

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de la Concentración de Nitrato en Interacción con el Acolchado  
Plástico en el Crecimiento y Estado Nutricional del Melón

Por:

**MÓNICA ALIK LUCAS RUIZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México.  
Mayo, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de la Concentración de Nitrato en Interacción con el Acolchado Plástico  
en el Crecimiento y Estado Nutricional del Melón

Por:

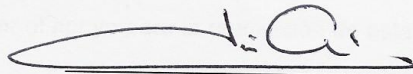
**MÓNICA ALIK LUCAS RUIZ**

TESIS

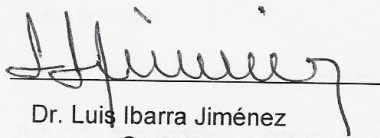
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada



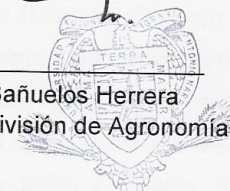
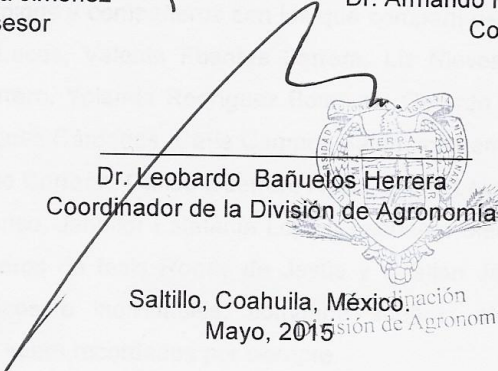
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Asesor Principal



Dr. Luis Ibarra Jiménez  
Coasesor



Dr. Armando Hernández Pérez  
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México, División de Agronomía  
Mayo, 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, tengo que agradecer a Dios por darme la vida, una familia y amigos, por siempre cuidar de mí, por ser mi guía, mi amigo y por darme fuerzas para salir adelante.

Soy amablemente agradecida con mis padres y hermanos que me brindaron tanto su apoyo moral y económicamente para seguir estudiando y lograr mi objetivo trazado.

A mi alma mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de prepararme profesionalmente, por todas las experiencias adquiridas en esta etapa de mi vida.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar; por su confianza, dedicación, paciencia y motivación, por compartir sus conocimientos que han sido fundamentales para mi formación y por el apoyo para la realización de esta investigación.

Al Dr. Armando Hernández Pérez, agradezco sinceramente su apoyo, sus conocimientos, paciencia, sugerencias y asesoría durante el trabajo de campo e investigación.

Al Dr. Luis Ibarra Jiménez, por la confianza y apoyo durante esta investigación.

A todos mis amigos y compañeros con los que compartí esta etapa de mi vida, Claudia Irais Lucas, Valente Fuentes Farrera, Liz Nieves Díaz, Ana Zeltzin Gutiérrez Guerrero, Yolanda Rodríguez Bosques, Gerardo Regalado Guevara, Leonardo Vázquez Cárdenas, Carla Campos Balón, los hermanos Miguel Ángel y Julio Manzano Carreón, Carlos Guerrero Ayala, Paola Leija Martínez, Eduardo Hernández Alonso, Jennifer Estefanía López, Leonardo Medina, Daniela Adán, a mis compañeros de tesis Ronay de Jesús y Cristian Jasso, nos tocó vivir momentos únicos e inolvidables, compartir sueños, alegrías y tristezas, momentos que serán recordados por siempre.

## DEDICATORIAS

Con cariño para mis padres:

Pablo Juan Lucas Rojas y Martimiana Ruiz Bautista. Por ser mi inspiración y mi aliento cada vez que me faltaban fuerzas para seguir adelante, porque a cada paso que daba ellos estaban atrás de mí, con todo su amor y apoyo incondicional y por ello estaré eternamente agradecida.

A mis hermanos:

Claudia Iraís Lucas Ruiz, quien ha sido mi amiga y compañera en estos años de estudio, por ser un ejemplo a seguir como persona. Admiro tu fortaleza y la sonrisa con la que vives la vida. Cristal Lucas Ruiz, quien hace que vea la vida de colores con su locura, para Olga Judith Lucas Ruiz y Cosme Gabriel Lucas Ruiz, los mejores hermanos del mundo.

A la familia Lucas Ruiz.

## RESUMEN

En el cultivo de melón ya es bien conocido el uso de acolchados plásticos para favorecer un rápido crecimiento y un incremento en la producción. Sin embargo, el manejo nutricional adecuado bajo estos sistemas de producción hay poca información, ya que la producción es mayor en condiciones de acolchado plástico por lo que es posible que deba incrementarse la dosis y la frecuencia de aplicación de fertilizantes para alcanzar los más altos rendimientos. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de los colores de acolchado plástico y las concentraciones de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en el crecimiento de las plantas de melón. Se evaluaron dos colores de acolchado plástico: negro y azul, más un testigo (suelo sin acolchar) y dos concentraciones de  $\text{NO}_3^-$ : 1250 ppm y 800 ppm. Se evaluaron algunas variables fisiológicas a los 55 días después del trasplante, rendimiento, materia seca de la parte aérea de la planta y la concentración de nutrimentos como nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca) en el tejido vegetal aéreo. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con un arreglo factorial 3 x 2 con tres repeticiones. Los resultados indican que el mejor acolchado fue el negro, pues es el que más incrementó la transpiración, el peso seco, el rendimiento y el contenido de N, K, Ca en los tejidos de las plantas. La fertilización con dosis alta de  $\text{NO}_3^-$  aumentó la fotosíntesis y transpiración, también incrementó el rendimiento, peso seco el contenido de N y Ca, mientras que en la dosis baja de  $\text{NO}_3^-$  se observó mayor contenido y concentración de K. Sin embargo, las plantas desarrolladas en acolchado azul y la dosis baja de  $\text{NO}_3^-$ , mostraron un aumento en la fotosíntesis y la transpiración. El incremento logrado por los acolchados de color negro y el aumento en la dosis de  $\text{NO}_3^-$  fue aún más acentuado cuando se combinaron ambos factores.

Palabras clave: melón, acolchados, fertilización, contenido nutrimental, concentración de nutrimentos.

Correo electrónico: Mónica alik Lucas Ruiz, [moni\\_lu1@hotmail.com](mailto:moni_lu1@hotmail.com)

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. JUSTIFICACIÓN</b> .....	3
<b>III.OBJETIVOS</b> .....	4
Objetivo general.....	4
Objetivo específico.....	4
<b>IV. HIPOTESIS</b> .....	5
<b>V. REVISION DE LITERATURA</b> .....	6
Importancia del cultivo de melón en México.....	6
Áreas de producción en México.....	6
Rendimientos por hectárea.....	7
Importancia económica.....	8
Acolchado del suelo.....	9
Ventajas y desventajas del uso de acolchados plásticos.....	10
Películas fotoselectivas.....	13
Efecto de la temperatura en el suelo.....	14
Efecto del crecimiento de las plantas.....	15
Acolchados en Melón.....	16
Nutrición y fertirriego.....	17
Nutrición.....	17

Efecto de la nutrición sobre las plantas.....	18
Fertirriego.....	19
Fórmulas que se aplican para el cultivo de melón.....	20
Curvas de extracción.....	21
Determinación de los niveles de fertilidad en base a la extracción de la solución del suelo con chupatubos.....	22
Efecto de la nutrición y el acolchado sobre la fisiología de las plantas.....	23
Fotosíntesis.....	23
Transpiración.....	26
Conductancia estomática.....	27
<b>VI. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>29</b>
Localización del experimento.....	29
Material vegetal.....	29
Tratamientos.....	29
Establecimiento del experimento.....	30
Labores culturales.....	30
Variables evaluadas.....	32
Diseño experimental.....	33
<b>VII. RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>
Conductancia estomática.....	34
Rendimiento.....	34
Fotosíntesis.....	34
Traspiración.....	34
Peso seco.....	35
Contenido y concentración nutrimental.....	37
<b>VIII. DISCUSIÓN.....</b>	<b>43</b>
<b>IX. CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>X. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Página

<b>Cuadro 1.</b> Sugerencia de fertilización en melón por medio de riego presurizado en la región de Hermosillo, Sonora (Grajeda, 1999).....	21
<b>Cuadro 2.</b> Fertilizantes utilizados en la fertilización del cultivo de melón cv. F1 Cruiser.....	31
<b>Cuadro 3.</b> Efecto de los acolchados plásticos y la fertilización nitrogenada sobre algunas variables fisiológicas, rendimiento y materia seca en plantas de melón cv. F1 cruiser.....	35
<b>Cuadro 4.</b> Efecto de los acolchados plásticos y la fertilización nitrogenada sobre el contenido y la concentración de algunos macronutrientes en plantas de melón cv. F1 Cruiser.....	38



## ÍNDICE DE FIGURAS

## Página

<b>Figura 1.</b>	Curva de crecimiento de melón (Rincón <i>et al.</i> , 1998).....	30
<b>Figura 2.</b>	Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de $\text{NO}_3^-$ sobre la actividad fotosintética en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.....	36
<b>Figura 3.</b>	Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de $\text{NO}_3^-$ sobre transpiración en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.....	36
<b>Figura 4.</b>	Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de $\text{NO}_3^-$ sobre el peso seco en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.....	37
<b>Figura 5.</b>	Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de $\text{NO}_3^-$ sobre la concentración de K (ppm) en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.....	39
<b>Figura 6.</b>	Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de $\text{NO}_3^-$ sobre el contenido de K ( $\text{mmol planta}^{-1}$ ) en	

plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.....	40
<b>Figura 7.</b> Efecto de la concentración de N en el tejido de la plantas de melón cv. F1 Cruiser sobre la transpiración.....	41
<b>Figura 8.</b> Efecto de la concentración de K en el tejido de la plantas de melón cv. F1 Cruiser sobre la conductancia estomática	41
<b>Figura 9.</b> Efecto de la concentración de Ca en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser sobre la acumulación de materia seca.....	42

## I. INTRODUCCIÓN

El melón es un fruto altamente conocido y demandado por los países desarrollados. Se ubica dentro de las principales frutas producidas, después de la naranja, el plátano y las uvas de mesa. En los últimos años, se ha incrementado su consumo gracias al auge de las ventas de productos precortados y listos para consumir, sistema para el cual es apto el melón (Torres y Miquel, 2003).

Su producción mundial alcanzó 25,000 millones de toneladas, siendo China el líder indiscutible pues representó el 45 % de la producción mundial. México ocupa el noveno lugar con un volumen de producción de 574,976 toneladas y el sexto lugar en cuanto a exportación con 146,437 toneladas (FAO, 2012). Las mayores áreas de producción se encuentran en los estados de Coahuila, con la mayor producción a nivel Nacional, le siguen Michoacán, Sonora, Guerrero, Durango, Chihuahua, Oaxaca y Colima (SIAP, 2014). Ocupa el octavo lugar en importancia entre las hortalizas que se cultivan en México (Acosta *et al.*, 2010).

En el cultivo de melón es ya bien conocido el uso de acolchados plásticos para favorecer un rápido crecimiento y un incremento en la producción (Gabriel *et al.*, 1994; Lamont *et al.*, 1993). El acolchado, se refiere a esa condición en la que el suelo alrededor del tallo de una planta está cubierta de todos los lados, de tal manera que la humedad adecuada para el crecimiento se conserva, las malas hierbas no crecen e incluso la temperatura normal necesaria se mantiene alrededor de la planta (Jat *et al.*, 2014), todo esto se traduce en múltiples ventajas para los productores.

El aumento en la temperatura de la zona radicular es uno de los principales beneficios asociadas al uso de coberturas de plástico. El aumento de la temperatura del suelo promueve un rápido desarrollo del cultivo y cosechas anteriores; investigadores han demostrado un adelanto de las

cosechas de (siete a 14 días y hasta 21 días) y el aumento de los rendimientos (normalmente dos a tres veces mayor que la de los suelos sin acolchado) (Lament, 1993).

La fertilización es una de las prácticas agrícolas que tiene mayor impacto en el rendimiento y calidad del melón. Usualmente, se considera a la fertilización del melón como una herramienta para maximizar la producción. El nitrógeno N es uno de los nutrientes que tiene mayor impacto en el crecimiento y desarrollo del melón. El suministro adecuado de N es esencial para el crecimiento óptimo de la planta debido a que es un elemento imprescindible para la formación de órganos vegetativos (Molina, 2006).

Por lo general, la nutrición se suministra con las mismas dosis que se aplican en suelos sin acolchado. Sin embargo, ya que la producción es mayor en condiciones de acolchado plástico se debe incrementar la dosis y la frecuencia de aplicación de fertilizantes, especialmente de N dada la alta extracción de este nutrimento por parte de las plantas, para alcanzar los más altos rendimientos. Por lo que es necesario generar información que nos permita saber cómo manejar la nutrición en estas condiciones, puesto que las plantas se están desarrollando más rápidamente. Al respecto no existe mucha información disponible, actualmente ya se está empezando a realizar este tipo de estudios. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de diferentes colores de acolchados plásticos y diferentes dosis de fertilización nitrogenada en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en el cultivo de melón.

## II. JUSTIFICACIÓN

La nutrición en cultivos con acolchados plásticos se suministra de manera tradicional con las mismas dosis que se aplican en suelos sin acolchado. Sin embargo, puesto que se espera que la producción sea mayor en condiciones de acolchado plástico es posible que deba incrementarse la dosis y la frecuencia de aplicación de fertilizantes, para alcanzar los más altos rendimientos. Por lo anterior, es necesario generar información que nos permita saber cómo manejar la nutrición en estas condiciones, puesto que las plantas se están desarrollando más rápidamente.

### III. OBJETIVOS

#### **Objetivo general**

El objetivo del presente estudio fue evaluar la interacción de dos colores de acolchado plástico y dos concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y su influencia sobre aspectos fisiológicos, rendimiento, materia seca y concentración de nutrimentos en el cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) cv. F1 Cruiser.

#### **Objetivo específico**

Determinar el efecto del color del plástico para acolchado en el crecimiento, rendimiento y estado fisiológico del melón.

Determinar el efecto de la concentración de  $\text{NO}_3^-$  en la solución en las respuestas del melón al acolchado plástico.

Definir la interacción entre el acolchado plástico con la dosis de  $\text{NO}_3^-$  en el cultivo del melón.

#### **IV. HIPOTESIS**

Los diferentes colores de acolchado y las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  afectaran el crecimiento de las plantas de melón cv. F1 Cruiser.

## V. REVISION DE LITERATURA

### Importancia del cultivo de melón en México

#### Áreas de producción en México

El melón es un cultivo que requiere calor para desarrollarse y producir (Zapata *et al.*,1989). Ya que el melón mexicano es capaz de soportar altas temperaturas, se ha convertido en una excelente alternativa de cultivo para las zonas de calor excesivo (Sistema Producto Nacional Melón, 2012).

En los estados con esta característica, la agricultura del melón ha logrado desarrollarse ampliamente, encontrándose las mayores áreas de producción en los estados de Coahuila, con la mayor producción a nivel Nacional, le siguen Michoacán, Sonora, Guerrero, Durango, Chihuahua, Oaxaca y Colima (SIAP, 2014).

La principal región melonera del país en términos de superficie y producción se ubican en la Comarca Lagunera, que comprende parte de los estados de Coahuila y Durango, con una superficie aproximada de 5, 840 ha<sup>-1</sup> con un rendimiento promedio de 29.45 t ha<sup>-1</sup>, según cifras del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2011) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Michoacán es el segundo mayor productor de melón del país, en una superficie sembrada de 3, 286 ha<sup>-1</sup>, las cuales se reflejan en un valor de producción de 384 millones 760 mil 870 pesos. En el año 2013 el municipio de Huetamo, logró posicionarse como el municipio número uno de México en generación de este fruto, con una producción de 75, 504 toneladas, lo cual representa casi el 76 % de la producción total del estado (SEDRU, 2013).

Con los adelantos tecnológicos se han definido los óptimos de producción y de calidad en las diferentes regiones, teniéndose que de la superficie total en México el 52 % se cosecha en el ciclo Otoño-Invierno (O-I) y



el 48 % en el ciclo Primavera-Verano (P-V). La cosecha del ciclo O-I se obtiene de Diciembre a principios de Mayo en los estados de la Costa del Pacífico (principalmente Colima, Nayarit y Jalisco) y Sur del País (principalmente Michoacán y Guerrero). La de P-V de mediados de Mayo hasta principios de Noviembre en la Región Norte-Centro de México, principalmente Coahuila, Durango y Chihuahua. Por otro lado, el 85 % de la producción se obtiene bajo condiciones de riego y el 15 % bajo temporal (Espinoza *et al.*, 2011).

La demanda nacional es abastecida en gran medida por la Comarca Lagunera, que aparece en el mercado durante el ciclo P-V, pues la mayoría de las regiones productoras se dedican principalmente al O-I, que es el de mayor venta al extranjero, y que envían al interior del país solamente aquellos saldos que no lograron colocar en otro país (SAGARPA, 2010).

Otras entidades como Guerrero con 2, 987 ha<sup>-1</sup> le siguen Sonora con 2, 948 ha<sup>-1</sup>, Durango con 2, 002 ha<sup>-1</sup>, Oaxaca con 1, 370 ha<sup>-1</sup>, Chihuahua con 1, 127 y Nayarit con 485 ha<sup>-1</sup> también participan en la producción de este cultivo. En la actualidad la superficie sembrada de este cultivo es de alrededor de 19, 955.94 ha<sup>-1</sup> en todo el país. La producción nacional promedio fue de 574, 976 toneladas anuales, por el volumen de producción en 2013 (SIAP, 2014).

### **Rendimientos por hectárea**

Algunas de las regiones productoras han logrado tal nivel de especialización, que obtienen rendimientos más altos que los que logran países que tradicionalmente producen y exportan mayores volúmenes. De hecho, los cinco principales estados productores de México tienen rendimientos superiores a ese promedio (35 t ha<sup>-1</sup>) (SISTEMA NACIONAL PRODUCTO MELON, 2012).

Los estados de Colima y Chihuahua presenta los más altos rendimientos, alrededor de 35 t ha<sup>-1</sup>, después se encuentra Sonora, Michoacán, Coahuila y Durango, con rendimientos de 34 t ha<sup>-1</sup>, 32 t ha<sup>-1</sup>, 31 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (SIAP, 2014).

## **Importancia económica**

El melón es un fruto de amplio consumo cuya demanda se incrementa en época de calor. En los últimos años, se ha aumentado su consumo gracias al auge de las ventas de productos precortados y listos para consumir, sistema para el cual es apto el melón (Torres y Miquel, 2003).

A nivel mundial, México se encuentra dentro de los principales países productores de melón, ocupando el noveno lugar con un volumen de producción de 574, 976 toneladas y el sexto lugar en cuanto a exportación con 146, 437 toneladas (FAOSTAT, 2012).

Es una de las hortalizas de mayor importancia, ocupa el octavo lugar en importancia entre las hortalizas que se cultivan en México y el tercer lugar entre la familia de las cucurbitáceas en cuanto a la superficie cosechada (después de calabaza y sandía) (Acosta *et al.*, 2010).

Durante los últimos 75 años, el melón mexicano ha mantenido su participación en el mercado internacional por su calidad. Además de la derrama económica que representa en las zonas de cultivo, resultado de la mano de obra requerida para su manejo, empaque y comercialización (Sistema Producto Nacional Melón, 2012).

El melón ha sido por tradición una fuente de divisas y empleo rural. Aproximadamente el 10 % de los costos de producción se derivan de la mano de obra. Se considera que se ocupa una cantidad de jornales similar para los procesos de embalaje, empaque y comercialización.

Nuestro país, ofrece una de las ventajas competitivas ya que la cosecha se lleva a cabo en la época en la que otros países competidores están fuera del mercado por su ubicación geográfica (Sistema Producto Nacional Melón, 2012).

## **Acolchado del suelo**

En los últimos 50 años, el uso de materiales plásticos en las actividades agrícolas inició una modificación profunda en la tecnificación de la producción de frutas, hortalizas y plantas ornamentales (Cenobio *et al.*, 2004)

Uno de los papeles importantes de los plásticos en la horticultura, ha sido la utilización de películas plásticas para acolchado de suelos. El acolchado, principalmente, se refiere a esa condición en la que el suelo alrededor del tallo de una planta está cubierta de todos los lados, de tal manera que la humedad adecuada para el crecimiento se conserva, las malas hierbas no crecen e incluso la temperatura normal necesaria se mantiene alrededor de la planta (Jat *et al.*, 2014).

El polietileno es el principal tipo de plástico utilizado en la actualidad para el acolchado, debido a que es fácil de procesar, tiene excelente resistencia física y química, alta durabilidad, flexibilidad y es inodoro en comparación con otros polímeros (Zribi *et al.*, 2011). Los materiales más comúnmente utilizados para esta aplicación son el polietileno de baja densidad lineal (PEBDL) y el polietileno de baja densidad (PEBD). La utilización mayoritaria del polietileno de baja densidad lineal para acolchado radica en sus mejores propiedades mecánicas, permitiendo reducir el espesor de la película, lo que supone una menor cantidad de kg/m<sup>2</sup> y en definitiva menor precio por unidad de superficie (López y Losada, 2006).

Esta tecnología se estudia para incrementar la eficiencia de los cultivos en el uso de los insumos de producción, como nutrientes, agua de riego y agroquímicos principalmente, con el fin de maximizar rendimientos, calidad del fruto y precocidad a la cosecha (Fan *et al.*, 2005).

El uso de materiales plásticos para el acolchado de suelos es una práctica ampliamente utilizada para la producción de hortalizas de alto valor económico. Se emplea a campo abierto o bajo invernaderos y otras estructuras protectoras de cultivos. Las principales hortalizas que se cultivan bajo este

sistema son el chile (*Capsicum annuum* L), melón (*Cucumis melo* L), berenjena (*Solanum melongena* L), pepino (*Cucumis sativus* L), la calabaza (*Cucurbita pepo* L), tomate (*Solanum lycopersicum* L), y sandía (*Citrullus lanatus* L) (Ngouajio *et al.*, 2008).

### **Ventajas y desventajas del uso de acolchados plásticos**

Entre las principales ventajas de los acolchados están:

**Ahorro de agua en el suelo.** La película de plástico es una barrera que impide la evaporación del agua del suelo y canaliza el exceso de lluvia lejos de la zona de la raíz lo que mantiene el régimen de humedad en la zona radicular en niveles más estables. Esto puede reducir la demanda de riego y ayudar a prevenir desordenes fisiológicos asociados a los nutrientes, tales como la pudrición apical (McCraw y Motes, 1991). Zhang *et al.* (2008), mencionan que el acolchado aumenta significativamente la humedad del suelo en la capa superficial (0 - 5 cm) en comparación con el suelo desnudo. La economía del agua lograda por el acolchado plástico es sustancial, quedando el agua a disposición del cultivo que se beneficia de un suministro más constante y regular (Jia *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2009; Ramakrishna *et al.*, 2006;) y por consiguiente, gracias a la capacidad del acolchado, para ayudar en la retención de nutrientes dentro de la zona de la raíz, permite la utilización de nutrientes más eficiente por el cultivo (Cannington *et al.*, 1975).

En condiciones climáticas semiáridas la aplicación de acolchados de plástico puede ahorrar hasta un 50 % del agua de riego para obtener una producción equivalente a otra a un suelo sin acolchado (Pawar, 1990).

**Disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo.** Una de las mejores características de los acolchados es que estos ayudan a conservar la temperatura más adecuada del suelo, cuando se presentan variaciones del clima que afectan la temperatura exterior, de esta manera, el acolchado transparente puede ayudar a conservar la temperatura en las regiones de clima frío (García, 1996).

El acolchado de suelos amortigua los picos máximos y mínimos principalmente en los primeros 15 cm de profundidad (Leal, 2007). Esta amortiguación genera un mayor crecimiento radicular, especialmente en árboles jóvenes y en zonas con veranos muy cálidos (Lalitha *et al.*, 2001).

**Incremento en el rendimiento y la precocidad.** La investigación ha demostrado que el polietileno para acolchado mejora el desarrollo del cultivo e incrementa el rendimiento de varios cultivos, especialmente en climas fríos (Ibarra-Jiménez *et al.*, 2001).

En todos los campos que se cultivan con acolchados, el rendimiento se incrementado hasta en un 35 %, gracias a la mayor eficiencia que se obtiene en la relación del suelo, con el agua y los nutrientes (García, 1996). En cuanto a precocidad, el inicio de cosecha puede adelantarse de siete a 14 días, dependiendo de las condiciones del clima (McCraw y Motes, 2000).

El acolchado de suelo trae como consecuencia la mayor temperatura en la rizosfera y mayor conservación de la humedad en dicha zona (Quezada *et al.*, 1995), que permite tener plantas menos estresadas, con menor aborto de flores y mayor absorción de elementos nutritivos (Robledo *et al.*, 2004), y con más rendimiento de fruto y semilla (Díaz *et al.*, 2005).

En sandía *Citrullus Lanatus* (Thunb.), el acolchado plástico permitió superar el rendimiento medio regional en 150 % (Mendoza *et al.*, 2005), porque el incremento de la temperatura del suelo favoreció la producción y precocidad del cultivo, lo que coincide con lo señalado por Cenobio *et al.* (2004) también en sandía. Munguía *et al.* (2004) encontró en un cultivo de melón precocidad en el desarrollo del cultivo, Quezada *et al.* (2000) reportaron que los tratamientos con acolchado superaron al testigo en rendimiento de fruto de tomate y en pimiento (Ibarra-Jiménez *et al.*, 2004).

La utilización de acolchado plástico en combinación con el riego por goteo ha jugado un papel importante en el aumento de la producción de tomate,

pimiento, berenjena, sandía, melón, pepino y calabaza, entre otros vegetales. (Kasirajan y Ngouajio, 2012).

**Control de malezas.** El crecimiento de malezas bajo el acolchado depende del color del plástico, es decir de su transmisividad a la luz solar. El polietileno transparente posee una alta transmisión radiación solar fotosintéticamente activa, lo que favorece el crecimiento de malezas que compiten por agua y nutrientes con el cultivo y además le provocan daño mecánico por levantamiento del acolchado plástico. Sin embargo se puede evitar totalmente el crecimiento de malezas utilizando un filme que impida el paso de la luz, como es el de color negro, el aluminizado o algún coextruido bicolor en que una de sus caras sea de color negro. Aquellos filmes de colores, con valores intermedios de transmisividad, permitirán el desarrollo proporcional de malezas bajo el filme, a mayor paso de luz mayor cantidad de malezas (Alvarado y Castillo, 2003).

Desventajas de los acolchados plásticos

**Costes elevados de adquisición.** La instalación (transporte, maquinaria especializada y/o mano de obra) y eliminación (mano de obra y transporte) de los acolchados plásticos (Zribi *et al.*, 2011).

**El acolchado plástico puede inducir cambios térmicos del suelo negativos para las plantas.** Algunos estudios muestran que, dependiendo de la especie de cultivo, región geográfica, o época del año, las coberturas de plástico crean condiciones de alta temperatura de zona que pueden ser perjudiciales para el crecimiento y producción de hortalizas (Díaz y Batal 2002; Lamont, 2005). A veces, las coberturas de plástico negro puede crear temperaturas de suelo que son demasiado elevadas y esto le causan efectos nocivos en el crecimiento de la planta (Díaz *et al.*, 2000).

**Problemas medioambientales derivados de los restos plásticos no biodegradables.** Tal vez una limitación importante para usos comerciales de coberturas de plástico es la eliminación de la película de plástico después de su

uso, lo que provoca un problema de contaminación ambiental (Kasirajan y Ngouajio, 2012). La presencia de restos plásticos en el campo no sólo afecta al medio ambiente, sino que dificulta el establecimiento de determinados cultivos, como espinacas o guisantes, que no toleran restos que se mezclan fácilmente con la cosecha depreciando su valor. Otros inconvenientes son que los restos de plástico pueden obturar la sembradora (Gutiérrez *et al.*, 2003).

### **Películas fotoselectivas**

Resulta de gran interés en horticultura el manipular el espectro radiante que va a incidir sobre las plantas con el objetivo de aumentar su producción o de generar determinados efectos fisiológicos. La manipulación espectral en el entorno de crecimiento de las plantas puede ser conseguida mediante el empleo de plásticos con propiedades ópticas modificadas mediante el empleo de aditivos (Martín *et al.*, 2013).

En los últimos años se han desarrollado en el mercado, diferentes tipos de plástico para la agricultura desarrollados para alterar el espectro de radiación, unas veces filtrándola y en otros casos intensificando determinadas bandas de la misma. Son los plásticos conocidos como fotoselectivos, que se caracterizan por su capacidad para modificar el espectro de luz recibido (González *et al.*, 2001). El uso de polietilenos fotoselectivos es una nueva tecnología recientemente incorporada en nuestro país.

Además del uso en cubiertas de invernadero, los filmes fotoselectivos se utilizan como acolchado de suelo, bajo invernadero o en campo abierto. Actualmente se utilizan diferentes tipos de plástico para el acolchado de suelo, variando en cuanto a espesor y color (negro, gris, blanco, rojo, azul, verde, marrón, metalizado, transparente, café, entre otros), los cuales, además de tener los efectos benéficos básicos de un acolchado, también modifican la cantidad y longitud de onda de la radiación reflejada, ajustando el crecimiento y desarrollo de las plantas (Kasperbauer, 1999; Quezada- Martín *et al.*, 2011).

Por ejemplo, los acolchados selectivos de longitud de onda, transmiten de forma selectiva la radiación en algunas regiones del espectro electromagnético, pero no en otros (Loy *et al.*, 1989). Estos acolchados absorben la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y transmiten la radiación infrarroja solar, proporcionando una transacción entre acolchado negro y claro. Los acolchados de transmisión infrarroja (IRT) ofrecen el control de malezas que el acolchado negro, pero son intermedios en términos de aumento de la temperatura del suelo entre acolchado negro y claro. El color de estos acolchados puede ser de color azul, verde o marrón (Lament, 1993).

El acolchado blanco puede aumentar la intensidad luminosa en el vegetal por absorción UV. Decoteau *et al.* (1989) reportaron que el blanco refleja 62 % del espectro total de la radiación visible que en radiación fotosintéticamente activa es seis veces mayor que la del acolchado negro.

De acuerdo a Saieh (2003), el acolchado coextruido blanco/negro posee una baja transmisividad, menor al 10 % y alta capacidad de reflexión de la radiación fotosintética activa (RFA) con valores que van entre 37,1 % y 45,5 %.

El acolchado rojo se utiliza para mejorar el sabor en frutos blandos. También se ha constatado que el acolchado de color plata refleja a lo largo de las regiones UV cercano, visible e IR-cercano, y, por ejemplo, es utilizado en Francia para mejorar la calidad de la uva (Espí y García, 2008).

Los acolchados rojo, azul, naranja, verde, o amarillo, reflejan diferentes patrones de radiación en el follaje de la planta de un cultivo como el tomate, lo que afecta la fotosíntesis y / o la morfogénesis de la planta, y pueden aumentar primeros rendimientos, como fue el caso con acolchado rojo (Decoteau *et al.*, 1988).

### **Efecto de la temperatura en el suelo**

El acolchado plástico se comporta como un filtro de doble efecto, acumulando calor en el suelo durante el día por el efecto invernadero y



perdiendo parte del mismo durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire (Zribi *et al.*, 2011).

La temperatura del suelo puede ser alterada en regiones de temperaturas sustancialmente altos o bajos, para estimular el desarrollo de la planta más rápido. Por ejemplo, el uso de acolchados plásticos claros en zonas o estaciones frías aumenta la temperatura del suelo por lo que el uso de estas coberturas es particularmente beneficioso en situaciones donde los cultivos de hortalizas de temporada cálida se cultivan en lugares con una estación de crecimiento corta y fría (Waterer, 2010).

Las temperaturas más altas del suelo aumentan la disponibilidad de nutrientes, mejorar la absorción de nutrientes por las raíces, aumentan el número y la actividad de los microorganismos del suelo, y la velocidad de germinación de las plantas y el crecimiento (Farías *et al.*, 1998). Cuando el follaje del cultivo cubre la superficie de la cama acolchado, la temperatura del suelo entre los diferentes colores de acolchado son aproximadamente iguales (Lamont, 2004).

La mayoría de los informes sobre coberturas de plástico muestran que el aumento de temperatura de zona radicular es uno de los principales beneficios asociados con el uso de acolchados plásticos. Diferentes tipos y colores de acolchado plástico tienen propiedades o características ópticas que cambian los niveles de radiación de luz que llegan al suelo, causando aumentos o disminuciones en la temperatura del suelo (Kasirajan y Ngouajio, 2012).

### **Efecto del crecimiento de las plantas**

El uso de acolchados de polietileno en los cultivos hortícolas genera importantes modificaciones en el ambiente físico donde se cultivan las plantas, cuya intensidad depende del tipo de polietileno (Alvarado y Castillo, 2003). Sobre este tema, López y Losada (2006) mencionan que el uso de acolchados modifica el medio de cultivo afectando su desarrollo.

Las modificaciones microambientales inducidas por el plástico se refieren a los cambios en la cantidad y distribución de la humedad en el suelo (Sanders *et al.*, 1986), mayor concentración del CO<sub>2</sub> en el dosel vegetal (Benavides *et al.*, 1998), mayor disposición de radiación PAR útil para la planta al funcionar el plástico como material reflejante (Quero *et al.*, 1993), aumento o disminución en la temperatura del suelo, normalmente en el perfil 0-30 cm (Taber, 1983; Hanna *et al.*, 1997; Tarara, 2000), de acuerdo a si el material plástico funciona como absorbente o reflejante de radiación así como a su capacidad para retener la radiación infrarroja de onda larga.

Los cambios en el microambiente de la planta y del suelo provocados por el uso de acolchados permiten lograr un crecimiento y desarrollo del cultivo más acelerado y por consecuencia tener mayores ventajas que aquellos manejados en forma tradicional (Decoteau *et al.*, 1988).

Salisbury y Ross (1994) indican que la temperatura del suelo es uno de los principales factores que se ven modificados por la acción directa del acolchado plástico, y del calor almacenado en el suelo dependerá la velocidad de los procesos fisiológicos más importantes para las plantas, como son: la absorción del agua, translocación de los nutrimentos, respiración y producción de sustancias hormonales del crecimiento y desarrollo.

### **Acolchados en Melón**

Es bien conocido el uso de acolchados plásticos para favorecer un rápido crecimiento y un incremento en la producción de melón (Gabriel *et al.*, 1994; Lamont *et al.*, 1993).

En el caso de la Comarca Lagunera, los acolchados más utilizados son los negros. Los productores para obtener ventajas de mercado utilizan el acolchado como una alternativa tecnológica para obtener su cosecha lo más “temprano” posible. Con el uso de acolchados, el inicio de cosecha puede adelantarse de siete a 14 días, dependiendo de las condiciones del clima. Al

analizar desde el punto de vista de la precocidad que se genera con la utilización de acolchados y comparar con el sistema tradicional, es decir, sin la utilización de acolchados o a suelo desnudo se observó un adelanto de la cosecha del melón en suelo bajo acolchado plástico que se inició a partir de la segunda semana de mayo, mientras que en el sistema tradicional (suelo desnudo) se inició tres semanas después, incrementándose significativamente el precio de venta del melón temprano (Espinoza *et al.*, 2003).

Munguía *et al.* (2004) encontraron en un cultivo de melón bajo acolchado plástico que la resistencia estomática, la temperatura del suelo y la temperatura del dosel vegetal fueron mayores que en suelo desnudo. La radiación neta y el flujo de calor latente y sensible fueron también mayores en el suelo bajo plástico, lo que produjo precocidad en el desarrollo de los frutos de melón.

Las respuestas del melón en el acolchado verde o azul fuerte incrementaron un promedio de 35 % en la producción comercial de frutas sobre un periodo de tres años en comparación con el plástico negro (Orzolek, 1993).

Pacheco *et al.* (2011) estudiaron el rendimiento de melón, evaluando cuatro niveles de colores de acolchado: negro, gris, azul y sin acolchar, encontrando que los tratamientos con acolchado gris presentaron un rendimiento superior a los demás colores de acolchado con un rendimiento medio de 49.7 t ha<sup>-1</sup> mientras que los rendimientos para los tratamientos sin acolchar resultaron ser inferiores (37.1 t ha<sup>-1</sup>).

## **Nutrición y fertirriego**

### **Nutrición**

Las plantas necesitan oxígeno (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua, nutrientes, luz y tiempo para crecer (Sierra *et al.*, 2007). Todas las plantas necesitan 16 elementos para un desarrollo vegetativo y reproductivo normal. Estos elementos son esenciales porque: 1) las plantas no pueden completar su ciclo de vida sin ellos, 2) los síntomas de deficiencia aparecen cuando el

elemento no está presente y desaparecen con la aplicación del mismo y 3) cada elemento tiene por lo menos un rol metabólico en la planta (Arnon y Scout, 1939).

Estos minerales sirven en numerosas funciones: como componentes estructurales de macromoléculas, como cofactores en las reacciones enzimáticas, como solutos osmóticos necesarios para mantener el potencial de agua adecuado, o como especies ionizadas para proporcionar equilibrio de carga en los compartimentos celulares.

Los minerales se pueden dividir en dos clases, basadas en las cantidades relativas necesarios para el crecimiento de la planta. Los macronutrientes incluyen nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P) y azufre (S); éstos se encuentran generalmente en las plantas a concentraciones mayores de 0,1 % de peso de tejido seco. Los micronutrientes actualmente reconocidos incluyen hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), boro (B), cloro (Cl), molibdeno (Mo) y níquel (Ni); Estos generalmente se encuentran en concentraciones de menos de 0,01 % de peso de tejido seco. Estos 14 minerales, junto con los elementos carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), son ampliamente aceptadas como esenciales para el crecimiento de todas las plantas (Grusak, 2001).

El manejo eficiente de la nutrición de los cultivos es un desafío planteado para mantener o incrementar su productividad, satisfaciendo la demanda de alimentos e incrementando la calidad de los recursos suelo y agua (FAO, 1998).

### **Efecto de la nutrición sobre las plantas**

Los nutrientes constituyen la materia prima básica para cualquier actividad en el interior de las plantas, y para todas sus funciones y procesos durante la vida de las plantas.

Los nutrientes tienen que ser absorbidos, translocados y asimilados al metabolismo de la planta para poder cumplir con las acciones específicas que

corresponden a cada uno de estos, en las funciones y procesos del metabolismo vegetal (Yáñez, 2002).

La función de los nutrimentos en las plantas es formar parte de los compuestos esenciales o bien activar la formación de estos. Una deficiencia de nutrimentos esenciales puede ocasionar un deterioro del cultivo o la muerte del mismo (Chávez *et al.*, 2002).

El K mejora el tamaño y la calidad de los frutos y hortalizas y aumenta la resistencia de las plantas al invierno (Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 1995). El P se puede considerar como un factor de calidad: favorece todos los procesos relacionados con la fecundación, la fructificación y la maduración. Una planta bien provista de N adquiere un color verde oscuro debido a la abundancia de clorofila; la brotación se adelanta y se produce un gran desarrollo de hojas y tallos, lo que su vez incrementa la actividad fotosintética. Por ello el N es el principal factor que determina los rendimientos cuantitativos (Pizarro, 1996). Demasiado N da lugar a un exceso de vegetación: la planta tarda en madurar, los frutos pierden calidad y los tejidos permanecen verdes y tiernos más tiempo, con lo que aumenta la sensibilidad a las enfermedades y a las bajas temperaturas (Burgueño, 1996).

### **Fertirriego**

El agua juega un rol central en el manejo de nutrientes, ya que actúa como solvente y es la encargada del movimiento de nutrientes en la zona radicular y bajo ella. Por esta razón, los programas de irrigación y fertilización están estrechamente relacionados. El manejo óptimo de un programa requiere el manejo apropiado del otro (Sierra *et al.*, 2007).

La práctica de aplicar fertilizantes a los cultivos por vía del agua de riego se llama fertirrigación o fertirriego (Bar-Yosef, 1992). La fertirrigación es una moderna técnica agrícola que provee la excelente oportunidad de maximizar los rendimientos y a la vez reducir la polución ambiental (Hagin *et al.*, 2002), al

incrementar la eficiencia de uso de los fertilizantes, minimizar la aplicación de éstos y aumentar los beneficios económicos de la inversión en fertilizantes. En la fertirrigación, el momento, las cantidades y la concentración de los fertilizantes aplicados son fácilmente controlados.

El fertirriego permite aplicar los nutrientes en forma exacta y uniforme solamente al volumen radicular humedecido, donde están concentradas las raíces activas. Para programar correctamente el fertirriego se deben conocer la demanda de nutrientes en las diferentes etapas fenológicas del ciclo del cultivo. La curva óptima de consumo de nutrientes define la tasa de aplicación los nutrientes, evitando así posibles deficiencias o consumo de lujo.

Las recomendaciones del régimen de fertirriego para los diferentes cultivos están basadas en la etapa fisiológica, tipo de suelo, clima, variedades y otros factores agrotécnicos. Especial atención debe prestarse al pH, la relación  $\text{NO}_3/\text{NH}_4$ , la movilidad de los nutrientes en el suelo y la acumulación de sales.

El abastecimiento de nutrientes a los cultivos de acuerdo a la etapa fisiológica, considerando las características climáticas y del suelo, resulta en altos rendimientos y excelente calidad de los cultivos (International Potash Institute, 1999).

### **Fórmulas que se aplican para el cultivo de melón**

Considerando que las necesidades de aplicación de fertilizante en un suelo depende del pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido residual de nutrimentos debido a cultivos previos y la fertilidad propia inherente del suelo, es necesario el definir los requerimientos de fertilizante para cada parcela. El cultivo de melón tiende a desarrollar sistemas radicales que exploran muy eficientemente el suelo para obtener agua y nutrimentos. Por ello, los requerimientos de fertilizantes son moderados en comparación con muchos otros cultivos hortícolas. Se recomienda analizar el suelo y la planta para programar la fertilización (Chávez *et al.*, 2002).

Se sugiere aplicar la fórmula 200-150-150, la cual puede variar según la información que se derive del análisis de suelo. En zonas de riego se debe aplicar la mitad del N, P y K al momento de la preparación de las camas y cubrir el fertilizante con tierra para evitar pérdida de N; el resto del fertilizante debe aplicarse entre los 45 a 50 días después de la siembra (SENASICA, 2010).

La introducción de nutrimentos a través del sistema de riego presurizado permite dosificar más apropiadamente la cantidad de nutrimentos en base a los requerimientos de las etapas del cultivo. Normalmente el P en estos sistemas de riego puede ser aplicado como ácido fosfórico. El N y el K, pueden ser altamente solubles, pueden aplicarse de manera fraccionada. En la Región de Hermosillo, Sonora, se sugieren las dosis mostradas en el Cuadro 1 (Grajeda, 1999). También es posible suministrar micronutrimentos mediante el sistema de riego, utilizando fuentes que sean altamente solubles para evitar problemas de taponamiento de los goteros.

**Cuadro 1.** Sugerencia de fertilización en melón por medio de riego presurizado en la región de Hermosillo, Sonora (Grajeda, 1999).

Etapas de desarrollo del cultivo	Nitrógeno (kg/ha/día)	Potasio (K <sub>2</sub> O)
Trasplante- Primeras guías.	1.1.	0.9
Primeras guías- Floración Masculina	1.7	1.4
Floración masculina- Inicio amarre de fruto	2.2	1.8
Inicio amarre de fruto-Formación de red	1.7	1.4
Formación de red-Cosecha.	1.1	0.9

### **Curvas de extracción**

La nutrición mineral es uno de los factores que más contribuye para lograr elevado rendimiento y mejor calidad del producto, de forma que los nutrientes deben ser aplicados de acuerdo a las exigencias del cultivo, en las cantidades y épocas adecuadas (Coraspe, 2008). Los programas actuales de

fertilización deben basarse en la demanda nutrimental de los cultivos durante sus etapas fenológicas. La demanda de un nutriente por un cultivo está dada por su producción de biomasa y las concentraciones de nutrientes totales en los tejidos de la planta (Greenwordd, 1983). Las curvas de extracción de nutrientes determinan la cantidad de los mismos extraídos por una planta durante su ciclo de vida. Con esta información es posible conocer las épocas de mayor absorción de cada nutriente, y definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo. En este último se debe considerar tanto la cantidad de fertilizante como la fase fenológica apropiada para hacer las aplicaciones (Bertsch, 2003).

Disponer de información sobre absorción y extracción de nutrientes en hortalizas es esencial para la planificación del esquema de fertilización y la toma de decisiones en estos cultivos. La práctica de fertilización por los niveles de extracción de los cultivos, generalmente es la más utilizada, sólo busca reponer los nutrientes que son absorbidos y depositados en tejidos y órganos cosechales, y que por lo tanto no son reciclados debido a que no vuelven a ingresar al sistema suelo (Ciampitti y García, 2007).

### **Determinación de los niveles de fertilidad en base a la extracción de la solución del suelo con chupatubos**

La extracción de la solución del suelo (ESS) permite caracterizar la composición iónica de la misma. La extracción mediante extractores de succión es un método no destructivo tanto para la estructura del suelo como para el sistema radicular de las plantas y permite la obtención de muestras en condiciones de sub-saturación (Mendieta, 2011).

El uso de ESS no es un método reciente. Briggs y McCall (1904) fueron los primeros en proponer su uso para succionar el agua del suelo que realmente pudieran disponer las plantas. Ha sido empleada en la horticultura Almeriense (Cadahía, 1998), y en la actualidad, el uso de los ESS en horticultura tiene gran importancia dentro del campo de la nutrición como



alternativa a otros métodos de extracción de la solución nutritiva (Lao *et al.*, 1996).

La solución del suelo es aquella que se encuentra en contacto con las raíces de las plantas por períodos prolongados de tiempo. La solución extraída con sondas de succión es más concentrada en los iones Na, Ca y Mg y más pobre en K. Los nutrientes que se aplican al suelo no siempre llegan a las plantas, así que no se aplica lo que en realidad se está esperando en el programa de fertilización (Castellanos, 2008).

A partir de una calidad concreta de agua de riego aportamos los nutrientes necesarios para obtener una solución ideal, sin embargo, es preciso tener en cuenta posibles interacciones con el suelo, que modifican la solución nutritiva ideal (Mendieta, 2011).

El estudio de las soluciones de suelo permite establecer el índice de demanda de nutrientes básicos, de manera que su aporte en la solución fertilizante y el contenido en la solución de suelo a diferentes profundidades sugiere una tendencia de la demanda y disponibilidad de estos nutrientes y una idea bastante aproximada del índice de disponibilidad y de lixiviación de un determinado tipo de fertilizante (Alonso *et al.*, 2006).

Las sondas de succión son típicamente utilizadas para obtener muestras para la determinación de la concentración de nitratos, de la conductividad eléctrica de los niveles de salinidad en la solución de suelo (Gurdián, 2010).

## **Efecto de la nutrición y el acolchado sobre la fisiología de la planta**

### **Fotosíntesis**

Las plantas dependen de la luz como su fundamental fuente de energía, es un factor imprescindible para llevar adelante una serie de procesos fisiológicos en las plantas, siendo el más importante de todos la fotosíntesis (Caldari, 2007).

La fotosíntesis es la conversión de materia inorgánica en materia orgánica gracias a la energía que aporta la luz. En este proceso la energía luminosa se transforma en energía química estable, siendo el adenosín trifosfato (ATP) la primera molécula en la que queda almacenada esa energía química. Con posterioridad, el ATP se usa para sintetizar moléculas orgánicas de mayor estabilidad (Canul, 2013).

Los pigmentos vegetales involucrados en la fotosíntesis son las antocianinas (azul, hoja y púrpura en color), los carotenoides (naranjas y amarillos en color) que absorben 450-500 nm (azul y verde) y pueden cambiar energía con la clorofila para ayudar en la fotosíntesis; los fitocromos que absorben la luz roja (660 nm) y la luz roja extrema (730 nm) siendo responsables por la fotomorfogenesis y por las respuestas de fotoperiodismo. Las hojas absorben eficazmente la luz en las longitudes de onda de las regiones del azul (400–500 nm) y rojo (500–600 nm) del espectro de radiación solar. Los fitocromos, fotoreceptores de las plantas, tienen su máxima sensibilidad en las regiones del rojo (R) y rojo lejano (RL) del espectro. Baja relación R:RL causa una reducción en la proporción de fitocromos que están en la forma activa y esta reducción estimula la elongación del tallo. Alta relación R:RL favorece la fotosíntesis y, por tanto, mayor producción de azúcares y materia seca, estimulando el crecimiento. Las longitudes de onda que las plantas utilizan son llamadas de luz fotosintéticamente activa o PAR (400 a 700 nm, cerca de 45 al 50 % de la radiación global) (Caldari, 2007).

Si se mejora la eficiencia fotosintética del vegetal a través de la exposición de las plantas a una mayor radiación de longitud de onda que mejore su comportamiento y lo oriente hacia la producción de fruta, se podría obtener un mayor rendimiento con los mismos insumos (Patil *et al.*, 2001; Casierra y Rojas, 2009).

La manipulación espectral en el entorno de crecimiento de las plantas puede ser conseguida mediante el empleo de plásticos con propiedades ópticas modificadas mediante el empleo de aditivos. Así los revestimientos plásticos de

reflectancia se usan como acolchado reflector sobre el suelo de cultivo donde crecen las plantas (Martín *et al.*, 2013). Al funcionar el plástico como material reflejante hay mayor disposición de radiación PAR útil para la planta (Quero *et al.*, 1993).

En consideración a la respuesta fotosintética que ejerce la radiación reflejada por un acolchado plástico, debe tomarse en cuenta que el efecto positivo de la radiación extra reflejada hacia el dosel vegetal depende de la arquitectura del propio dosel y del estado nutricional e hídrico de la planta. Generalmente la parte superior de un dosel se encuentra bien iluminada, presentándose saturación con radiación PAR en las estructuras foliares. En cambio, en la parte baja del dosel la cantidad de radiación PAR llega a ser limitada a causa de que las hojas superiores absorben casi toda la radiación incidente de onda corta. Bajo esta situación de competencia interna por la luz en el dosel vegetal la radiación PAR extra reflejada por un acolchado será útil. Por otra parte si no existe restricción en la iluminación de la parte inferior del dosel, la radiación extra será de poca utilidad, y en ese caso el criterio de aplicación del plástico se orientaría hacia manejo de humedad y temperatura del suelo (Benavides *et al.*, 2000).

La radiación extra reflejada por un acolchado plástico será útil solo bajo una adecuada condición nutricional o hídrica. Este punto es importante ya que, bajo condiciones adecuadas de manejo, la respuesta de una planta a la cantidad extra de radiación y al balance espectral de la misma será predecible en cuanto a la actividad fotosintética (Benavides *et al.*, 2000).

El efecto de la temperatura del medio ambiente sobre la fotosíntesis depende de la especie, las condiciones ambientales en que ha crecido la planta y las condiciones ambientales imperantes durante el periodo del cultivo (Salisbury y Ross, 1994).

La temperatura del suelo juega un papel importante en la actividad fotosintética de la planta. La máxima actividad es obtenida a un grado definido de temperaturas (Zannon, 1990).

## **Transpiración**

La transpiración es un fenómeno que tiene como base el paso de agua del estado líquido a gaseoso, por lo que se requiere una fuente de energía, que es proporcionada por la radiación. Además, es necesario que haya una diferencia de presión de vapor (déficit de presión de vapor, DPV) entre la superficie evaporante y el aire que la rodea. El viento actúa mezclando las capas con mayor contenido de agua con otras de menor contenido, evitando de esta forma que las capas próximas a la superficie evaporante se sature, y por tanto se detenga el proceso de la transpiración (Fernández *et al.*, 2001).

El proceso de transpiración comprende la evaporación del agua desde las células superficiales en el interior de los espacios intercelulares y su difusión fuera del tejido vegetal principalmente a través de los estomas y en menor medida a través de la cutícula y las lenticelas. Las hojas pierden agua a través de sus estomas como una consecuencia de la actividad fotosintética de las células del mesófilo. El flujo de agua a través de la planta responde a dos ambientes distintos. Por un lado, el ambiente aéreo a que está expuesta la hoja y que puede ser definido en términos de radiación, temperatura, diferencia de presión de vapor, contenido de CO<sub>2</sub> y condición de la capa frontera. Por otro lado, las raíces comúnmente generan señales de estrés hídrico, las que sumadas a las señales en la conductividad hidráulica del xilema también controlan la pérdida de agua por la hoja (Sperry *et al.*, 1998).

La transpiración es el determinante principal del balance de energía de la hoja y del estado hídrico de la planta y, junto con el intercambio de CO<sub>2</sub>, determina la eficiencia del uso del agua (Pearcy *et al.*, 1991). Ésta juega un papel importante no solamente en el mantenimiento de la turgencia de los tejidos, sino también en la regulación de la temperatura de la hoja (Hatfield y Burke, 1991), y en el transporte y asimilación de nutrientes (Jolliet, 1993), determinando, por tanto, en gran medida el desarrollo de los cultivos y la formación de frutos.

La transpiración puede ayudar a la absorción de un mineral desde el suelo y transportarlo dentro de la planta. Los minerales absorbidos por las raíces se mueven en dirección del flujo transpiracional a través del xilema. En condiciones de alta transpiración, se producen condiciones de flujo de masa dentro del xilema. Sin embargo, la planta puede redistribuir algunos minerales a través del floema desde los órganos de asimilación hasta los órganos sumideros, otros sólo pueden ser movilizados por el xilema (Squeo y León, 2007).

### **Conductancia estomática**

Los cambios en el turgor de las células guarda que conducen la apertura y cierre del estoma son dependiente de un número de factores medio ambientales que incluyen a la luz solar, concentración de CO<sub>2</sub>, humedad y temperatura.

El aspecto más característico de un estoma es su capacidad para abrirse y cerrarse regulando con esto la conductancia a los gases y con ello su intercambio. Generalmente, los estomas se abren con la luz al amanecer y se cierran con la oscuridad. Una planta típica en un día normal alcanza su máxima apertura estomática durante las horas de la mañana y hacia medio día; sin embargo, hay plantas que producen una reducción de su conductividad a medio día, cuando se presentan los mayores valores de DPV. Plantas en suelos con un bajo potencial hídrico suelen abrir sus estomas solo durante las primeras horas del día (Squeo y León, 2007).

La conductancia estomática (y por ende la transpiración) reviste gran importancia, ya que la productividad está íntimamente relacionada con el consumo y disponibilidad de agua más que con cualquier otro factor ambiental. Por lo tanto, la capacidad de algunas plantas de mantenerse túrgidas bajo condiciones de escasez de agua en el suelo es una característica beneficiosa para evitar la disminución en la producción, puesto que bajos tales

circunstancias el descenso del rendimiento depende de la conductancia estomática (Da Matta, 2004).

Dado que los estomas afectan el flujo de  $\text{CO}_2$  en las hojas, como también la pérdida de vapor de agua, las reducciones en la conductancia estomática para conservar agua inevitablemente significan una disminución de la tasa fotosintética. Consecuentemente, la utilidad de reducir la conductancia estomática depende del equilibrio entre la pérdida de producción y la necesidad de prevenir la deshidratación. En hojas con ajuste osmótico, los estomas continúan parcialmente abiertos al disminuir progresivamente el potencial hídrico (Ludlow y Muchow, 1990).

## VI. MATERIALES Y METODOS

### Localización del experimento

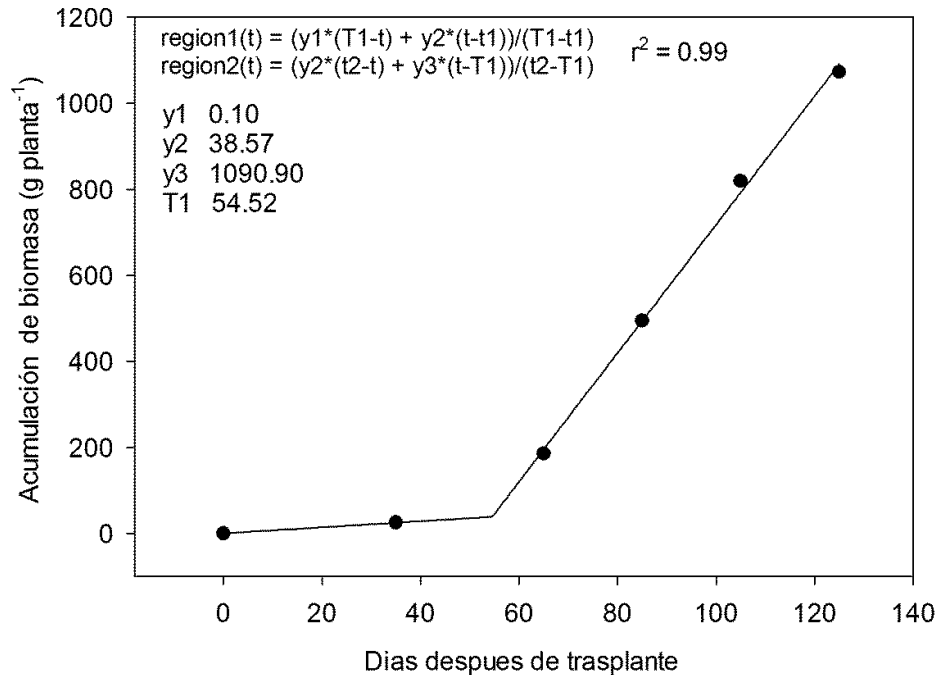
El experimento se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2014, en las instalaciones del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, cuyas coordenadas geográficas latitud norte son 25° 27' y longitud oeste 101° 01' a 1610 msnm.

### Material vegetal

Se utilizó semilla híbrida de melón (*Cucumis melo L.*) cv. F1 Cruiser las cuales se sembraron el 31 de marzo del mismo año en charolas de poliestireno de 200 cavidades, colocándose una semilla por cavidad. El sustrato que se utilizó para la germinación fue peat moss. En esta fase de producción de plántula, se nutrieron con la solución de Steiner (1961), la cual durante las primeras 2 semanas después de la emergencia se le suministró un 50 % de la concentración y para la 3er y 4a semanas se aumentó esta concentración a un 75 %.

### Tratamientos

En total se evaluaron 6 tratamientos, los cuales fueron dos colores de acolchado plástico: negro y azul más un testigo (suelo sin acolchar) y dos concentraciones de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ): dosis alta (1250 ppm) y testigo (800 ppm); esta última fue determinada en base a la curva de crecimiento del melón (Figura 1).



**Figura 1.** Curva de crecimiento de melón (Rincón *et al.*, 1998)

### **Establecimiento del experimento**

El trabajo se realizó en condiciones de campo abierto en una superficie de 400 m<sup>2</sup>, las camas de siembra fueron de 0.8 m de ancho, mismas que fueron acolchadas con una película de polietileno negro o azul de 1.20 m de ancho y 0.03 mm de espesor. La preparación de terreno se llevó a cabo en forma mecánica, realizando las labores de barbecho y rastreo. La formación de las camas fueron de manera manual de 5 m de longitud y de 0.8 m de ancho. Se coloraron en el centro de las camas dos cintillas de riego con emisores cada 30 cm, con un gasto de 4 litros por hora.

### **Labores culturales**

#### **Trasplante**

El trasplante se realizó el 7 de mayo colocándose una plántula en cada orificio del acolchado, las cuales contaban con tres hojas verdaderas bien extendidas. La distancia entre planta y planta fue de 33 cm. En cada cama se plantaron a hilera sencilla obteniendo así un total 216 plantas.



## Riego y Fertilización

El sistema riego por goteo permitió dosificar en promedio 4 litros por hora a una presión de 12 libras por pulgada cuadrada. La frecuencia de riego fue determinada mediante el uso de tensiómetros, los cuales fueron colocadas en diferentes puntos del área experimental a una profundidad de 25 cm.

La dosis de fertilización igual a 1250 ppm de  $\text{NO}_3^-$  se ajustó de acuerdo a la concentración de  $\text{NO}_3^-$  de la solución del suelo. Esta solución fue extraída con un lisímetro a una presión de succión igual a 50 centibar, estos fueron colocadas a una profundidad de 20 cm, asimismo, se realizó 24 horas después de cada fertirriego. La solución obtenida se determinó la concentración de este ion con un ionómetro marca Horiba modelo LAQUAtwin B-743. Sin embargo, para la fertilización igual a 800 ppm de  $\text{NO}_3^-$  se suministró en función de la curva de crecimiento de esta planta. La fertirrigación se inició una semana después del trasplante. Estas concentraciones del  $\text{NO}_3^-$  fueron preparadas con sales grado fertilizante (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Fertilizantes utilizados en la fertilización del cultivo de melón cv. F1 Cruiser.

Fertilizantes	Formula	Concentración (%)	
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_3^-$	N	$\text{K}_2\text{O}$
		12	46
Fosfato monopotásico	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	$\text{PO}_5$	$\text{K}_2\text{O}$
		52	34
Sulfato de potasio	$\text{K}_2\text{SO}_4$	$\text{K}_2\text{O}$	
		51	
Nitrato de amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3^-$	32	
Ácido nítrico	$\text{HNO}_3^-$	55	
Ácido fosfórico	$\text{H}_3\text{PO}_4$	85	

## **Prevención y control de plagas y enfermedades**

Durante el desarrollo del experimento se realizó la aplicación de fungicidas preventivos y curativos: Tecto 60 desde 0.5 a 1.5 g L<sup>-1</sup>, Mancozeb 0.5 a 1.0 g L<sup>-1</sup> Blindaje 50 1 g L<sup>-1</sup> y Nematrol 2-4 L ha<sup>-1</sup>. Estos fueron empleadas de forma alterna, a excepción de Nematrol este fue empleado 10 días antes del trasplante, realizando aplicaciones cada 8 días y una vez que se hayan presentado los primeros síntomas de la presencia de las enfermedades se aplicaron cada 4 días.

Para la prevención de plagas se aplicó Endosulfan a una dosis de 0.3 ml L<sup>-1</sup> de agua. Las aplicaciones se realizaron en los mismos intervalos que para la prevención de enfermedades.

### **Variables evaluadas**

Las variables que se tomaron durante el experimento fueron; fisiológicas, rendimiento, materia seca y concentración de nutrimentos. La mayoría de estas variables se tomaron al final del ciclo del cultivo, a excepción de las fisiológicas.

### **Fisiológicas**

La fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática se determinaron a los 55 días después de trasplante, registrándose con un IRGA LI-COR 6400 (Lincoln, Nebraska), la lectura se tomó en un periodo de las 11:30 a 12:30 horas tomadas en hojas jóvenes completamente desarrolladas, con dos mediciones por unidad experimental.

### **Rendimiento**

El rendimiento se determinó en dos plantas por repetición, de las cuales se cosecharon los frutos de forma manual una vez que estos hayan presentado el índice de madurez de un color característico amarillo y la red bien formada, para posteriormente registrar el peso de cada una de ellas utilizando una balanza. Estos pesos se procedió a obtener el promedió para registrar el peso en kg por planta.

### **Materia seca**

La materia seca se determinó en la parte aérea de la planta, se separaron en hojas y guías. Las hojas fueron lavadas con agua destilada. Los órganos separados se introdujeron en un horno de secado a 65°C durante 72 horas para posteriormente registrar el peso de la materia seca utilizando una balanza analítica.

### **Concentración de nutrimentos**

El tejido vegetal aéreo fue enviado al Laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Posgraduados para su posterior determinación de las concentraciones de nitrógeno, potasio y calcio. El tejido aéreo fue digerido en una mezcla de 2:1 de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HClO<sub>4</sub> y 2 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30 % y las muestras digeridas fueron analizadas para N con el procedimiento de Micro-Kjeldahl (Bremner, 1996), mientras que la concentración de K y Ca se realizó con espectrómetro de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES, model Liberty, VARIAN, Santa Clara, CA) (Soltanpour *et al.*, 1996).

### **Contenido nutrimental**

Para calcular el contenido nutrimental de los nutrimentos se multiplicó las ppm del elemento por el peso seco de la planta esto se dividió entre 1000 y luego todo esto se dividió entre el peso atómico del elemento.

### **Diseño experimental**

El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con un arreglo factorial 3 x 2, con un total de seis tratamientos y tres repeticiones y con 12 plantas por unidad experimental de los cuales solo fueron evaluadas únicamente las seis plantas del centro de cada cama o repetición. Los datos obtenidos se sometieron en un análisis de varianza y la comparación de medias fue de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) utilizando el programa SAS versión 9.2.

## VII. RESULTADOS

Los parámetros fisiológicos, rendimiento y materia seca aérea fueron afectados por el acolchado y por la dosis de  $\text{NO}_3^-$ , la interacción de estos factores afectó algunas de estas variables (Cuadro 3).

### **Conductancia estomática**

La conductancia estomática no fue afectada significativamente por el acolchado ni por las dosis de  $\text{NO}_3^-$  la interacción de estos dos factores tampoco influyó sobre esta (Cuadro 3).

### **Rendimiento**

El rendimiento de las plantas desarrolladas sobre acolchado negro fue mayor que en aquellas crecidas en acolchado azul y testigo (Cuadro 3). La dosis de  $\text{NO}_3^-$  igual a 1250 ppm aumentó el rendimiento de las plantas, en comparación con la dosis de 800 ppm de este nutrimento (Cuadro 3).

### **Fotosíntesis**

La fotosíntesis fue influenciada por la interacción entre los acolchados y la dosis de  $\text{NO}_3^-$  (Figura 2). Las plantas desarrolladas en suelos con acolchado negro y azul disminuyen la actividad fotosintética comparando con el suelo sin acolchar (Figura 2), pero esta disminución fue más marcada en el acolchado azul. Sin embargo, las plantas que fueron fertilizadas a una dosis de  $\text{NO}_3^-$  de 1250 ppm aumentó la fotosíntesis, a excepción de las plantas crecidas sobre el acolchado azul, pues esta fue mayor con la dosis de 800 ppm de  $\text{NO}_3^-$  (Figura 2).

### **Transpiración**

La interacción entre los acolchados plásticos y las dosis de  $\text{NO}_3^-$  afectaron significativamente la transpiración de las plantas de melón (Figura 3). La interacción sugiere que la tasa de transpiración depende de la dosis de fertilización y del color del acolchado plástico, pues en general tiende a disminuir

en plantas fertilizadas con una dosis más baja de  $\text{NO}_3^-$  excepto cuando el plástico fue de color azul.

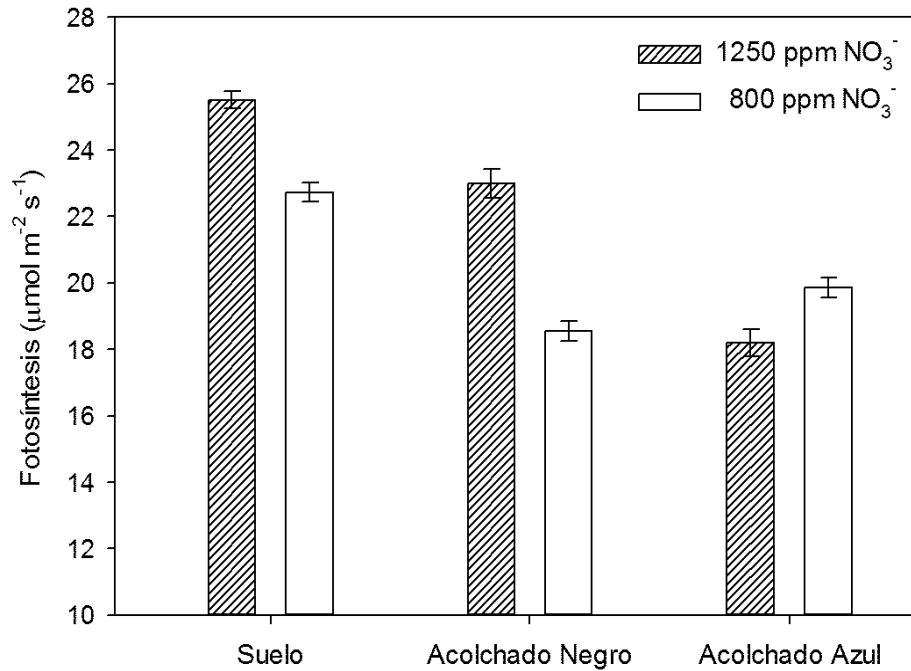
### Peso seco aéreo

Esta variable mostro diferencia significativa en la interacción entre acolchados y la dosis de  $\text{NO}_3^-$  (Figura 4). En el acolchado plástico de color negro y azul, las plantas de melón desarrolladas sobre estos mostraron un incremento de la biomasa aérea en comparación con las plantas desarrolladas sobre suelo desnudo. Sin embargo, cuando se les aplicó una fertilización equivalente a 1250 ppm de  $\text{NO}_3^-$  aumento la biomasa, pero el incremento de este fue mayor cuando se desarrollaron sobre el plástico azul (Figura 4).

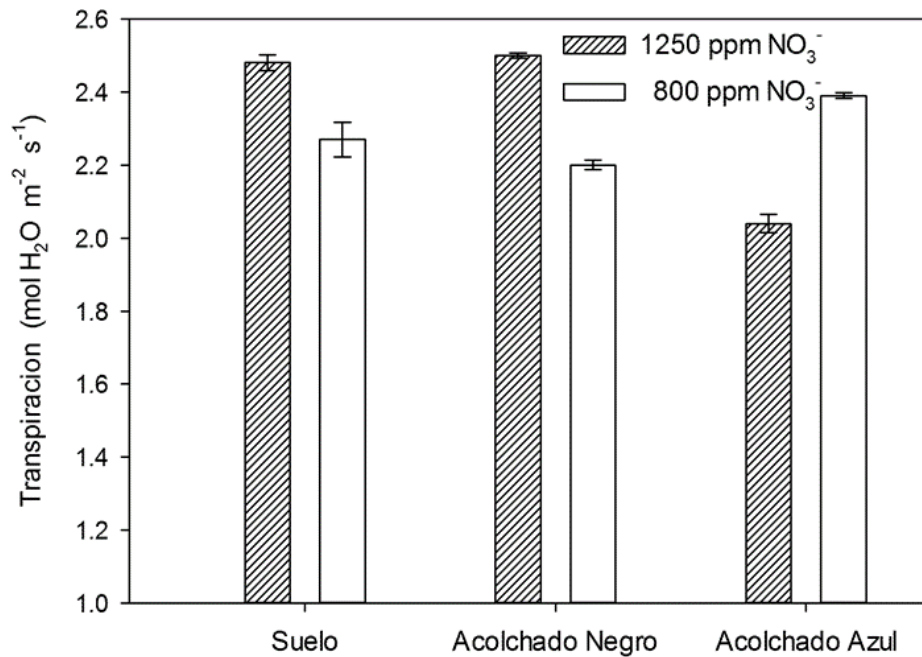
**Cuadro 3.** Efecto de los acolchados plásticos y la fertilización nitrogenada sobre algunas variables fisiológicas, rendimiento y materia seca en plantas de melón cv. F1 cruiser.

Acolchado	Fotosíntesis ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Conductancia estomática ( $\text{cm s}^{-1}$ )	Transpiración ( $\text{molH}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	Rendimiento ( $\text{Kg planta}^{-1}$ )	Peso seco aéreo ( $\text{g planta}^{-1}$ )
Suelo	24.11 a	0.14 a	2.38 a	1.20 c	139.61 c
Negro	20.77 b	0.15 a	2.35 a	2.71 a	184.63 a
Azul	19.02 b	0.13 a	2.21 b	2.26 b	146.12 b
Anova ( $P \leq$ )	0.001	ns	0.01	0.001	0.001
$\text{NO}_3^-$ (ppm)					
800	20.37 b	0.14 a	2.29 a	1.92 b	146.35 b
1250	22.23 a	0.13 a	2.34 a	2.20 a	167.23 a
Anova ( $P \leq$ )	0.01	ns	ns	0.03	0.001
Interacción	0.01	ns	0.001	ns	0.001
CV (%)	5.91	9.12	3.70	11.28	2.31

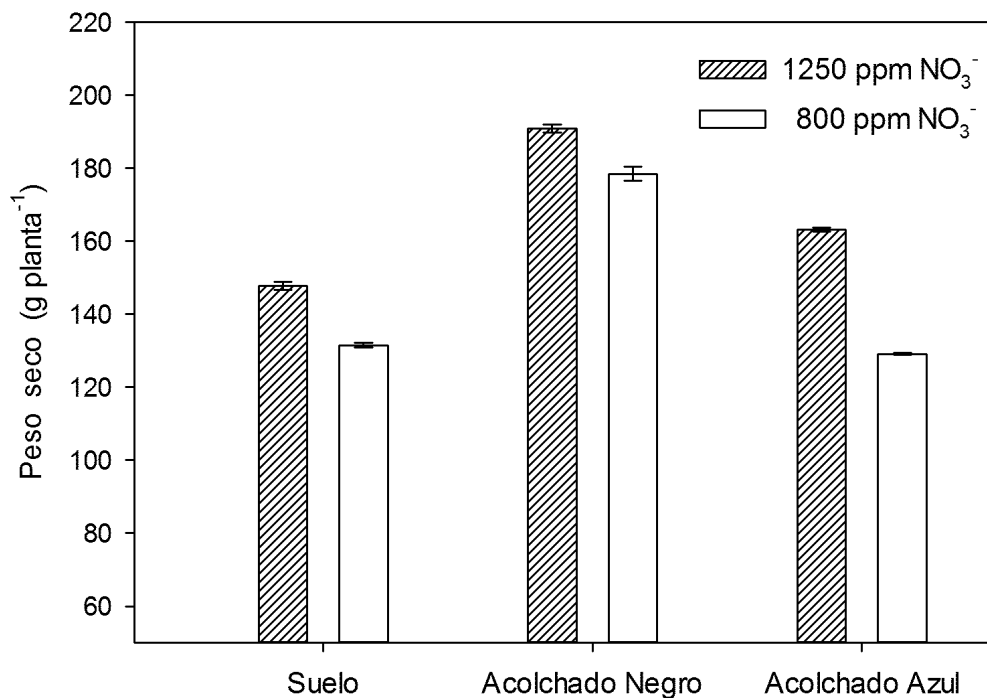
Anova= Análisis de varianza; Interacción= Acolchado x Fertilización; CV= coeficiente de variación; ns, 0.001, 0.01 y 0.05, no significativo y significativo. Las letras a, b y c son las categorías obtenidas en la comparación de medias con Tukey al 0.05.



**Figura 2.** Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sobre la actividad fotosintética en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.



**Figura 3.** Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y la dosis de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sobre transpiración en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.



**Figura 4.** Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sobre el peso seco en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.

### Concentración y contenido nutrimental

La concentración de N, K y Ca en los tejidos de las plantas de melón no fueron afectadas significativamente por los colores de acolchado y testigo (Cuadro 4), este mismo efecto se registró en las plantas con las dosis de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, a excepción de K. La interacción de estos factores solo afectó la concentración de K (Cuadro 4).

El contenido de N en los tejidos de las plantas desarrolladas sobre acolchado negro, fue mayor en comparación con las plantas desarrolladas en el acolchado azul y a suelo desnudo, en tanto que las plantas que recibieron una dosis de 1250 ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mostraron mayor contenido de N en los tejidos comparado con aquellas plantas que recibieron una dosis de 800 ppm de este nutriente (Cuadro 4). El contenido de Ca en los tejidos de las plantas crecidas

sobre el plástico negro fue mayor que en las plantas crecidas sobre el plástico de color azul y a suelo desnudo (Cuadro 4).

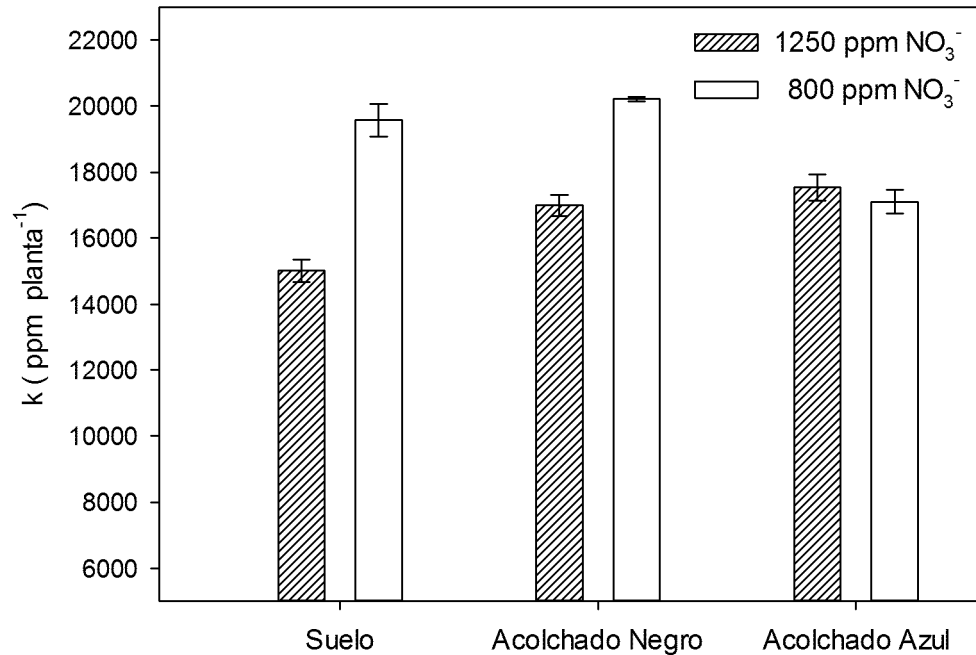
**Cuadro 4.** Efecto de los acolchados plásticos y la fertilización nitrogenada sobre el contenido y la concentración de algunos macronutrientes en plantas de melón cv. F1 Cruiser.

Acolchado	N (%)	K Ppm	Ca ppm	mmol planta <sup>-1</sup>		
				N	K	Ca
Suelo Negro	2.47 a	17297.3 a	68466 a	246.81 b	61.32 b	238.58 b
Azul	2.51 a	18604.2 a	72213 a	331.40 a	87.60 a	332.94 a
Anova ( $P \leq$ )	ns	ns	ns	0.001	0.001	0.001
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (ppm)</b>						
800	2.48 a	17321.3 a	66316 a	257.86 b	64.79 b	241.99 b
1250	2.49 a	18967.5 a	67651 a	260.69 b	71.52 a	248.01 b
Anova ( $P \leq$ )	ns	0.002	ns	0.001	ns	0.004
Interacción	ns	0.01	ns	ns	0.001	ns
Cv (%)	3.69	7.12	5.87	4.63	7.20	6.85

Anova= Análisis de varianza; Interacción= Acolchado x Fertilización; CV= coeficiente de variación; ns, 0.001, 0.01 y 0.05, no significativo y significativo. Las letras a, b y c son las categorías obtenidas en la comparación de medias con Tukey al 0.05.

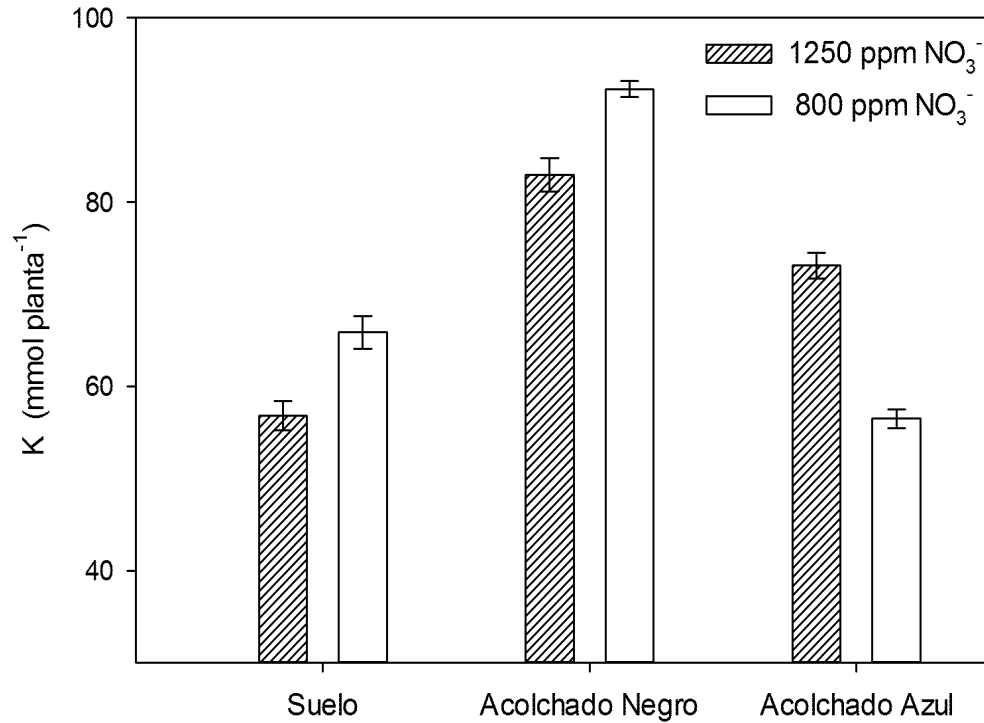
La concentración de K en las plantas de melón fue influenciado por la interacción entre los acolchados y la dosis de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Cuadro 4) (Figura 5). Las plantas que se desarrollaron sobre el acolchado negro y suelo desnudo fue mayor la concentración de este nutrimento, mientras que en las plantas desarrolladas sobre el plástico azul disminuye. En cuanto a la fertilización nitrogenada, las plantas que recibieron una dosis de 800 ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mostraron un aumento en la concentración de K con el acolchado negro y suelo desnudo (Figura 5).





**Figura 5.** Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sobre la concentración de K (ppm) en plantas de melón variedad (F1 Cruiser). Las barras indican el error estándar de la media.

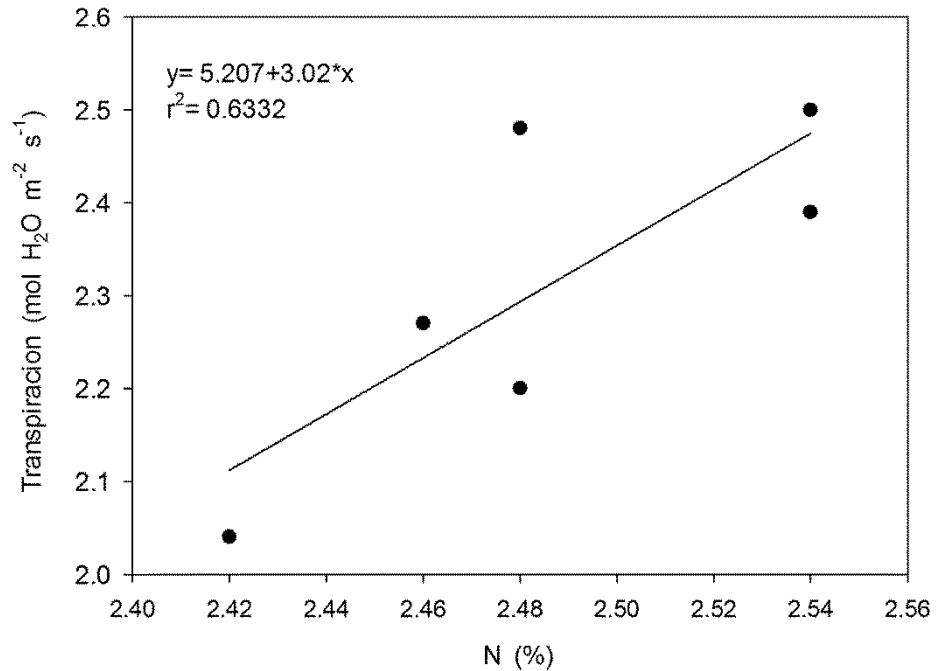
El contenido de K en los tejidos de la planta fue afectada por la interacción entre las dosis de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y los acolchados (Figura 6). Las plantas crecidas en acolchado de color negro mostraron mayor contenido de K en los tejidos de la planta comparando con las del acolchado azul y suelo desnudo. Sin embargo, las plantas que fueron fertilizadas con una dosis de 800 ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mostraron un aumento en el contenido de K en las plantas crecidas sobre el plástico negro y en suelo desnudo, mientras que en aquellas plantas desarrolladas en plástico azul, el contenido de este elemento fue mayor con la dosis de 1250 ppm de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Figura 6).



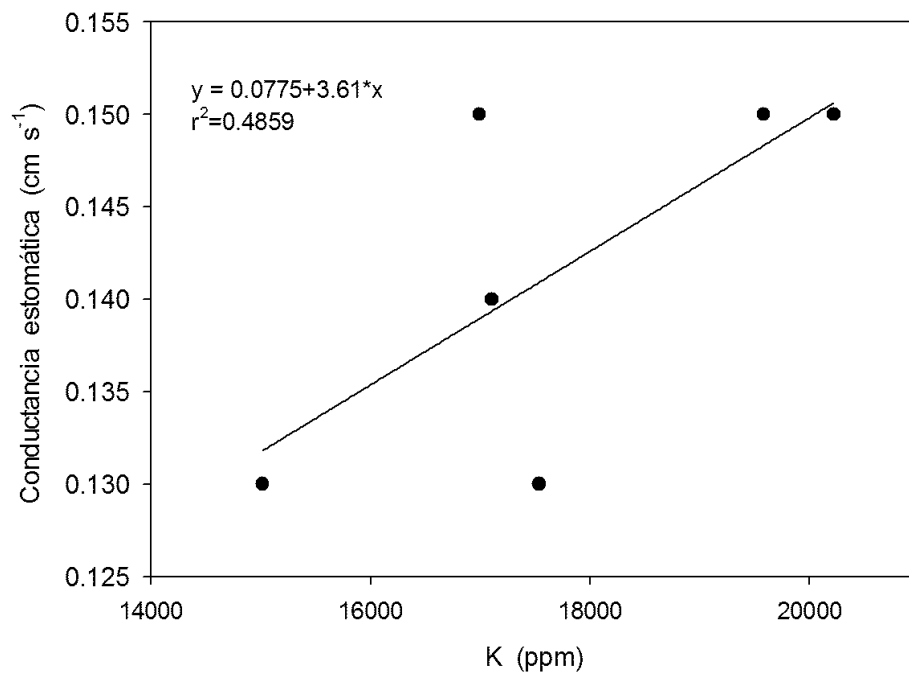
**Figura 6.** Efecto de la interacción entre acolchados plásticos y las dosis de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sobre el contenido de K (mmol planta<sup>-1</sup>) en plantas de melón cv. F1 Cruiser. Las barras indican el error estándar de la media.

El aumento de la concentración de N en el tejido de las plantas estuvo asociado linealmente con la transpiración, pues a medida que aumenta la concentración de N en el tejido vegetal incrementa la transpiración (Figura 7).

Los resultados mostraron que el aumento de la concentración de K en el tejido de las plantas estuvo estrechamente relacionado con la conductancia estomática, es decir a medida que aumenta la concentración de K en el tejido vegetal incrementa la conductancia estomática (Figura 8).

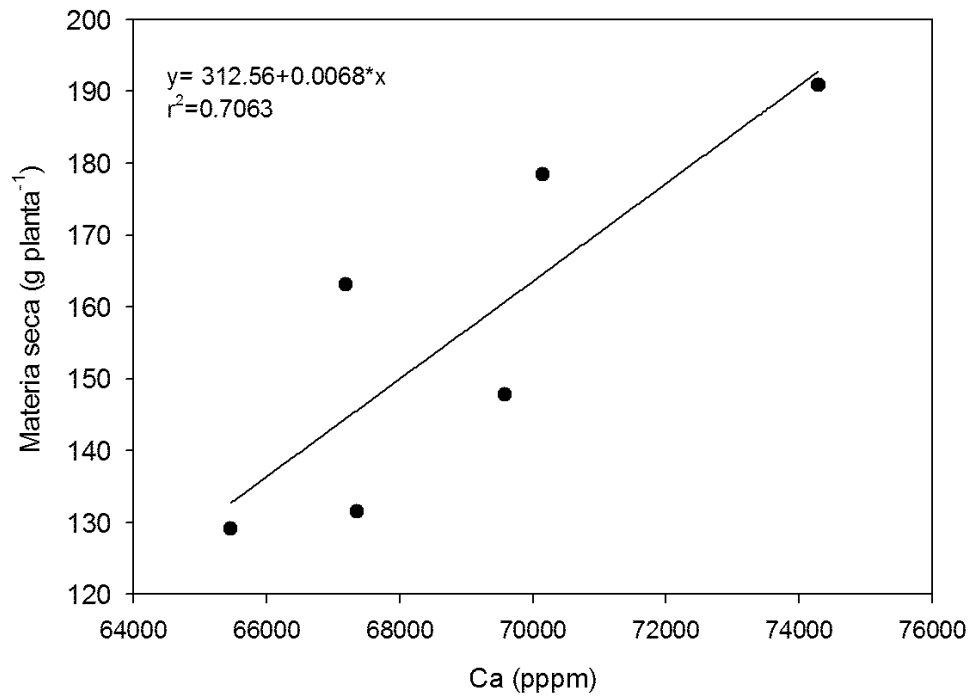


**Figura 7.** Efecto de la concentración de N en el tejido de la plantas de melón cv. F1 Cruiser sobre la transpiración.



**Figura 8.** Efecto de la concentración de K en el tejido de la plantas de melón cv. F1 Cruiser sobre la conductancia estomática.

El aumento de la concentración de Ca en el tejido de las plantas de melón estuvo estrechamente relacionado con la acumulación de materia seca, porque a medida que aumenta la concentración de Ca en el tejido vegetal aumenta la acumulación de materia seca (Figura 9).



**Figura 9.** Efecto de la concentración de Ca en el tejido de las plantas de melón cv. F1 Cruiser sobre la acumulación de materia seca.

## VIII. DISCUSION

El uso de los acolchados plásticos en la producción de las plantas mejora el desarrollo y el crecimiento y por ende el rendimiento, sin embargo, los diferentes colores de este también afectan. Las plantas crecidas en plástico negro han registrado mayores rendimientos que en los suelos sin acolchar. El N en forma de nitrato se ha reportado que mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas (Marschner, 1995). En el presente estudio se observó mayor rendimiento en las plantas desarrolladas sobre el acolchado negro, esto coincide con Vargas (2000) quien reporta que el acolchado negro aumento el rendimiento de melón a  $64.2 \text{ t ha}^{-1}$  comparada con el suelo sin acolchar. En el cultivo de chile, las plantas mejoraron los rendimientos al usar acolchado negro (Inzunza *et al.*, 2006), además de mejorar la calidad del fruto y rendimiento de fresa (Wang *et al.*, 1998). En contraste a estos resultados, en sandia se ha reportado un mayor rendimiento en el acolchado azul con  $48.84 \text{ t ha}^{-1}$  (Cenobio, 2002). Las plantas fertilizadas con  $\text{NO}_3^-$  tuvo mayor rendimiento cuando se le aplicó la dosis alta de este nutrimento, esto coincide con Tapia-Vargas *et al.* (2010) quienes reportaron que el elemento nutritivo más importante y significativo para la calidad y producción de melón fue el N, pues la producción fue directamente proporcional a la aplicación de este nutrimento; aumentó 1.8 y 1.5 veces más cuando se aplicó la dosis más alta de N que cuando se suprimió el elemento. Al respecto Doerge *et al.* (1991), encontraron que el nitrógeno es el factor más importante en el rendimiento de melón, al compararse con otros elementos nutritivos. El N incrementa la relación biomasa/raíces, favorece la formación de tallos y hojas, incrementa el número de flores y mejora el peso y tamaño de los frutos (Molina, 2006).

La actividad fotosintética en las plantas desarrolladas sobre acolchado negro y azul fue menor comparando con el testigo, esto coincide con lo reportado por Ibarra-Jiménez *et al.* (2008) pues señalan que en cultivo de pepino no se observaron diferencias estadísticas entre los acolchados de

plásticos y el control. La temperatura del suelo juega un papel importante en la actividad fotosintética de la planta. La máxima actividad es obtenida a un grado definido de temperaturas (Zannon, 1990). Lo anterior permite suponer que la actividad fotosintética fue influenciada por la temperatura del suelo, ya que la temperatura del suelo bajo acolchados es mayor que en suelo desnudo. Como lo demostraron Quezada *et al.* (2010) en pimiento, el factor más determinante fue la temperatura del suelo, ya que las plantas en donde la temperatura fue más alta, presentaron la tasa de fotosíntesis más baja, sugiriendo que el estrés por temperatura influyó negativamente en la tasa fotosintética.

La dosis alta de  $\text{NO}_3^-$  aumento la fotosíntesis, en plantas en suelo desnudo y con acolchado plástico de color negro, lo que concuerda con lo reportado por Cechin y de Fátima-Fumis (2004), la actividad fotosintética en plantas de girasol mejoró con el aumento en la concentración de nitrógeno. Este hecho puede estar asociado con la habilidad de la planta para optimizar su capacidad fotosintética por un incremento en el suplemento de nitrógeno. Dada la importancia de nitrógeno sobre el crecimiento de la hoja y como componente del aparato fotosintético, un suministro adecuado es necesario para el crecimiento y la estimulación de la fotosíntesis. Resultados de la escasez de N se ve en una marcada disminución de la fotosíntesis en muchos cultivos. Esto es de esperar, debido a que más de la mitad de N total de la hoja se asigna al aparato fotosintético (Makino y Osmond, 1991). Es claro entonces, que cuando se cultiva en suelos con acolchado plástico de color negro, puesto que la temperatura y la humedad son mayores, y las plantas se están desarrollando y creciendo más rápidamente se debe aumentar la dosis de  $\text{NO}_3^-$ . Sin embargo, la respuesta de la fotosíntesis a la radiación reflejada por el acolchado azul, se vio favorecida por la dosis baja de  $\text{NO}_3^-$ . Esto puede estar relacionada a que los acolchados de color azul tienen altos valores de reflectancia, lo que puede favorecer la fotosíntesis al incidir en el envés de las hojas (Chittka y Menzel, 1992). Quezada *et al.* (2010) señalan que las plantas de pimiento morrón crecidas en los plásticos más reflectivos presentaron mayores tasas fotosintéticas, lo cual estuvo relacionado con la mayor radiación reflejada, y la

menor temperatura del suelo en tales acolchados. En consideración a la respuesta fotosintética que ejerce la radiación reflejada por un acolchado plástico, debe tomarse en cuenta que el efecto positivo de la radiación extra reflejada hacia el dosel vegetal depende de la arquitectura del propio dosel y del estado nutricional e hídrico de la planta, es claro entonces, que la radiación extra reflejada por un acolchado plástico será útil solo bajo una adecuada condición nutricional o hídrica (Benavides *et al.*, 2002).

La transpiración fue mayor en las plantas desarrolladas en acolchado negro y suelo desnudo que con acolchado azul. Estos resultados no son similares a los reportados por Canul (2013) quien indica que en plantas de pimiento desarrolladas sobre acolchados plásticos de colores, observó que el factor acolchado plástico no mostró significancia estadística en la transpiración en los muestreos realizados a los 40, 55 y 70 días después del trasplante. Además, García (2004) concluyó que el acolchado plástico aumenta la conductancia estomática, transpiración y fotosíntesis de las plantas de pimiento en un 49 %, 34 % y 20 %, respectivamente. Sin embargo, cuando se les aplicó la dosis alta de  $\text{NO}_3^-$  las plantas incrementaron más la tasa de transpiración en acolchado negro y en suelo desnudo, esto coincide con lo reportado por Cechin y de Fátima-Fumis (2004) quienes señalan que en plantas de girasol registraron mayor tasa de transpiración con alto N pero solo al principio de crecimiento de las hojas. No obstante, las plantas crecidas en acolchado azul, la transpiración también aumentaron con la dosis baja de  $\text{NO}_3^-$ . Probablemente el acolchado plástico de color azul provocó cambios en la planta de melón, al modificar factores como temperatura del suelo y aire, humedad del suelo, y el balance espectral de la radiación, los cuales alteran la actividad fotosintética y la transpiración de la planta, sobre todo en las primeras etapas de desarrollo cuando la cubierta plástica tuvo mayor exposición a la radiación solar directa. Tales modificaciones se manifestaron en menor cantidad de  $\text{NO}_3^-$  requerida por la planta.

La acumulación de materia seca aérea, fue mayor en las plantas de melón desarrolladas sobre los acolchados negro y azul, con respecto al testigo. Los resultados obtenidos en este estudio son semejantes con los obtenidos por Ojeda (2003) quien reporta que en los acolchados plásticos de distintos colores el crecimiento vegetativo y rendimiento de pepino tuvieron mayor peso seco de planta con respecto al testigo. Asimismo, García (2004) señala que sobre acolchados de colores, se obtiene mayor producción de biomasa de las planta de pepino comparando con el suelo sin acolchar. Sin embargo, cuando se aplicó la dosis alta de  $\text{NO}_3^-$  aumento aún más la biomasa aérea. Estos resultados concuerdan con Castellanos (2012) quien señala que el cultivo de melón piel de sapo tuvo un efecto significativo al aumento de la dosis de N sobre la biomasa de hoja y tallo y total de planta, en los suelos acolchados. Olalde *et al.* (2000) encontraron en un cultivo de girasol que el N incrementó la producción de biomasa. El incremento en la biomasa con el uso de acolchados, y con la dosis alta de  $\text{NO}_3^-$  puede asociarse al aumento de la temperatura del suelo provocado por los acolchados plásticos y las temperaturas altas aumentan la disponibilidad de nutrientes, mejoran la absorción de nutrientes por las raíces, aumentan el número y la actividad de los microorganismos del suelo y el crecimiento de las plantas (Tindall *et al.*, 1991) dentro de estos nutrientes el N uno de los más importantes, lo que indujo mayor cantidad de biomasa en la planta. Es bien conocido que el N estimula el crecimiento de la planta (Castellanos, 2012), es un nutriente esencial para la fotosíntesis (Yáñez *et al.*, 2014). El suministro adecuado de N es esencial para el crecimiento y desarrollo óptimo de la planta debido a que es un elemento imprescindible para la formación de órganos vegetativos (Molina, 2006). En la mayoría de los cultivos, el N ocasiona incrementos en el área foliar (AF) y en el índice de área foliar (IAF), lo cual puede ser producto de un mayor número y tamaño de hojas (McCullough *et al.*, 1994). Por lo tanto, es de esperarse que un cultivo con N intercepte una mayor cantidad de radiación, puesto que esto depende del IAF y DAF (Muchow y Davis, 1988), lo que se traduce en una mayor producción de biomasa.



El contenido de N en los tejidos de las plantas de melón fue mayor en las plantas desarrolladas sobre acolchado negro, que en aquellas desarrolladas en plástico azul y suelo desnudo. Lo anterior coincide con lo reportado por Chávez *et al.* (2007) quienes señalan que el cultivo de chile tuvo mayor incremento en el contenido de N con plástico negro. La fertilización nitrogenada favoreció con mayor contenido de N en los tejidos de las plantas con la dosis alta de  $\text{NO}_3^-$  que en aquellas que recibieron la dosis baja de este de este nutrimento. Estos resultados coinciden con lo reportado por Castellanos (2012) quien indica que las plantas de melón tuvo un efecto significativo en la absorción y concentración de N en la hoja, tallo, fruto y planta completa, incrementándose en todos ellos con el aumento de la dosis de N. Esto puede atribuirse a las condiciones favorables que proporciona el acolchado plástico como el aumento de la temperatura entre otros. Al respecto Liu *et al.* (2003), mencionan que los acolchados de plásticos aumentan la temperatura del suelo lo que puede favorecer no sólo la mineralización de N (Wilson y Jefferies 1996), sino también la absorción de la misma por la planta (Liu *et al.*, 2003). Además el 90 % del N se encuentra en la parte aérea de la planta (Tapia- Vargas *et al.*, 2008).

El aumento de la concentración de N en el tejido de la planta incrementa la transpiración. Como ya se mencionó anteriormente Cechin y de Fátima-Fumis (2004) encontraron que la tasa de transpiración se incrementó en las plantas cultivadas con la dosis alta de N al principio de crecimiento de las hojas. En hojas de maravilla (*Helianthus annuus*), la deficiencia de nitrógeno puede disminuir la conductividad hidráulica a casi la mitad, disminuyendo el potencial hídrico de las hojas cuando ocurre la transpiración (Radin y Boyer, 1982). También, la deficiencia de nitrógeno en algodón (*Gossypium hirsutum*) produce dos respuestas a nivel de los estomas dependiendo de la concentración de  $\text{CO}_2$ : primero, disminuye la conductancia estomática a concentraciones de  $\text{CO}_2$  ambiental y segundo, incrementa la sensibilidad estomática cuando aquel se eleva (Radin y Ackerson 1981).

La concentración de K en el tejido de las plantas, aumenta la conductancia estomática. Lo anterior puede ser atribuido al papel del ion K como mecanismo primario en la apertura estomática (Fischer, 1971). Squeo y León (2007) mencionan que el aumento en la concentración de K baja el potencial osmótico y entra agua a las células guardia provocando aumento de turgor y apertura del poro estomático. El aspecto más característico de una estoma es su capacidad para abrirse y cerrarse regulando con esto la conductancia a los gases y con ello su intercambio.

El aumento en la concentración de Ca en los tejidos de la planta aumenta la acumulación de materia seca. Probablemente esto se deba a que el Ca es abundante en las hojas donde se acumula a nivel de la lámina media de las paredes celulares. Esto se debe a que la elevada transpiración de las hojas en relación a otras partes de la planta, hace que el Ca sea transportado predominantemente a través del xilema para ese órgano (Mendoza-Cortez *et al.*, 2014). El Ca es muy importante para mantener la firmeza de tallos y peciolo en las plantas y para regular la absorción de nutrientes a través de la membrana celular. Interviene en la división y elongación de las células, en la estructura y permeabilidad de la membrana celular (Molina, 2006).

## IX. CONCLUSIONES

El acolchado negro incrementó la transpiración, el peso seco, rendimiento, el contenido de N, K y Ca en los tejidos de las plantas.

La dosis alta de  $\text{NO}_3^-$  aumenta la fotosíntesis, transpiración, rendimiento, peso seco, el contenido de N y Ca, mientras que con la dosis baja se observó mayor concentración y contenido de K. Sin embargo en las plantas desarrolladas en plástico azul y con la dosis baja de  $\text{NO}_3^-$ , mostraron un aumento en la fotosíntesis y la transpiración.

El incremento logrado por los acolchados de color negro y el aumento en la dosis de  $\text{NO}_3^-$  fue aún más acentuado cuando se combinaron ambos factores, por lo que se recomienda elevar la dosis de fertilización cuando se emplean estos sistemas de producción.

## X. LITERATURA CITADA

Acosta R.G., Galván L.F., Quiñones P., Chávez S.N. (2010). Melón. Paquete Tecnológico Agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

Alonso D., Martínez E., Trigo A., Domínguez A., Sánchez R., García R., Ghorbel R. y Tomás J. (2006). Control de la nutrición mineral mediante el estudio de la succión de suelo y de la dinámica foliar. Dpto. Agronómico de AGQ. 3p.

Arnon D.I. y Scout P.R. (1939). The essentiality if certain elements in minute quantity for plantas with special reference to copper. *Plant Physiology* 14: 371-375.

Alvarado V.P. y Castillo G.H. (2003). Acolchado de suelos mediante filmes de polietileno. Universidad de Chile. Biblioteca Virtual Universal.

Bar-Yosef B. (1992). "Fertilization under drip irrigation". En fluid fertilizer. Science and Technology. Ed.: D. A. Palgrave. Marcel Dekker, Nueva York. 285-329 pp.

Bertsch F. (2003). Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 307 p.

Benavides M.A., Maiti R.K., Verde M.J., Foroughbakhch R., Gámez H., Badii M. (1998). Agroplasticultura: del control microambiental al control del metabolismo y la morfogénesis. *Ciencia UANL* 1: 135-140.

Benavides M.A., Maiti R.K., Lozano G.J. (2000). CO<sub>2</sub> assimilation in lettuce plants under photoselective plastic greenhouse films. *Int. J. Clyton* 69: 51-60.

Benavides M.A., De León R.A.G., Facio C.M.E., Zamarripa L.J., Robledo T.V., Ramírez R.H., Hernández D.J., Arias G. (2002). Estudio espectroradiométrico de diferentes materiales plásticos para acolchado. *AGROFAZ*. 2(1):36-44.

Bremner, J. M. (1996). Total nitrogen. In: Sparks, D. L. (Ed.). Methods of soil analysis. Part II. Chemical Methods. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America. Madison, WI. USA. 1085-1086 pp.

Briggss L. y McCall A. (1904). An artificial root for inducing capillary movement of soil moisture. J. Sci. 20: 566-569.

Burgueño H. (1996). La fertirrigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol 2. 4a Ed. Sinaloa, Culiacán, México. pp.46.

Cadahía C. (1998). Fertirrigación de cultivos hortícolas y ornamentales. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.

Caldari J.P. (2007). Manejo de la luz en Invernaderos. Los beneficios de luz de calidad en el cultivo de hortalizas. I Simposio Internacional de Invernaderos-México. Ciba Especialidades Químicas Ltda. Brasil. 5: 1-5.

Cannington F., Duggings R.B., Roan R.G. (1975). Florida vegetable production using plastic film mulch with drip irrigation. Proc. Nat. Agr. Plastic. Congr. 12: 11-15.

Canul T.C. (2013). Pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivado sobre películas de acolchado plástico de colores en condiciones de casa sombra: efecto sobre el crecimiento, absorción de nutrientes y rendimiento de frutos. Tesis de Maestría. CIQA. Saltillo, Coahuila, México.

Castellanos Oseguera L. (2008). Consumo de nutrientes y de agua en chile dulce (*Capsicum annuum* L.) variedades: Lírica, Simpathy y Zidenka, bajo condiciones de altura, en Mulacagua, Comayagua, Honduras. Proyecto especial de Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. p 19.

Castellanos M.T. (2012). Optimización del abonado nitrogenado en el melón (*cucumis melo* L.) tipo piel de sapo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 196: 207.

Casierra P.F. y Rojas J.F. (2009). Efecto de la exposición del semillero a coberturas de colores sobre el desarrollo y productividad del brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Rev. Agron. Colomb.* 27: 49-55.

Cechin C., De Fátima-Fumis T. (2004). Effect of nitrogen supply on growth and photosynthesis of sunflower plants grown in the greenhouse. *J. Plant Sci.* 166: 1379-1385.

Cenobio P.G., Mendoza M.S.F., Sánchez C. I., Inzunza I.M.A. (2004). Respuesta de la sandía (*Citrullus lanatus* T.) a diferentes colores de acolchado plástico y riego por goteo cintilla. *Rev. Chapingo S. Z. Áridas* 3: 89-97.

Cenobio P.G. (2002). Productividad del agua en sandia (*Citrullus lanatus* L) con diferentes colores de acolchado plástico y riego por goteo-cintilla. Tesis. UACH-URUZA. Bermejillo, Dgo, México.

Chávez G.J.F., Figueroa V.U., Medina M.C. (2002). El melón: tecnologías de producción y comercialización. *INIFAP.* 264: 59-63.

Chávez S.A.L., Inzunza I.M.A., Mendoza M.S.F. Sánchez C.I. y Román L.A. (2007). Producción de chile jalapeño (*capsicum annum* l.) con diferentes tipos de acolchado plástico y riego por goteo – cintilla. *Rev. Chapingo Serie Zonas Áridas.* 6: 67-75.

Chittka L., Menzel R. (1992). The evolutionary adaptation of flower colors and the insect pollinators' color vision. *J. Comp. Physiol. A.* 171: 171-181.

Ciampitti I. A. y García F.O. (2007). Requerimientos nutricionales en cereales, oleaginosos e industriales. *Info Agro* N°33.

Coraspe L.H.M., Muraoka T., Franzini V., Stefano P.S.M., Prado G.N. (2008). Absorción de macronutrientes por plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la producción de tubérculo-semilla. *Interciencia.* 34: 57.

Da Matta F. (2004). Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. *J. Plant. Phys.* 16(1): 1-6.

Decoteau D.R., Kasperbauer M.J., Daniel D.D. and Hunt. P.G. (1988). Plastic mulch color effects on reflected light and tomato plant growth. *J. Sci. Hort.* 34: 169-175.

Decoteau D.R., Kasperbauer M.J., Hunt P.G. (1989). Mulch surface color affects yield of freshmarket tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114: 216-219.

Díaz P.J.C., Batal D. Bertrand D. and Giddings D. (2000). Colored plastic mulches effect growth and yield of tomato plants via changes in soil temperature. *Proc. Natl. Agr. Plastics. Congr.* 29: 547–552.

Díaz P.J.C., Batal K.D. (2002). Colored plastic film mulches affect tomato growth and yield via changes in root-zone temperature. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci* 127:127 135.

Díaz P.J.C., Phatak S.C., Giddings D., Bertrand D., Mills H.A. (2005). Root zone temperature, plant growth, and fruit yield of tomatillo as affected by plastic film mulch. *J. Hortic. Sci.* 40: 1312-1319.

Doerge T.A., Roth R.L., Gardner B.R. (1991). Nitrogen fertilizer management in Arizona. Cooperative Extension. College of Agriculture, Publication Number 191025. The University of Arizona, USA. pp: 10-20.

Espinoza A.J.J., Cano R.P., Orona C.I. (2003). Utilización de tecnologías de producción modernas para obtener ventajas de mercado: los casos del acolchado plástico y semillas híbridas en melón en la comarca lagunera. *Rev. Méx. de Agro.* 12: 582-595.

Espinoza A.J.J., Michelle L.C. y Saúl L.N. (2011). Posibilidades y restricciones para la exportación de melón cantaloupe producido en el municipio de Mapimí, Dgo., México al mercado de los estados unidos. *Rev. Méx. de Agro.* 28.

Espí E. y García. (2008). Documento cotec de oportunidades tecnológicas: El invernadero de plástico, REPSOL y cotec (Fundación para la innovación tecnológica), Móstoles (Madrid).

Farias L.J., Orozco S.M., Pérez J. (1998). Effect of plastic mulch, floating row covers and microtunnels on insect population and yield of muskmelon. Proc. Natl. Agri. Plast. Congr. 27: 76–83.

Fan T., Stewart B.A., Payne W.A., Wang Y., Song S., Luo J. y Robinson C.A. (2005). Supplemental irrigation and water–yield relationships for plasticulture crops in the loess plateau of China. J. Agron. 97: 177–188.

Fernández M.D., Orgaz F.E., Fereres J.C., López A., Céspedes J.P. (2001). Programa de riego de cultivos hortícolas bajo invernadero para el sudeste Español. Edita CAJAMAR. Almería España.

Fischer R.A. (1971). Role of potassium in stomatal opening in the Leaf of (*Vicia faba L.*). Plant Physiology 47: 555-558.

Food and Agriculture Organization (FAO) OF THE UNITED NATIONS. (1998). Guide to efficient plant nutrition management. Land and Water Development Division, Rome, Italy. 19 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2012).

Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. (FAOSTAT, 2012).

Gabriel E., Cañadas M. y Benito R. (1994). Evaluación de la cobertura plástica de suelo en la producción temprana de melón (*Cucumis melo L.*). Hort. Arg. 13: 7-12.

García de A.J. (1996). Manual de acolchados: segunda parte. Productores de Hortalizas. pp. 24 - 25.

García A.N. (2004). Efecto del acolchado plástico de diferentes colores en el crecimiento vegetativo y rendimiento en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) en tres ciclos. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.



González A., Rodríguez R., Banón S., Franco J.A. and Fernández J.A. (2001). The influence of photoselective plastic films as greenhouse cover on sweet pepper yield and on insect pest levels. *Acta Hort.* 559: 233- 238.

Grajeda, J.G. (1999). La fertilización en hortalizas. INIFAP-Campo experimental Costa de Hermosillo, México. Folleto Técnico N° 19.

Greenwood D.J. (1983). Quantitative theory and the control of soil fertility. *New Phytologist* 94: 1-18.

Grusak M.A. (2001). Plant macro- and micronutrient minerals. *Encyclopedia of Life Science/Nature Publishing Group.*

Gutiérrez M., Villa F., Cotrina F., Albalat A., Macua J., Romero J., Sanz J., Uribarri A., Sábada S., Aguado G. y Del Castillo J. (2003). Utilización de los plásticos en la horticultura del valle medio del Ebro. Dirección General de Tecnología Agraria. *Infor. Téc.* 130.

Gurdián T.J.L. (2010). Validación de una sonda de lixiviación como método para determinar la fertilidad del suelo en el cultivo de café (*Coffea arabica*). Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Honduras. 32: 1-2.

Hagin J., Sneh M. y Lowengart A.A. (2002). "Fertigation–Fertilization through irrigation". IPI Research Topics N° 23. Ed.: A. E. Johnston. International Potash Institute, Basilea (Suiza).

Hatfield J.L., Burke J.J. (1991). Energy exchange and leaf temperature behaviour of three plant species. *Environmental and Experimental Botany.* 31 (3): 295-302.

Hanna H.Y., Millhollon E.P., Herrick J.K. and Fletcher C.L. (1997). Increased yield of heat-tolerant tomatoes with deep transplanting, morning irrigation, and white mulch. *J. Hort. Sci.* 32: 224-226.

Ibarra-Jiménez L., Quezada-Martín M.R., de la Rosa-Ibarra M. (2004). The effect of plastic mulch and row covers on the growth and physiology of cucumber. *Austral. J. of Experim. Agri.* 44: 91-94.

Ibarra-Jiménez L., Zermeño-González A., Munguía-López J., Quezada-Martín M. A. R., De La Rosa-Ibarra M. (2008) Photosynthesis, soil temperature and yield of cucumber as affected by colored plastic mulch. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil & Plant Sci.* 58:4, 372-378.

Ibarra-Jiménez L., Flores-Velásquez J., Quezada M.R. (2001). Desarrollo y rendimiento de melón (*Cucumis melo L.*) con relación al tiempo de permanencia de la cubierta flotante. *Rev. Chapingo Serie Horticultura* 7(1): 95-109.

Inzunza I.M.A., Mendoza M.S.F., Villa C.M.M., Catalán V.E.A., Román L.A. y Sánchez C.I. (2006). Chile jalapeño de trasplante creciendo bajo acolchado plástico e irrigado con cintilla. Tercera Convención Mundial del Chile. Chihuahua y Delicias, Chih., México. pp. 13-5.

International Potash Institute. (1999). Manejo de Nutrientes por Fertirriego en Sistemas Frutihortícolas. Presentado en el XXII Congreso Argentino de Horticultura. Tucuman, Argentina.

Jat R.K., Jat N., Jat L., Jat A.L. and Jat R.L. (2014). Importance of plastics in horticulture. Rajasthan College of Agriculture, Rajasthan, India. Institute of Agricultural Science, BHU, Varansi-221005, UP, India. *Pop. Kheti*, 2(1):92-94.

Jia Y., Li F.M., Wang X.L. and Yang S.M. (2006). Soil water and alfalfa yields as affected by alternating ridges and furrows in rainfall harvest in a semiarid environment. *Field Crops Res.* 97: 167-175.

Jolliet O. (1993). Modelling of water uptake, transpiration and humidity in greenhouses, and of their effects on crops. *Acta Hort.* 328: 69-78.

Kasirajan S. y Ngouajio M. (2012). Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: Review article. *Agron. Sustain. Dev.* 32: 501–529.

Kasperbauer M.J. (1999). Colored mulch for food crops. *Amer. Chem. Soc. Chem.* 29: 45-50.

Lalitha B.S., Nagaraj K.H. and Anard T.N. (2001). Effect of soil solarisation on weed dynamics and yield of groundnut-tomato sequence. *Mysore. J. Agric. Sci.* 35 (3): 226–231.

Lamont W., Hensley D., Wiest S. and Gaussoin R. (1993). Relay intercropping muskmelons with Scots pine Christmas trees using plastic mulch and drip irrigation. *J. Hortic. Sci.* 28: 177-178.

Lamont W.O.M (2004). *Plasticulture glossary of terms.* The Amer. Soc. for Plast. Bellefonte.

Lamont W.J. (2005). Plastics: modifying the microclimate for the production of vegetable crops. *Hort. Tech.* 15: 477–481.

Lament Jr.W.J. (1993). *Plastic Mulches for the Production of Vegetable Crops.* Hort. Techn. 3(1).

Lao M.T., Jiménez S., Del Moral F. (1996). Aplicación de las sondas de succión. *Hort. Inform.* N° 73(4): 39-42.

Leal G.R., (2007). Influence of reflective mulch on pinot noir grape and wine quality. Master of Applied Science, Lincoln University. New Zealand.

Li M.Z., Li F.M., Jin S.L. and Song Y. (2009). How two ridges and the furrow mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China. *Field Crops Res.* 113: 41-47.

Liu X.J., Wang J.C., Lu S.H., Zhang F.S., Zeng X.Z., Ai Y.W., Peng B.S., Christie P. (2003). Effects of non-flooded mulching cultivation on crop yield, nutrient uptake and nutrient balance in rice-wheat cropping systems. *Field Crops Res* 83: 297–31.

López G.J. y Losada V.A. (2006). Agroplasticultura y Riego Localizado. Proyecto de fortalecimiento del manejo integrado del agua. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Loy B., Lindstrom J., Gordon S., Rudd D. and Wells O. (1989). Theory and development of wavelength selective mulches. Proc. 21st Natl. Agr. Plast. Congr. p. 193-197.

Ludlow M. y Muchow R. (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yields in waterlimited environments. *Advances in Agronomy*. 43: 107-151.

Makino A. and Osmond B. (1991). Effects of nitrogen nutrition on nitrogen partitioning between chloroplast and mitochondria in pea and wheat. *Plant Physiol*. 96: 355–362.

Molina E. (2006). Efecto de la nutrición mineral en la calidad del melon. *Informaciones Agronomicas*, 63: 1-7.

Martín R.P., Navas G.L.M., Hernández N.S., Correa G.A., Martín G.J., Martín B.E., Chamorro P.P. y Durán A.J.M. (2013). Diodos emisores de luz para la irradiación de plantas. *ETSI Agrarias*. 17: 3-4.

Marschner H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second Edition. Academic Press, San Diego. 889 pp.

McCraw D. y Motes J. (2000). "Use of Plastic Mulch and Row Covers in Vegetable Production." Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. Oklahoma State University. Oklahoma, U.S.A.

McCullough D.E., Girardin M.M., Aguilera A. y Tollenaar M. (1994). Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and new maize hybrid *Can. J. Plant Sci*. 74: 471-477.

Mendieta M.L.A. (2011). Distribución espacial de nutrimentos en la solución del suelo para la producción intensiva de fresa. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. 86: 20-22.

Mendoza M.S.F., Inzunza I.M.A., Morán M.R., Sánchez C.I., Catalán V.E.A., Villa C.M. (2005). Respuesta de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante. *Rev. Fitotec. Méx.* 28: 351-357.

Mendoza-Cortez J.W., Cecilio-Filho A.B., Costa Grangeiro L., Tavares de Oliveira F.H. (2014). Crecimiento, acumulación de macronutrientes y producción de melón cantaloupe y amarillo. *Rev. Caatinga, Mossoró.* 27:3. 72–82.

Molina E. (2006). Efecto de la nutrición mineral en la calidad del melón. Instituto de la potasa y el fosforo. *Informaciones Agronómicas.* N°63. 1-8.

Munguía J., Zermeño A., Quezada R., De La Rosa M.L y Torres A. (2004). Relación entre los componentes del balance de energía y la Resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico. *Rev. Inter. de Bot. Exp.* 73: 181-19.

Muchow, R.C. y R. Davis. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semiarid tropical environment. II. Radiation interception and biomass accumulation. *Field Crops. Res.* 18: 17-30.

Ngouajio M., Auras R., Fernandez R.T., Rubino M.C., Kijchavengkul J.W. (2008). Field performance of aliphatic–aromatic copolyester biodegradable mulch films in a fresh market tomato production system. *J. Hort. Tech.* 18(4): 605–610.

Olalde G.V.M., Alberto E.E.J., Sánchez G.P., Tijerina C.L., Engleman C.E.M. y Mastache L.A.A. (2000). Eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno, y rendimiento del girasol, en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Rev. Terra.* 18: 1.

Orzolek M.D. (1993). The effect of colored polyethylene mulch on the yield of squash and pepper. *Proc. Netl. Agr. Plastic. Congr.* 24: 157-161.

Pacheco N.O., Inzunza I.M.A., Arreola Á.J.G., Esquivel A.O., García H.G., Trejo C.R. (2011). Efecto de la coloración del acolchado plástico y riego por cintilla

sobre la producción de melón (*Cucumis melo L.*). Rev. Chapingo Zonas Áridas. 10: 11-17.

Patil G.G., Oi R., Gissinger A. and Moe. R. (2001). Plant morphology is affected by light quality selective plastic films and alternating day and night temperature. Gartenbauwissenschaft 66(2): 53–60.

Pawar H.K. (1990). Use of Plastic as a mulch in scheduling of irrigation to ginger in semi-arid climate. Proceedings of international congress. The Use of Plastics in Agriculture. New Delhi. India.

Pearcy R.W., Schulze E.D., Zimmermann R. (1991). Measurement of transpiration and leaf conductance. Plant Physiol. Ecol. Ed. Chapman and Hall. 457 pp.

Pizarro C.F. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, aspersión, exudación. 3 ed. Ediciones Mundi-Prensa. México.

Quero E., Terán G.E., Benavides A., Hernández F., Valle M.S. (1993). Fertigación carbónica y lumínica en cultivos vegetales. CIQA. Presentado en el Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas, Manzanillo, México.

Quezada M.R., Munguía J.P., Linares C. (1995). Acolchado plástico y disponibilidad de nutrimentos del suelo en el cultivo de pepino. Rev. Terra Lat. 13: 136-146.

Quezada M.R., Munguía J.P., De la Rosa I.M., Faz R. (2000). Uso de acolchados plásticos biodegradables en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de melón (*Cucumis melo L.*). Clayton Int. J. Exp. Bot. 60: 21-29.

Quezada M.R., Munguía-López J., Ibarra-Jiménez L., Arellano-García M.A., Valdez-Aguilar L.A. y Cedeño-Ruvalcaba B. (2010). Fisiología y producción de pimiento morrón cultivado con diferentes colores de acolchado. Rev. Terra. Lat. 29: 421-430.

Quezada M.R, Munguía J.P., Ibarra J.L., Arellano G.M.A., Valdez A.L.A., Cedeño R. B. (2011). Fisiología y producción de pimiento morrón cultivado con diferentes colores de acolchado. Rev. Terra. Lat. 29(4): 421-430.

Radin J.W. and Boyer J.S. (1982). Control of leaf expansion by nitrogen nutrition in sunflower plants. Role of hydraulic conductivity and turgor. J. Plant Physi. 69: 771-775.

Radin J.W. and Ackerson R.C. (1981). Water relations of cotton plants under nitrogen deficiency III. Stomatal conductance, photosynthesis, and abscisic acid accumulation during drought. J. Plant Physi. 37: 115-119.

Ramakrishna A., Tam H.M., Wani S.P., Long T.D. (2006). Effects of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. Field. Crops. Res. 95: 115-125.

Rincón S.L., Saez S.J., Perez C.J.A., Pellicer C. y Gomez L.M.D. (1998). Crecimiento y absorción de nutrientes del melón bajo invernadero. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg., 3 (1-2): 111-120.

Robledo T.V., López J.M., Godina F.R., Dávila J.H., Mendoza A.B., Maiti R.K. (2004). Responses of yield and xilem vessel to the use of photo-selective films as soil covers. Crop. Res. 27: 250-257.

Sanders D.C., Konsler T.R., Lamont W.J. and Estes E.A. (1986). Pepper and Muskmelon economics when grown with plastic mulch and trickle irrigation. Proc. Natl. Agr. Plastics Congr. 19: 302-314.

Saieh A. (2003). Efecto de distintos tipos de films de polietileno en la producción de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Selva. Memoria ingeniero agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 65p.

Salisbury F.B. and Ross C.W. (1994). Fisiología vegetal. México: Grupo Editorial Iberoamericano. 759 p. 28.

Secretaría de Desarrollo Rural (SEDRU, 2013) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Comunicado SEDRU 112 Huetamo, productor número uno de melón en México. Publicado el 01 Julio 2013.

Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2011) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2014) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA, 2010). Información técnica de melón mexicano para exportación. 40: 3-24.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2010).

Sistema Producto Nacional Melón. (2012). Plan rector sistema nacional producto melón. Inca rural. SAGARPA.

Sierra A., Simonne E. y Treadwell D. (2007). Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas. Universidad de la Florida. Dep. de Hortic. Sci. (UF/IFAS).

Soltanpour, P. N.; Johnson, G. W.; Workman, S. M.; Jones, J. B. Jr. and Miller, R. O. (1996). Inductively coupled plasma emission spectrometry and inductively coupled plasma mass spectrometry. In: Sparks, D. L. (Ed.). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Soil Science Society of America. Madison, WI. 91-139 pp.

Soil Improvement Committee California Fertilizer Association. (1995). Manual de fertilizantes para horticultura. Ed. Limusa. México.



Sperry J.A., Adler F.R., Campbell G.S. and Comstock J.P. (1998). Limitation of plant water use by rhizosphere and xylem conductance: results from a model. *Plant Cell and Environment*. 21: 347-359.

Squeo F. y León F.M. (2007). Transpiración capítulo III. Fisiología vegetal Universidad de la Serena, La Serena, Chile. 3: 67-84.

Taber H.G. (1983). Effects of plastic soil and plant covers on Iowa tomato and muskmelon production. *Proc. Natl. Agr. Plastics. Congr.* 17: 37-45.

Tapia-Vargas L.M., Rico-Ponce H.R., Larios-Guzmán A., Vidales-Fernández I., Pedraza-Santos M.E. (2010). Manejo nutrimental en relación con la calidad de fruto y estado nutricional del melón cantaloupe. *Rev. Chap. Serie Hort.* 16(1): 49-55.

Tapia-Vargas L.M., Rico-Ponce H.R., Larios-Guzmán A., Toledo B.R., Moreno P.R., Castellanos R.J.Z. (2008). Nutri-riego de melón cantaloupe (*Cucumis Melo* cv. cruiser) con alta tecnología de producción en Michoacán. Folleto Técnico No. 8. INIFAP–CIRPAC. Guadalajara, Jalisco, México.

Tarara J.M. (2000). Microclimate modification with plastic mulch. *J. Hortic. Sci.* 35: 169-180.

Tindall J.A., Beverly R.B., Radcliffe D.E. (1991). Mulch effect on soil properties and tomato growth using micro-irrigation. *J. Agron.* 83: 1028–1034.

Torres J.Ma., Miquel Ma.J. (2003). La geografía del comercio del melón. Internalización del comercio y desestacionalización del consumo del melón. *Economía y Organización. Rev. Hort. Inter.* 25: 16.

Vargas A.J.A. (2000). Producción de melón (*Cucumis melo L*) mediante acolchado plástico y riego por cintilla. Tesis. UACH-URUZA. Bermejillo, Dgo., México.

Wang S.Y., Galletta G.J. y Camp. M.J. (1998). Mulch types affect fruit quality and composition of two strawberry Genotypes. *J. Hortic. Sci.* 33: 636-640.

Waterer D. (2010). Evaluation of biodegradable mulches for production of warm season vegetable crops. *J. Plant. Sci.* 90: 737–743.

Wilson D.J., Jefferies R.L. (1996). Nitrogen mineralization, plant growth and goose herbivory in an arctic coastal ecosystem. *J. Ecol.* 84: 841–851.

Yáñez R.J.N. (2002). *Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Tecnología, Comercio y Servicios Agrícolas Mundiales, Saltillo, Coahuila. UAAAN.* 22 pp.

Yáñez M.E., Cartes P., Reyes D.M., Ribera F.A. and Alberdi M. (2014). Photosynthetic and antioxidant performance are differentially affected by short-term nitrogen supply in highbush blueberry cultivars. *Cien. Inv. Agr.* 41(1):61-70.

Zannon M. (1990). Synergy between plastics reasearch and protected agriculture. proceedings of international congress. *The Use of Plastics in Agriculture.* New Delhi. India.

Zapata N.M., Cabrera P., Bañón S. and Roth M. (1989). *El melón.* Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

Zhang Q.T., Inoue M., Inosako K., Irshad M., Kondo K., Qui G.Y. and Wang S.H. (2008). Ameliorative effect of mulching on water use efficiency of swiss chard salt accumulation under saline irrigation. *J. Food. Agric. Environ.* 3-4: 480-485.

Zribi W., Faci J.M. y Aragües R. (2011). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *Información Técnica Económica Agraria.* 107(2): 148-162.