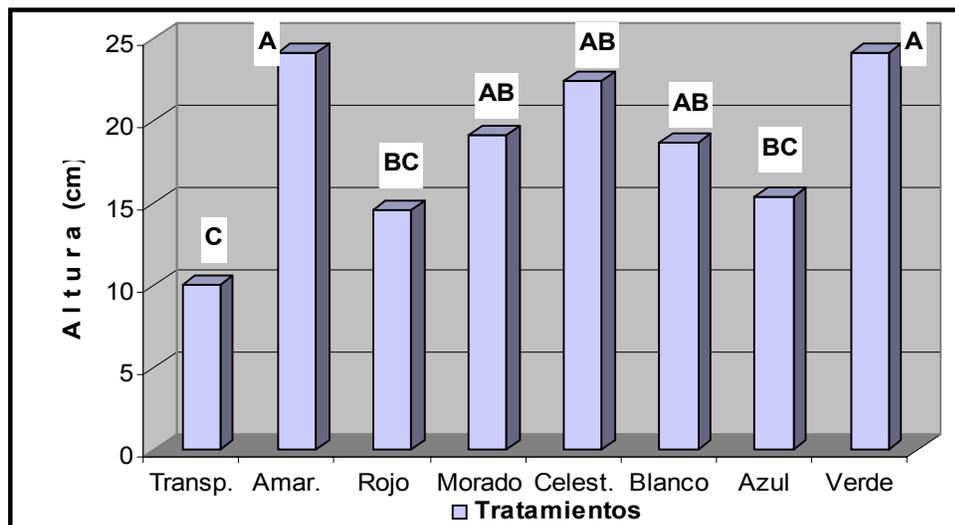


Figura 4.10. Altura media de plántulas de lechuga desarrolladas en microtúnel con diferentes colores de cubiertas plásticas, en Saltillo, Coahuila.

El análisis de varianza del cuadro 4.2. indica diferencias altamente significativas entre genotipos y al realizar una comparación de medias por Tukey(0.01) se encontró que el genotipo Salinas fue el que presentó la mayor altura, con 19.51 cm, mientras que el genotipo Great Lakes quedó en segundo lugar, estos dos genotipos fueron estadísticamente iguales y el primero fue estadísticamente diferente de Kagrner, (ver figura 4.11).

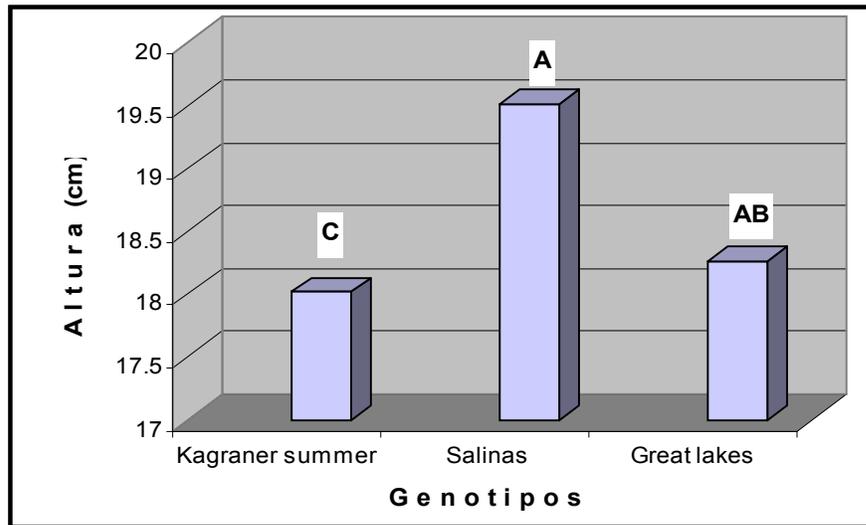


Figura 4.11. Altura media de plántulas de lechuga de tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

Características anatómicas de la hoja

El análisis de varianza aplicado a las variables Densidad de estomas del haz (DEH), Densidad de estomas del envés (DEE), Número de células tabloides del haz (NCTH), y Número de células tabloides del envés (NCTE) se presenta en el cuadro 4.5. y en él se muestra que se encontraron diferencias significativas en el factor A, para las variables DEH y DEE, pero no para las variables NCTH y NCTE, indicando que estas variables no son afectadas por una modificación en la longitud de onda de la luz, transmitida a través de las cubiertas utilizadas en esta investigación.

En el análisis de varianza antes indicado se encontraron diferencias altamente significativas para las variables DEH, DEE, NCTH y NCTE indicando que al menos un genotipo difiere significativamente en las cuatro variables indicadas.

Cuadro 4.5. Análisis de varianza realizado en variables de estomas y células tabloides.

Fuente de Variación	Grados De Libertad	CUADRADOS MEDIOS			
		DEH	DEE	NCTH	NCTE
Repeticiones	2	2795.094	3263.844	1584.539**	2297.769**
Factor A	7	1059.446 *	1587.362 *	243.117 NS	364.853 NS
Error A	14	325.728	523.261	113.775	327.050
Factor B	2	4775.953 **	1486.281 **	1030.644**	510.527**
Interacción	14	310.366 NS	320.685 NS	73.288 NS	128.396 NS
Error B	32	329.908	179.211	137.445	89.442
Total	71				
C.V(%)		29.12	21.97	31.11	24.96

Al realizar una comparación de medias por Tukey(0.01) no se encontraron diferencias significativas para la variable DEH, sin embargo en la figura 4.12 se muestra el comportamiento de esta variable en cada uno de los tratamientos, bajo estudio, encontrando que en el tratamiento con cubierta roja fue donde se presentó la mayor densidad estomática, mientras que la menor densidad estomática la presentó el tratamiento 7.

La comparación de medias para el factor B mostró diferencias altamente significativas entre genotipos para la variable DEH, encontrando que el Kagraner Summer y Great Lakes fueron estadísticamente iguales pero estadísticamente diferentes del genotipo Salinas, que presentó el menor valor, ver figura 4.13.

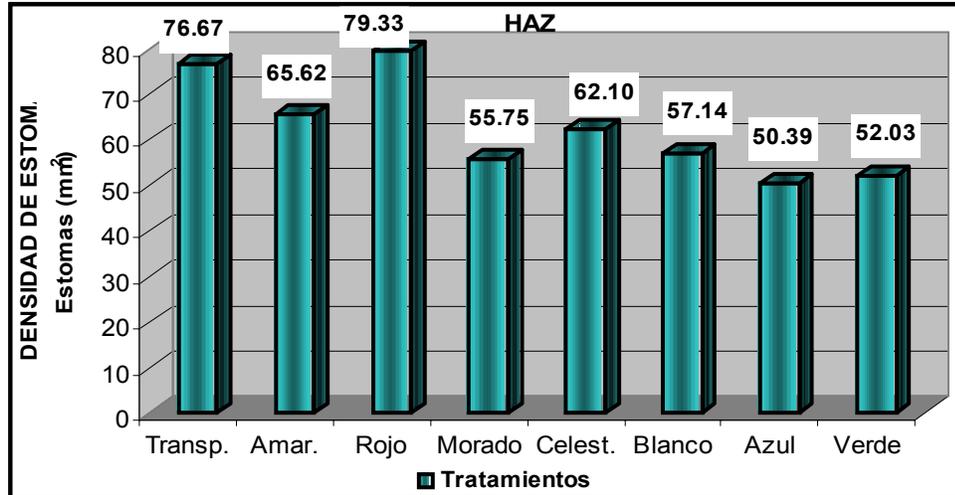


Figura 4.12. Densidad de estomas/mm² del haz en plántulas de lechuga desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plásticas, en Saltillo, Coahuila.

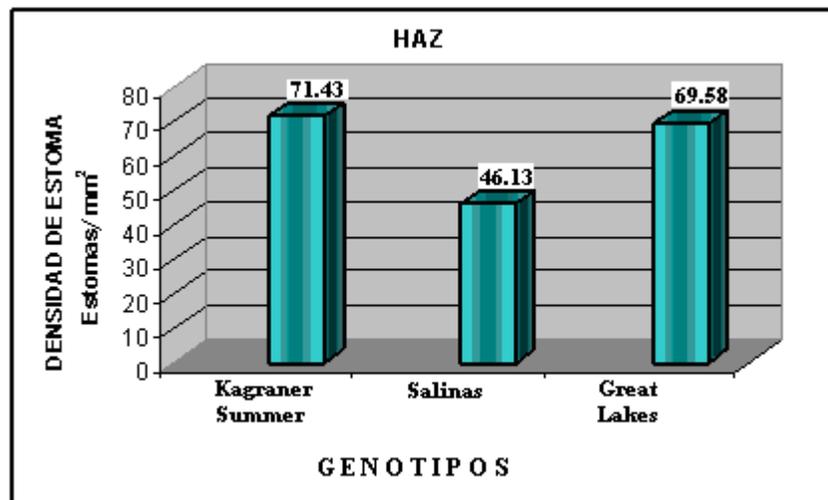


Figura 4.13. Densidad de estomas/mm² del haz en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

La comparación de medias (tukey al 0.05) realizada para la variable densidad de estomas del envés en los tratamientos de cubiertas fotoselectivas, presentó diferencias significativas, mostrando que el tratamiento con mayor

densidad de estomas en el envés fue el correspondiente a las plántulas que se desarrollaron bajo una cubierta transparente, ver figura 4.14, aunque este tratamiento fue estadísticamente igual a los tratamientos 4,2,3,6 y7, pero fue estadísticamente diferente de los tratamientos 5 y 8, que tuvieron los valores mas bajos.

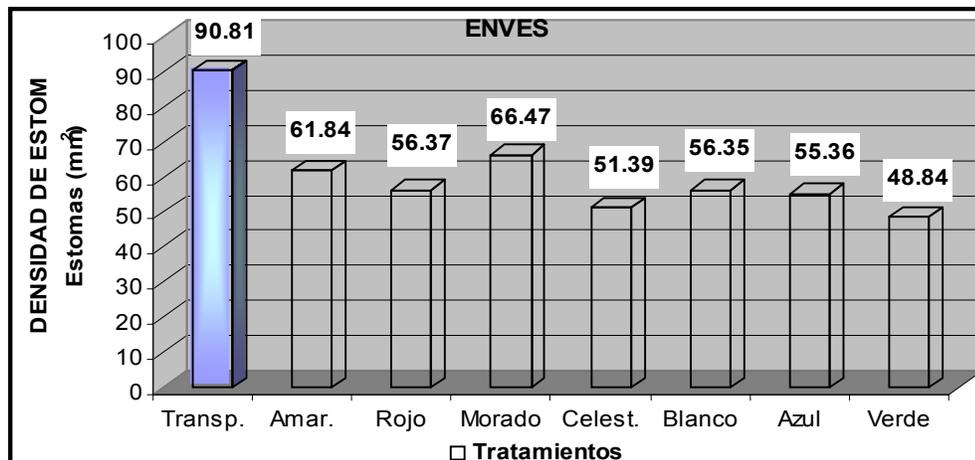


Figura 4.14. Densidad de estomas/mm² del envés en plántulas de lechuga desarrolladas en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

La comparación de medias (Tukey al 0.01) en el factor B presenta al genotipo Kagraner Summer y Great Lakes como estadísticamente iguales, mientras que el genotipo Salinas presentó una densidad estomática estadísticamente inferior a los genotipos antes mencionados, ver figura 4.15.

La diferencia en el número de estomas en el haz y envés de la hoja en las diferentes especies puede estar relacionado con el intercambio gaseoso y por lo tanto también con una mayor acumulación de materia seca, aunque hay otros factores como la hipersensibilidad estomática ante algunos factores ambientales que ocasionan cierre estomático ante una situación adversa, evitando pérdida de agua y limitación en el intercambio gaseoso.

La comparación de medias por medio de Tukey al 0.05, muestra que existen diferencias entre genotipos en la densidad estomática adaxial (estomas /mm²), el genotipo Kagraner Summer (65.62 estomas /mm²) fue estadísticamente igual al Great Lakes (65.33 estomas /mm²) y estos fueron estadísticamente superiores al genotipo Salinas (51.84 estomas /mm²), ver figura 4.15.

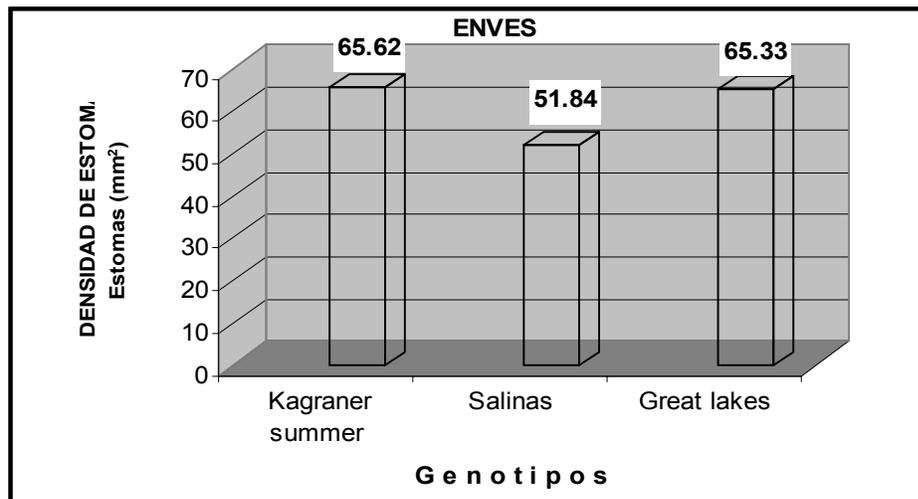


Figura 4.15. Densidad de estomas/mm² del envés en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

En relación al número células tabloides se puede decir que esta variable no fue afectada por los diferentes colores de cubierta y no se encontraron diferencias significativas, por lo tanto no se presentan los valores medios. Tampoco se encontraron diferencias significativas en el factor AxB. Pero si se encontraron diferencias significativas del número de células tabloides al factor B, por lo tanto en la figura 4.16, se muestra que el genotipo Kagraner Summer presentó el mayor número de células tabloides (45.10), seguido por el genotipo Great Lakes con un valor de 35.30, mientras que el genotipo Salinas fue estadísticamente inferior a los genotipos anteriores con un valor de 32.66, células tabloides por campo microscópico analizado. Estos resultados indican

que existen grandes diferencias en el número de células tabloides de un genotipo a otro, es probable que esta característica este relacionada con el origen o procesos de selección de los genotipos.

Figura 4.16. Número de células tabloides del haz en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

En cuanto al número de células tabloides abaxiales también solo se encontraron diferencias altamente significativas para el factor B, lo que quiere decir que el genotipo si influye en el número de células tabloides abaxiales, teniendo como la variedad que obtuvo mayor células tabloides a la número 1 (Kagraner Summer) con 43.21 y según la prueba de Tukey (0.05), el genotipo Kagraner es estadísticamente diferente de la Salinas y Great Lakes, siendo estas dos estadísticamente iguales con 35.39 y 35.07 células tabloides, (ver Figura 4.17). Como en el caso de células tabloides adaxiales el genotipo Kagraner Summer también tuvo el mayor número de células tabloides abaxiales.

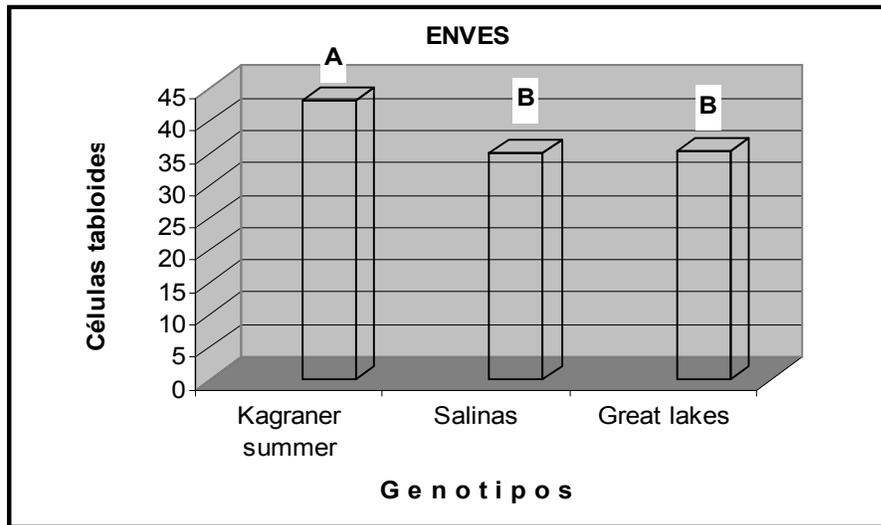


Figura 4.17. Número de células tabloides del envés en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

Características Estomáticas

En el cuadro 4.6, se presenta el análisis de varianza para las variables; ancho de estoma del haz (AEH), ancho de estoma del envés (AEE), largo de estoma del haz (LEH) y largo de estoma del envés (LEE), encontrando diferencias significativas solamente para el factor A en el largo de estomas del haz, por lo tanto se puede indicar que esta variable es afectada de manera significativa por los colores de la cubierta, no así las variables AEH, AEE y LEE. Dado que se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para el factor B, en las cuatro variables consideradas, se puede afirmar que al menos un genotipo es diferente a los dos restantes en las variables antes mencionadas.

Además los coeficientes de variación son bajos, indicando confiabilidad de los resultados obtenidos.

Cuadro 4.6. Análisis de varianza realizado en variables de estomas de plántulas de lechuga.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	CUADRADOS MEDIOS			
		AEH	AEE	LEH	LEE
Repeticiones	2	14.395**	26.673NS	17.579*	32.477 NS
Factor A	7	4.246 NS	15.118NS	9.687*	25.438NS
Error A	14	2.073	8.823	3.319	19.116
Factor B	2	339.585**	463.349**	657.317**	935.561**
Interacción	14	3.317NS	4.221 NS	3.992NS	7.963NS
Error B	32	3.961	4.795	2.298	5.511
Total	71				
C.V.		12.83%	13.29%	7.85%	11.21%

Para el factor B, el análisis de varianza señala que en el AEH existe diferencia altamente significativa. Al realizar comparación de medias por medio de la prueba de Tukey (0.01), se encontró que los tres genotipos son estadísticamente diferentes, y el genotipo que tuvo mayor ancho de estomas es el Kagraner summer con $19.25\mu\text{m}$, seguida por Salinas con $15.55\mu\text{m}$ y Great Lakes con $11.27\mu\text{m}$, resultó tener la menor anchura de estomas, ver figura 4.18.

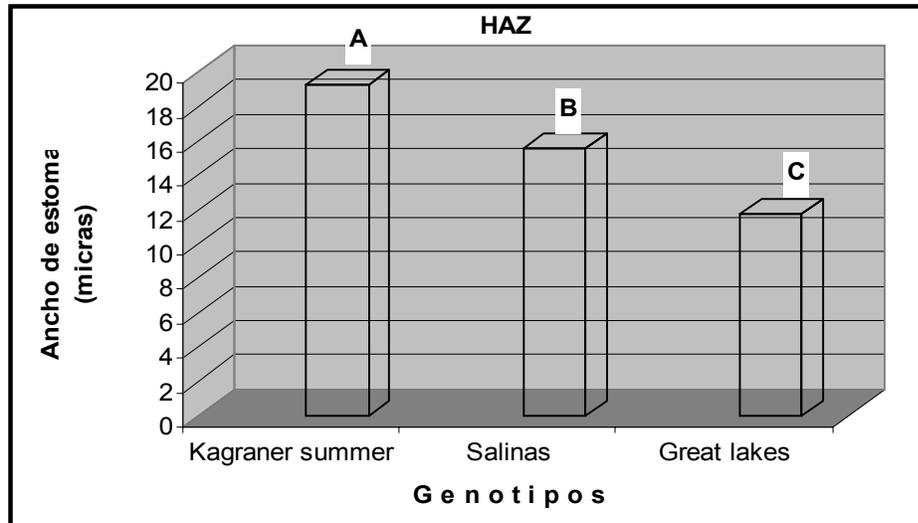


Figura 4.18. Ancho de estomas del haz en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

El ANVA, muestra que el factor B, es altamente significativo, lo cual dice que el ancho de estomas abaxiales, si es afectado por la variedad. Al llevar acabo la comparación de medias a nivel de significancia de 0.01, se encontró que existe diferencias significativas entre genotipos, indicando como la que obtuvo mayor ancho de estomas abaxiales fue el genotipo Kagraner Summer con 20.79 micras, seguido por el Salinas con 16.61 micras y el que resultó con menor ancho de estomas fue Great Lakes con 12.0 micras, que es diferente a la variedad 1, como se observa en la figura 4.19.

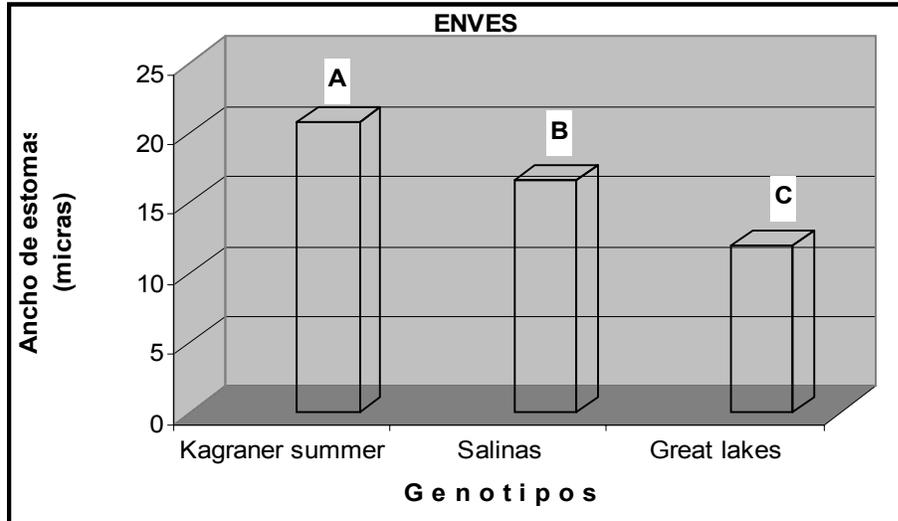


Figura 4.19. Ancho de estoma del envés en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

En relación al largo de estomas adaxiales el análisis de varianza indica que el factor A (colores de cubierta), es significativo; y al realizar comparación de medias por la prueba de Tukey al 0.05, indica que al menos un color de cubierta es diferente estadísticamente del resto de colores, por lo tanto la prueba de Tukey indica que el tratamiento 6 presento el mayor valor, pero fue estadísticamente igual al resto de los tratamientos excepto al tratamiento 3 que mostró el valor mas bajo en longitud de estomas adaxiales (figura 4.20).

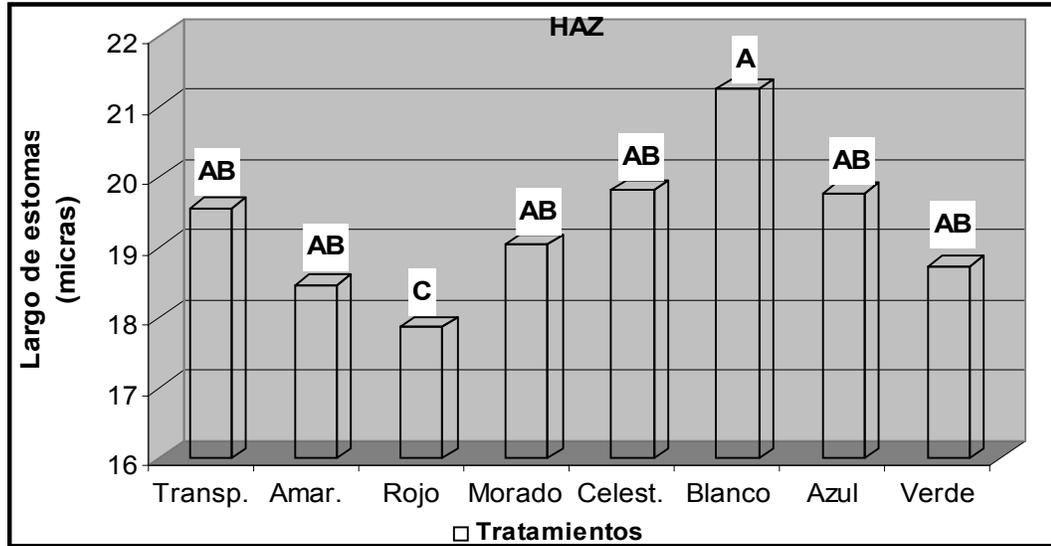


Figura 4.20. Largo de estomas del haz en plántulas de lechuga desarrolladas en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila..

La comparación de medias por la prueba de Tukey al 0.01, en el factor B muestra que existe diferencia altamente significativa entre genotipos, donde el Salinas presento el máximo valor con 24.77 micras, seguido por el genotipo Great lakes con 18.82 y el genotipo que presento estomas de menor longitud fue Kagraner summer con 14.33 micras, ver figura 4.21.

El ANVA muestra que en la interacción de AXB (colores X variedad), no existe diferencia significativa.

Figura 4.21. Largo de estomas del haz en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubierta plástica, en Saltillo, Coahuila.

El coeficiente de variación del presente análisis de varianza para la variable LEE, es de 11.21%, lo cual demuestra una confiabilidad de los datos obtenidos. El análisis muestra que el factor A, no es significativo, así mismo, como para la interacción de AXB (colores X variedad).

El análisis de variedades indica que el factor B, es altamente significativo, lo cual significa que el largo de estomas es afectado por las variedades. Al realizar comparación de medias por prueba de Tukey al 0.01, se observa que existe diferencias altamente significativas entre genotipos, la mayor longitud de estomas abaxiales lo presentó el genotipo Salinas con 27.36 micras, seguido por el genotipo Great lakes con 20.57 micras de largo y el genotipo Kagrner summer presentó los estomas mas cortos (14.88 micras) ver figura 4.22.

Figura 4.22. Largo de estomas del envés en plántulas de lechuga con tres genotipos desarrollados en microtúnel con diferentes colores de cubiertas plásticas, en Saltillo, Coahuila.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación podemos concluir lo siguiente:

La respuesta a las variables estimadas en plántulas de lechuga bajo microtúnel, los mejores resultados se obtuvieron al utilizar cubiertas de color amarillo y blanco, en relación a variables agronómicas, y fueron los que influyeron favorablemente en el aumento de biomasa.

La cubierta de color verde aunque resultó mejor en altura de planta; dichas plántulas eran frágiles y con hojas muy delgadas, lo que se denomina como plántula de mala calidad.

La mejor variedad fue la Kagraner summer que es la que obtuvo mayor respuesta a las variables evaluadas de biomasa.

De las tres variedades que se utilizaron, la variedad Kagraner summer presentó mayor densidad estomática y ancho de estomas. Mientras que las Salinas presentó estomas más largos; sin embargo no es conveniente que las hojas presenten muchos estomas o muy grandes, debido a que la tasa de transpiración depende de frecuencia de estomas (largos y anchos). Aunque en esta variedad no afectó porque aun así fue la que mejor respondió a las variables estimadas.

La luz transmitida a través de algunos colores de cubierta si modifican las características estomáticas.

Las características estomáticas varían grandemente de un genotipo a otro.

Las cubiertas de color que tuvieron mayor influencia sobre características estomáticas fueron la cubierta transparente donde las plántulas presentaron mayor número de estomas en el envés y con el color blanco los estomas del haz son más largos.

Los genotipos estudiados se clasificaron como ambiestomáticas, por presentar densidades estomáticas parecidas en el haz y envés. Dentro de las cuales las que presentaron mayor densidad estomáticas fueron las variedades Kagraner summer y Great lakes.

VI. LITERATURA CITADA

- Aylsworth, D.J.1997. Novedades sobres plásticos. Productores de hortalizas. P. 26-28.
- Boukema I.W., Hazekamp TH., van Hintum Th.J.L., 1990. CGN collection Reviews: the CGN Lettuce collection. 27 pp. Centre for Genetics Resources, the Netherlands (CGN), Wageningen.
- Castañeda, Z. C.2002. Evaluación de plásticos “termorreguladores” en el desarrollo y producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L) Var. Júpiter. Bajo invernadero. Tesis de licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Contreras, A., P. Acevedo, L. Pastor, y C. Eyzaguirre. 1992. Variaciones térmicas de suelo cubierto por acolchado (mulch) de polietileno. *Agricultura Técnica (Chile)* 52:456-461.
- Daza, C. A. 1994. Respuesta de plántulas de coliflor *Brassica oleracea* var. botrytis bajo cubiertas plásticas de colores en microtúneles. Tesis de licenciatura.
- De Santiago, J. 1997. Casados en la plasticultura. Productores de hortalizas. P. 12-13.
- De Vries I.M., 1997. Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. *Genetic Resources and Crop Evolution* 44,165-174.

- De Vries F.T., van Raamsdonk, L.W.D., 1994. Numerical morphological análisis of lettuce cultivars and species (*Lactuca* sect. *Lactuca*, Asteraceae). P1. *Sys. Evol.* 193,125-141.
- Ediho, 1999. Propiedades de los films plásticos agrícolas y principales aplicaciones.http://www.ediho.es/hoticom/tem_aut/plastic/laminas.html.
- Esau, K. 1977. *Anatomy of seed plants*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- FAO. 1990. *Protected cultivation in the mediterranean climate*. 313 p. Plant Production and Protection Paper 90. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.
- Florián, P. M, Bimbo B. 2002. Invernadero. *AgroRed* noviembre 2002, año III N.- (30). Pag. 22,23,26.
- Gallo, K. P. and C. S. T Daughtry. 1986. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies. *Agron. J* 78: 452-756.
- García, E. 1996. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen, para adaptarlas a las condiciones de la Republica Mexicana*. Instituto de geografía. UNAM, México.
- Gates, D.M. 1980. *Biophysical ecology*. Springer-Verlag New York, Inc. New York.
- Gómez, L. Blanca L. 1990. *Estudio de aptitud combinatoria y heterosis para diferentes características agronómicas en trigo (*Triticum aestivum* L.) temporal*. 1990. tesis de maestría. U.A.A.A.N, Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Grinstein, A., G. Kritzman, A. Hetzroni, A. Gamliel, M. Mor, and J. Katan. 1995. The border effect of soil solarization. *Crop Protection* 14:315-320.

Harlan J.R., 1992. Crops and Man, 2nd ed. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Madison, WI.

Hashemi-Dezfouli, A. and S. J. Herber. 1992. Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agronomy Journal*, 84: 547-5551.

Hatt-Graham, H., D. Decoteau, D. Linvill, and H. Graham. 1995. Development of a polyethylene mulch system that changes color in the field. *HortScience* 30:265-269.

Hort.uconn. 2002. The use of different colored mulches for yield and earliness. <http://www.hort.uconn.edu/imp/veg/htms/colmulch.htm>

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

Ibarra J. L. 1997. Acolchado de suelos. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura. UAAAN. (CIQA). 3-7 de Noviembre de 1997.

Items, 2002. Generalidades de acolchado <http://www.gro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/DaacolchadoGeneralidades.html>

Jones, G. H. 1992. Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology. Second edition. Cambridge University Press, 428 p.

Ketellarpar, H. J. 1963. Stomatal physiology. *Ann. Rev. plant physiology*. 14: 249-270.

Kiniry, J. R. and J. R. Ritchie. 1985. Shade sensitive interval of kernel number of Maize, *Agron. J.* 77: 711-715.

- Kuruvadi, S., G. A. Castillo, S.G. Almaguer y O.J. Molina. 1987. Frecuencia y tamaño de estomas en ambientes de riego y temporal en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Agraria. Revista científica de la U.A.A.A.N. (en impresión).
- Kuruvadi, S. 1989. Stomatal frequency in bread wheat under irrigated and rainfed conditions. *Rachis*. Icarda, syria. 8 (2): 22-23.
- Leegod, R.C. 1993. Carbon dioxide concentrating mechanisms. In: P.J. Lea and R.C. Leegod (Eds.). *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, U.K. pp.42-72.
- Levecchia, G. 1994. Producción de plántulas con alta tecnología en invernadero. *Rev. Productores de hortalizas*. Año 3 No. 9 Septiembre, publicaciones periódicas. México, D.F.
- Lindquist K., 1960. Cytogenetic studies in the serriola group of *Lactuca*. *Hereditas* 46,75-151.
- Meinardi, R. C.2004. Biología. <http://www.aique.com.ar/catalogo/sug1609.html>
- Misle, E. y A. Norero. 2000. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas II. Efecto del polietileno transparente a diferentes profundidades. *Agricultura Técnica* (Chile).
- Monteith, J. L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philos. Trans. R. Soc. London B* 281: 277-294.
- Monteith, J. L. and M. H. Unsworth. 1990. *Principles of environmental physics*, second edition, Chapman and Hall, Inc. 291 p.

- Muñiz, V. A. 1994. Producción de planta de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo cubiertas plásticas de colores. Tesis de licenciatura U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Nobel, P. S. 1991. Physicochemical and environmental plant physiology. Academic Press, Inc. Department of Biology, University of California, Los Angeles, Calif.
- Nuez F, Fernández de Córdova P, Soler S, Valcárcel J. V, Montalt J. 2000. Colección de semillas de lechuga del centro de conservación y mejora de la agrobiodiversidad valenciana. Ed. Instituto nacional de investigación y tecnología agraria y alimentaria. Ministerio de ciencia y tecnología. Monografías INIA: Agrícola N.- 7.
- Papaseit, P, J. Badiola y E. Armaguel 1997. Los plásticos y la agricultura 1ª. Edición. Editorial SPE.3. Reus, Barcelona, España.
- Paul, R. H. 2001.
<http://www.aquaplant.cl/aguadulce/plantas/InfoPlantas/Mantencion/Potasi orol.htm>
- Piña, J.M. 1994. El cultivo del chícharo (*Pisum sativum* L.): Su respuesta bajo condiciones de acolchado de suelos y azufre elemental. Tesis de Licenciatura en Biología. División de Ciencias Biológicas, ICCAC. Saltillo, Coah.
- Pullman, G.S., J.E. DeVay, and R.H. Garber. 1981. Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature for soil borne plant pathogens. *Phytopathol.* 71:959-964.
- Roblero, P, F y L. Martín, V, L. 1981. Aplicaciones de los plásticos en la agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

- Ryder E.J., 1986. Lettuce breeding. En: Breeding vegetable crops, M.J. Basset (ed). The AVI publishing company, Inc., Westport, pp. 433-474.
- Ryder E.J., Whitaker T., 1976. Lettuce, *Lactuca sativa* (Compositae).- En: Evolution of crop plants, Simmonds, N.W., (ed.). London: Longman, pp.39-41.
- Serrano, C.Z.1990. Técnicas de invernadero. Ed. P.A.O. suministros gráficos, S.A. Sevilla, España.
- Shih C., 1988. Revision of *Lactuca* L. and two new genera of tribe lactuceae (Compositae) on the mainland of Asia. *Acta Phytotaxonomica Sinica* 26 (5), 382-393.
- Solplast, 2002. Características del Films.
<http://www.solplast.com/sp/acolchados.htm>.
- Thomasson, J.R. 1997. Leaf epidermal features - Stomatal apparatus.
<http://www.fhsu.edu/biology/thomasson/stomate.htm>
- Torres R., E. 1983. Invernaderos familiares: Producción intensiva de alimentos bajo cubiertas plásticas. En: Memorias del IV Congreso Latinoamericano de Energía Solar. Univ. Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. Pp 1 - 10.
- Toshio, H. 1991. The effect of mulching and row covers on vegetable production. *Agr. Exp. Stn. Japón*.
<http://www.agnet.org/library/article/eb332.html>.
- Westgate, M. E., F. Forcella, D. C. Reicosky and J. Somnsen. 1997 Rapid canopy closure for maize production in the northern U S corn belt: Radiation use efficiency and grain yield *Crop Reserch*. 49: 249-258.
- Witter, S.H. & Castilla, N. 1995. Protected cultivation of horticultural crops worldwide. *Hort Technology* 5 (1): 6-23

