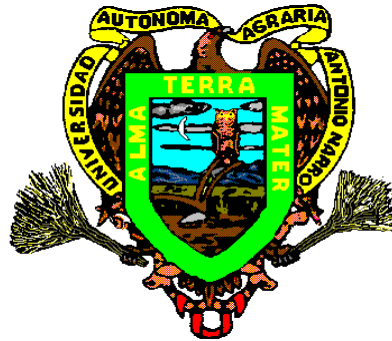


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE AGRONOMÍA



EFFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO DE DIFERENTES  
COLORES EN LA FOTOSÍNTESIS Y RENDIMIENTO EN EL  
CULTIVO DE PAPA

**POR:**

**JOSÉ MANUEL CORTÉS MEJÍA**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA, MÉXICO**

**AÑO 2002**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO DE DIFERENTES COLORES EN LA  
FOTOSÍNTESIS Y RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE PAPA.

POR:

JOSÉ MANUEL CORTÉS MEJÍA.

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada

Presidente del Jurado

Asesor

\_\_\_\_\_  
M.C. José Ángel de la Cruz Bretón

\_\_\_\_\_  
Dr. Luis Ibarra Jiménez

Asesor

Asesor

\_\_\_\_\_  
MC. Juanita Flores Velázquez

\_\_\_\_\_  
Ing. Rene de la Cruz Rodríguez

Coordinador de la División de Agronomía

\_\_\_\_\_  
MC. Reynaldo Alonso Velasco

Buenavista, Saltillo Coahuila, Año 200

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de haber llegado a esta meta en mi vida.

A la UAAAN “mi Alma Mater” fuente inagotable de conocimientos y sabiduría, por haberme dado la oportunidad de superarme en la vida profesional, por lo que llevare su nombre muy en alto.

Al Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA) especialmente a la sección de Agroplásticos y a todo el personal que en el labora.

Al Dr. Luis Ibarra Jiménez, por su asesoría, ayuda y orientación en la culminación del presente trabajo.

A los asesores M.C Juanita Flores Velásquez, M.C. José Angel de la Cruz Bretón y el Ing. Rene Rodríguez Bretón por su valiosa colaboración y revisión realizada al presente trabajo.

A la generación XCII de la especialidad de Ing. Agrónomo en Producción.

En general a todos mis amigos y compañeros de las diferentes especialidades.

## DEDICATORIA

A mi Padre, Manuel Cortés Elizarraraz

Por enseñarme el valor del trabajo.

A mi Madre, Ma. Trinidad Mejía Vargaz

Por ese espíritu de lucha.

Especialmente a ellos por educar con el ejemplo, por su inagotable lucha y esfuerzo siempre para con sus hijos y por transmitirme siempre los valores necesarios para mi formación personal, familiar y profesional.

A mis mejores amigos, Mis hermanos

Salvador

Erasmus

Ana María

Armando

Juana

Javier

Quienes siempre me han apoyado, que a pesar de estar tan lejos siempre los he sentido tan cerca, por los buenos y malos momentos que hemos vivido juntos y por que sigamos manteniendo esa unidad familiar

A la familia Salazar Rodríguez

Por su apoyo incondicional y a quienes les estaré por siempre agradecido.

Gracias

A todos mis amigos con quienes compartí buenos y malos momentos durante mi estancia en la universidad, y no escribo nombres por no omitir alguno.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pag.
AGRADECIMIENTOS _____	iii
DEDICATORIA _____	iv
ÍNDICE DE CUADROS _____	ix
INDICE DE FIGURAS _____	x
RESUMEN _____	xi
I. INTRODUCCION _____	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA _____	4
Clasificación Taxonómica _____	4
Origen e Importancia _____	5
Descripción Botánica _____	6
Tallo _____	6
Hojas _____	6
Raíz _____	6
Flor _____	7
Fruto _____	7
Tubérculo _____	7
Requerimientos Climáticos _____	8
Temperatura _____	8
Humedad _____	8
Luz _____	9
Requerimientos Edáficos _____	9
Requerimientos de Agua _____	10
Fertilización _____	11
Contenido Nutricional de la Papa _____	12
Composición Química de la Papa _____	13
Producción de Papa en México _____	13
Regiones Productoras de Papa en México _____	14

Acolchado Plástico _____	15
Ventajas de Acolchado Plástico _____	15
Desventajas del Acolchado Plástico _____	15
Características de los Plásticos _____	16
Características de las Distintas Láminas de Polietileno Utilizadas para Acolchados _____	17
Efectos del Acolchado Plástico _____	17
Control de Malezas _____	17
Temperatura _____	18
Fertilización _____	18
Actividad Microbiana _____	18
Humedad del Suelo _____	18
Resultados Obtenidos en Evaluaciones con Acolchado Plástico_	19
Riego por Goteo _____	20
Ventajas del Riego por Goteo _____	20
Desventajas del Riego por Goteo _____	21
Efectos del Acolchado Plástico Combinado con Riego por Goteo	22
Fotosíntesis _____	24
Factores Físicos que Interactúan con la Fotosíntesis _____	25
Luz _____	25
Temperatura _____	26
Efecto del CO <sub>2</sub> _____	27
Disponibilidad de Agua _____	28
Edad de la Planta _____	29
Transpiración _____	29
Factores Físicos que Interactúan con la Transpiración _____	30
Luz _____	30
Temperatura _____	31
Humedad Atmosférica _____	32
Velocidad del Viento _____	32
Conductancia Estomática _____	33

III. MATERIALES Y METODOS _____	34
Localización del Lote Experimental _____	34
Clima _____	34
Suelo _____	35
Diseño Experimental _____	35
Modelo Estadístico _____	36
Coeficiente de Variación _____	36
Comparación de Medias _____	37
Establecimiento del Experimento _____	38
Preparación del Terreno _____	38
Siembra _____	39
Características de la Variedad de Papa Mondial _____	39
Riego _____	40
Fertilización _____	41
Otras Labores Culturales _____	41
Deshierbes _____	41
Control de Plagas _____	41
Control de Enfermedades _____	42
Desvare _____	42
Cosecha _____	42
Variables Evaluadas _____	43
Variables Fisiológicas _____	43
Variables Agronómicas _____	43
Peso Seco de Planta _____	44
Rendimiento Total _____	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	45
Fotosíntesis _____	45
Conductancia Estomática _____	49
Humedad Relativa _____	52
Concentración de CO <sub>2</sub> _____	56

Temperatura del Aire _____	58
Peso seco de Planta _____	61
Rendimiento Total _____	63
V. CONCLUSIONES _____	69
VI. BIBLIOGRAFÍA _____	70
VII. APÉNDICE _____	77



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
1-	Dosis de fertilización recomendadas de acuerdo con la región Productora _____	12
2-	Composición química de la papa _____	13
3-	Regiones productoras de papa en México _____	14
4-	Características sobre las distintas láminas de polietileno utilizadas para acolchados _____	17
5-	Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 45 dds en el cultivo de la papa con acolchado plástico. CIQA 2001 _____	77
6-	Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 65 dds en el cultivo de la papa con acolchado plástico. CIQA 2001 _____	77
7-	Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 85 dds en el cultivo de la papa con acolchado plástico. CIQA 2001 _____	77
8-	Análisis de varianza y cuadrados medios de temperatura del aire y concentración de CO <sub>2</sub> en el cultivo de papa con acolchado plástico CIQA 2001 _____	77
9-	Análisis de varianza y cuadrados medios de humedad relativa y fotosíntesis en el cultivo de papa con acolchado Plástico. CIQA 2001 _____	78
10-	Peso seco de planta en las tres fechas de muestreo y rendimiento total _____	78
11-	Análisis de varianza y cuadrados medios de conductancia estomática y peso seco de planta en el cultivo de papa con acolchado plástico. CIQA 2001 _____	78
12-	Análisis de varianza y cuadrados medios de rendimiento total en el cultivo de papa con acolchado Plástico. CIQA 2001 _____	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.		Pag.
1-	Influencia del acolchado plástico en la fotosíntesis en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de papa _____	48
2-	Relación entre conductancia estomática y fotosíntesis en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 45 dds _____	49
3-	Relación entre conductancia estomática y fotosíntesis en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 85 dds _____	50
4-	Influencia del acolchado plástico en la conductancia estomática en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de papa _____	51
5-	Relación entre humedad relativa y conductancia estomática en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 45 dds _____	54
6-	Relación entre humedad relativa y conductancia estomática en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 65 dds _____	55
7-	Relación entre concentración de CO <sub>2</sub> y conductancia estomática en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 65 dds _____	58
8-	Relación entre temperatura del aire y la conductancia estomática en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 65 dds _____	60
9-	Relación entre temperatura del aire y la conductancia estomática en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 85 dds _____	60
10-	Influencia del acolchado en el peso seco de planta en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de papa _____	62
11-	Relación entre peso seco de planta y rendimiento en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 45 dds _____	64
12-	Relación entre peso seco de planta y rendimiento en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 65 dds _____	64
13-	Relación entre conductancia estomática y rendimiento en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 45 dds _____	66
14-	Relación entre conductancia estomática y rendimiento en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 85 dds _____	66
15-	Relación entre fotosíntesis y rendimiento en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 45 dds _____	67
16-	Rendimiento total en toneladas por hectárea en el cultivo de papa con acolchado plástico _____	68

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), en el ciclo Primavera-Verano del año 2001 en Saltillo Coahuila, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes colores de películas plásticas en combinación con riego por goteo en el cultivo de papa y su respuesta en el rendimiento y variables fisiológicas.

Los tratamientos utilizados fueron: acolchado polietileno negro (APN), acolchado polietileno blanco sobre negro (APB/N), testigo (T), acolchado polietileno plata (APP), acolchado polietileno blanco (APB) y acolchado polietileno café (APC).

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables a evaluar fueron fotosíntesis, conductancia estomática, humedad relativa, concentración de CO<sub>2</sub>, temperatura del aire, peso seco de planta y rendimiento total.

Para las variables fisiológicas se hicieron tres mediciones a los 45, 65 y 85 días después de la siembra (dds). Las variables fotosíntesis, conductancia estomática y temperatura del aire no registraron diferencia significativa entre tratamientos. La variable humedad relativa mostró diferencia entre tratamientos

en la primera medición, realizada a los 45 dds donde el APB registró el mayor valor con 34.8%. la variable concentración de CO<sub>2</sub> mostró diferencia significativa entre tratamientos en la tercera medición a los 85 dds, el APC fue el que registró el valor mas alto con 374  $\mu$  L L<sup>-1</sup> .

La variable peso seco de planta no registró diferencia significativa a los niveles de probabilidad requeridos.

El rendimiento total fue diferente entre tratamientos, el valor más alto fue para el tratamiento APB/N con un rendimiento de 29.37 ton/ha, el testigo ocupó el penúltimo lugar con 18.18 toh/ha siendo superado este ultimo con un 38.1% por el APB/N. Los tratamientos APN y APC tuvieron un rendimiento similar.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L) tiene gran importancia tanto a nivel nacional como mundial, ocupando el cuarto lugar en cuanto a producción se refiere superado solo por el maíz, sorgo y arroz. Además tiene muchas ventajas con respecto a los cereales, dentro de las cuales podemos mencionar: precocidad, gran producción por unidad de superficie, además de sus bondades alimenticias, por lo que día con día se buscan técnicas que permitan incrementar su rendimiento y por lo tanto, mejorar la economía del productor.

La agricultura en nuestros días presenta limitantes, pero quizá la principal es la falta de agua ya que la disminución en las precipitaciones y el exceso de extracción de los mantos acuíferos, hace que día con día sea mas escasa. Agregando a estos factores, el uso irracional de la población en general. De acuerdo con la FAO y la Organización Mundial de la Agricultura y la Alimentación, nuestro país ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie de riego en todo el hemisferio occidental y el 5° lugar a nivel mundial, después de India, China, Estados Unidos y Pakistán (De Santiago y Palazuelos, 1999)

En el cultivo de la papa cuya planta es muy suculenta, se busca eficientar el uso del agua y una manera de hacerlo es mediante el uso de

acolchado plástico combinado con el riego por goteo, práctica no usada en nuestro país en regiones paperas. El manejo eficiente del agua empleada en la agricultura se basa en la modernización de los sistemas de riego y actualmente ello no se concibe sin la utilización de los materiales plásticos (Papaseit *et al*, 1997).

El acolchado plástico tiene efectos favorables sobre el suelo y el ambiente como son: conservación de la humedad, mantenimiento de una buena estructura del suelo, mejor utilización de los abonos, aumento de la nascencia de las plantas, menor número de frutos dañados e incluso, eliminación de malas hierbas cuando se utilizan plásticos opacos (Papaseit *et al*, 1997).

Como se mencionó anteriormente el uso del acolchado plástico esta muy relacionado con lo que es el riego por goteo, ya que este tiene la característica de un control excelente sobre la aplicación del agua, y consiste en colocar el agua lo mas cerca posible de la planta tanto como lo permita el tipo de cintilla utilizado. El número y frecuencia de los riegos será de acuerdo al requerimiento del cultivo. Con el uso de este sistema de riego además de que se tiene un gran ahorro de agua, tiene la ventaja de que se puede utilizar como vehículo para realizar fertirrigación y quimigación, que consiste en aplicar los fertilizantes en el agua de riego y el uso de productos fitosanitarios que penetran vía sistémica o bien desinfección del suelo o sustrato.

La propia expansión del mercado mundial y la globalización creciente de la economía aceleran el proceso de la evolución hacia el nuevo equilibrio en el mundo agrícola donde cada día aparecen nuevas y mejores estrategias de producción asociadas al uso de los plásticos y hacen prever una potente introducción de estas en los países modernizando su potencial de producción y consumo agroalimentario (Papaseit *et al*, 1997).

## **OBJETIVOS**

- ❖ Determinar el color de plástico adecuado para su utilización en el acolchado del cultivo de la papa.
  
- ❖ Evaluar el efecto del acolchado plástico en los procesos fisiológicos y agronómicos del cultivo de la papa.

## **HIPÓTESIS**

El uso del acolchado plástico combinado con el riego por goteo influye en la producción de biomasa y rendimiento del cultivo de papa.

## REVISION DE LITERATURA

**Clasificación Taxonómica,** de acuerdo con Báez (1983)

Reino: *Plantae*

Subreino: *Embryophyta*

División: *Espermatophyta*

Tipo: *Angiospermae*

Clase: *Magnoliópside*

Subclase: *Gamopetala*

Orden: *Tubiflora*

Familia: *Solanaceae*

Género: *Solanum*

Subgénero: *Pachystemomum*

Sección: *Tuberarium*

Subsección. *Hyperbasarthrum*

Especie: *Tuberosum*

**Nombre común:** papa y patata

**Nombre científico:** *Solanum tuberosum*



## Origen e Importancia

La papa que se cultiva en nuestro país pertenece a la familia de las solanáceas y tiene su origen en Sudamérica donde fue domesticada y cultivada por las civilizaciones preincaicas e incaicas (Alonso, 1996). De acuerdo con Bolaños (1998) el origen de esta hortaliza se encuentra específicamente en la zona alrededor del lago Titicaca, de donde fue dispersada hacia el resto de Sudamérica, después de la conquista de América pasó hacia Europa y resto del Viejo Mundo.

La papa, *Solanum tuberosum*, es un cultivo importante para la alimentación en todo el mundo y compite con el trigo, arroz y maíz en la producción mundial. Dicho cultivo ha tomado singular importancia en Europa donde se le considera como un alimento básico en la dieta alimenticia de algunos pueblos (Alonso, 1996).

En algunos países como Estados Unidos, Canadá, Perú, Chile, Argentina y Bolivia, la papa es consumida en gran cantidad formando parte regular de la dieta de estos pueblos (Alonso, 1996).

La papa es una de las hortalizas más importantes que se cultivan en nuestro país tanto por su utilidad por unidad de superficie como por el aporte de vitaminas y carbohidratos a la dieta nacional. Se estima que para el año de

1999 la producción nacional fue de aproximadamente un millón ciento once mil toneladas de papa (De Santiago y Palazuelos,, 1999).

### **Descripción Botánica**

La papa es una planta suculenta, herbácea y anual por su parte aérea, y perenne por sus tubérculos (tallos subterráneos) que se desarrollan al final de los estolones que nacen del tallo principal.

#### **Tallo**

Posee un tallo principal y a veces varios tallos, según el número de yemas que broten del tubérculo. Los tallos son de sección angular y en las axilas de las hojas de los tallos se forman ramificaciones secundarias.

#### **Hojas**

Las hojas son alternas igual que los estolones. Las primeras hojas tienen un aspecto simple, vienen después de las hojas compuestas imparipinadas con 3 a 4 pares de hojuelas laterales y una hojuela terminal. Entre las hojuelas laterales hay hojuelas pequeñas de segundo orden.

#### **Raíz**

Las raíces se desarrollan principalmente en verticilio, en los nudos del tallo principal, su crecimiento es primero vertical dentro de la capa de suelo

arable, luego horizontal de 25 a 50 cm, y a veces cuando el suelo le permite nuevamente vertical hasta 90 cm la planta posee un sistema radical fibrosos muy ramificado.

### **Flor**

La inflorescencia es cimosa, las flores son hermafroditas, tetracíclicas, pentameras, el cáliz es gamocépalo lobulado, la corola es rotácea pentalobulada de color blanco púrpura con cinco estambres, cada estambre posee anteras de color amarillo pálido.

### **Fruto**

El fruto es de forma redonda u oval, variando el color desde el verde amarillo, o incluso a violeta; su tamaño suele variar de entre 1 y 3 cm de diámetro. El número de semillas es muy variable y puede ir desde ninguna hasta mas de trescientas (Gordon, 1992). Las semillas del fruto son pequeñas y aplastadas. Cabe señalar que este es el fruto botánico de la planta mas no el que se utiliza como alimento.

### **Tubérculo**

El tubérculo es un tallo subterráneo con yemas axilares en grupos de tres a cinco protegidos por hojas escamosas. Cada una representa una rama lateral en el tallo subterráneo.

El tubérculo es un sistema morfológico ramificado, los ojos tienen una disposición rotada alterna desde el extremo proximal hasta el extremo distal, donde los ojos son más abundantes.

La yema apical del extremo distal es la que primero se desarrolla y domina el crecimiento de todas las otras. A este fenómeno se le ha denominado “dominancia apical” (Montaldo, 1984).

## **Requerimientos Climáticos**

### **Temperatura**

Durante su crecimiento requiere de una variación en la temperatura ambiental. Después de la siembra la temperatura debe subir hasta los 20 °C para que la planta desarrolle bien. Luego se necesita una temperatura más alta para un buen crecimiento del follaje, no sobrepasando los 30 °C. Durante la tuberización es importante que la temperatura se encuentre entre los 16 y 20 °C, especialmente en regiones calientes es esencial que las noches sean frescas para ayudar a la inducción a la tuberización (SEP, 1987).

### **Humedad**

La planta necesita de una constante provisión de agua durante la etapa de crecimiento. La cantidad total de agua para el cultivo es de aproximadamente 500 mm. Durante la primera etapa de desarrollo la planta

requiere poca agua, después y hasta la cosecha el consumo de agua es alto (SEP, 1987).

### **Luz**

El tubérculo no requiere luz para brotar, sin embargo cuando la planta ha emergido necesita bastante luz para su desarrollo. Un sol fuerte durante largos periodos de tiempo reduce la tuberización.

### **Requerimientos Edáficos**

Requiere de suelos profundos, no menores de 30 cm francos o algo arenosos, no se recomiendan suelos demasiado arcillosos pues los terrenos arcillosos dificultan la cosecha y el tubérculo suele ser de mala calidad por su aspecto y es muy difícil lavarlo.

SEP (1987) menciona que las condiciones que debe de reunir un suelo para el cultivo de papa son:

- ◆ La profundidad de la capa de tierra cultivable debe ser por lo menos de 35 cm para que las raíces y los tubérculos puedan desarrollar adecuadamente.

- ◆ La cama de semillas debe de tener una estructura granulada para ayudar a la filtración del agua hacia las raíces. Además de que la tierra granulada facilita la cosecha mecánica.
- ◆ Requiere de un suelo húmedo y a la vez de buena aireación. Un ambiente muy húmedo hace que la papa se pudra y un ambiente muy seco detiene el crecimiento.
- ◆ La acidez del suelo o pH debe estar entre 5.5 y 7.
- ◆ La cantidad de sales debe de ser baja, ya que presenta baja tolerancia a la salinidad.
- ◆ Debe de tener un mínimo del 2% de materia orgánica.

Los suelos francos son los mas adecuados para la producción de papas por que no se secan tan rápido ni tan lentamente y la granulación natural es bastante buena, que facilita la preparación de la cama de semillas y la cosecha.

### **Requerimientos de Agua**

La disponibilidad del agua en el suelo proviene del riego y de la lluvia e influye en los procesos de crecimiento, fotosíntesis y absorción de minerales por parte de la planta. Donde se practica el cultivo de la papa con el agua proveniente de las lluvias, se encuentra estrechamente relacionada la intensidad de la precipitación con el rendimiento final de los tubérculos.

El cultivo de la papa responde bien al riego y su crecimiento es mejor cuando la humedad del suelo se mantiene cerca de lo que es capacidad de campo.

Un exceso de humedad es dañino en el último periodo de desarrollo de los tubérculos, especialmente cuando ya están formados, ocasionando nuevos crecimientos vegetativos de la planta con sus correspondientes depósitos de almidón, lo que provoca tubérculos con hijos y también presentan lo que es el rajeteado que como su nombre lo dice consiste en partiduras de los tubérculos.

### **Fertilización**

La fertilidad del suelo es un factor muy importante en la producción de papas por ser este un cultivo de rápido desarrollo. La fertilidad es el resultado de un abonado racional y un buen manejo del suelo que incluye prácticas culturales, rotación de cultivos y control de la erosión.

La aplicación de fertilizante es uno de los factores que más influyen en el rendimiento final del cultivo por lo que es de gran importancia para el productor seleccionar la dosis y las fuentes apropiadas de fertilizante.

**Cuadro 1.- Dosis de fertilización recomendadas de acuerdo con la región productora.**

<b>Región</b>	<b>Nitrógeno</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Potasio</b>
Navidad, N.L.	100	200	100
Saltillo, Coah	100	200	100
Silao, Gto	150	300	150
Veracruz	200	300	150
Toluca, Mex	180	300	150

En el caso del nitrógeno se recomienda fraccionarlo en dos aplicaciones .Fuente: Productores de Hortalizas(Valadez 1996).

### **Contenido Nutricional de la Papa**

Se podría decir que en términos generales, la papa es uno de los alimentos mas nutritivos para el consumo humano, ya que además de la gran cantidad de carbohidratos que aporta el tubérculo, la producción de proteínas por unidad de área y tiempo, es superior a otras especies cultivadas, ocupando el segundo lugar en cuanto a proteína por hectárea, en comparación con la soya que ocupa el primer lugar (Cuadro 2). La proteína de la papa tiene un valor biológico solamente comparable con la caseína de la leche. Además presenta un buen balance de aminoácidos, siendo relativamente rica en lisina y triptofano, aunque pobre en metionina. Es también fuente de ácido ascórbico, tiamina, niacina, piridoxina y sus derivados: vitaminas del grupo B<sub>6</sub> y riboflavina (Pearsons, 1983).



## Cuadro 2.-Composición química de la papa

Componente	Porcentaje
Agua	65-95
Carbohidratos	15-28
Proteínas	1-4
Grasas	0.05-0.9
Cenizas	0.5-1.5

### Producción de Papa en México

En México se registran alrededor de 49 especies hortícolas que se producen a nivel comercial. Debido a la diversidad de microclimas y tipos de suelo a que se tienen en nuestro país favorables para la producción de hortalizas es posible obtener estos productos todo el año particularmente cultivos como la papa, tomate, cebolla y chile, productos de mayor consumo tanto a nivel nacional como en otros países. De los doce principales productos hortícolas, de papa se cosechan 1.21 millones de toneladas lo que representa el 11 % del total de las hortalizas, solo por debajo del tomate con un 13% (Siller, 2000).

La superficie sembrada de papa se reduce de 72 000 hectáreas en 1989 a 52 000 en 1998, pero el aspecto positivo es que a llevado a los productores a generar una mayor productividad pasando de un promedio de 14 a 21 ton/ha (De Santiago y Palazuelos, 1999)

De los 22 estados que participan en la producción de este importante cultivo Sinaloa, Guanajuato, Estado de México y Sonora aportan más del 55% del total de la producción y junto con Nuevo León, Coahuila y Chihuahua registran los mayores rendimientos, siendo estos de hasta 40 y 45 ton/ha (De Santiago y Palazuelos, 1999). A continuación podemos ver las principales regiones productoras en México así como sus características.

**Cuadro 3.- Regiones productoras de papa en México**

<b>Región</b>	<b>Clima predominante</b>	<b>Principales variedades</b>	<b>Volumen de producción (ton)</b>
Guanajuato, Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas.	Templado con precipitaciones pluviales de 400 a 600 mm	Alpha, Giant, Mondial, Herta, Granola y Atlantic	200 000
Sinaloa, Sonora, Baja California (Norte y Sur).	Templado con precipitaciones pluviales de 500 a 700 mm	Alpha, Giant, Rose Atlantic, White, Granola, Diamante	302 000
México, Michoacán Puebla, Hidalgo y Tlaxcala.	Templado con precipitaciones pluviales de 600 a 1000 mm	Alpha, Irei, Mondial	309 000
Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango.	Templado con precipitaciones pluviales de 300 a 500 mm	Alpha y Atlantic	203 000

Fuente: Productores de hortalizas (De Santiago y Palazuelos, 1999).

## **Acolchado Plástico**

Es una técnica empleada para proteger los cultivos y el suelo de la acción de los agentes atmosféricos, los cuales entre otros efectos reducen la calidad de la fruta, resecan el suelo, enfrían la tierra y arrastran los fertilizantes.

Hernández (1992) atribuye al acolchado plástico las siguientes características: a) el proceso fotosintético se optimiza debido a una mayor apertura estomática, b) el crecimiento de las plantas se ve favorecido por un mayor potencial de agua en las hojas, c) la temperatura de las hojas se mantiene estable evitando el sobrecalentamiento que afecta el desarrollo del cultivo en general, y d) se promueve la elongación y el crecimiento celular debido a una mayor presión osmótica en el interior de las células.

### **Ventajas del Acolchado Plástico**

Robledo y Martín (1981) mencionan que los cultivos que se pueden acolchar presentan grandes ventajas: conseguir cosechas abundantes, precoces, limpias y sanas; reducir el número de riegos suprimir las labores culturales y la reducción de mano de obra, es por ello que esta técnica en la actualidad se aplica a una gran variedad de cultivos.

### **Desventajas del Acolchado Plástico**

- ◆ Alto costo inicial
- ◆ En grandes extensiones se requiere de maquinaria especial

- ◆ Cuando se hace de forma manual es bastante laborioso
- ◆ Esta condicionado para cultivos altamente remunerativos
- ◆ Si no se tiene conocimiento del manejo se pueden propiciar problemas como exceso de humedad y salinización del suelo.

### **Características de los plásticos**

Antiguamente el acolchado se asociaba con el empajado pero en la actualidad el plástico lo ha desplazado casi en su totalidad. Actualmente las explotaciones agrícolas utilizan la técnica del acolchado plástico para ahorrar agua, obtener cosechas más precoces y mayores, de mejor aspecto comercial y estado sanitario (Papaseit *et al* 1997).

En el siguiente cuadro se presentan las características principales de las películas más utilizadas para el acolchado plástico en general.

**Cuadro 4.- Características de las distintas películas de polietileno utilizadas para acolchados (Papaseit et al, 1997)**

<b>Característica</b>	<b>Transparente</b>	<b>Negro</b>	<b>Gris humo</b>	<b>Verde marrón</b>	<b>Blanco/negro</b>
<b>Transmisión de radiación.</b>	80%	Nula	35%	65%	Nula
<b>Crecimiento de malas hierbas.</b>	Elevado	Ninguna	Poca	Menor que transparente	Ninguna
<b>Absorción de calor.</b>	Baja	Elevada	Regular	Baja	Regular
<b>Duración del plástico.</b>	Corta	Larga	Regular	Mayor que el transparente	Bastante larga
<b>Defensa bajas temperaturas.</b>	Buena	Regular	Mediana	Regular	Mala
<b>Rendimiento de cosechas.</b>	Menor que el negro	Alto	Algo mejor que el negro	Similar al transparente	Alto mejor que el negro
<b>Precocidad de cosecha.</b>	Elevada	Mediana	Regular	Elevada	Elevada

### **Efectos del Acolchado Plástico**

**Control de malezas.** El polietileno negro elimina casi la totalidad de las malezas excepto algunas como el coquillo *Cyperus rotundus* L lo cual se debe

a la impermeabilidad a la luz solar impidiendo de este modo la actividad fisiológica (Ibarra y Rodríguez, 1991).

**Temperatura.** La influencia del acolchado sobre la temperatura del suelo se realiza por transmisión al mismo. El plástico detiene el paso de las radiaciones calóricas del suelo hacia la atmósfera en un cierto grado que depende de las características de la película (Zapata, 1989).

**Fertilización.** La temperatura y humedad del suelo se asocian con la naturaleza físico-química de este último condicionando la actividad de la flora microbiana y la reacción química y bioquímica del terreno influyendo decididamente en el sentido positivo o negativo sobre la nitrificación (Ibarra y Rodríguez, 1991).

**Actividad Microbiana.-** La actividad microbiana, principalmente durante el proceso de transformación de las sustancias orgánicas, favorece la producción de anhídrido carbónico bajo la cubierta plástica, observándose un incremento de hasta cuatro veces con respecto al producido en terrenos descubiertos, asimismo durante este proceso hay liberación de nutrientes al hacerse más disponibles para las plantas, las formas asimilables de los elementos nutritivos (Guariento 1983).

**Humedad del suelo.-** En este caso el plástico retiene la humedad del suelo evitando pérdidas por evaporación, conservándola por más tiempo y

evitando su compactación. El grado de evaporación estará en función de la superficie cubierta por el plástico, número y tamaño de las perforaciones donde se colocan las plantas, la colocación de las películas y características físicas del suelo.

### **Resultados Obtenidos en Evaluaciones con Acolchado Plástico**

Wolf *et al* (1989) evaluaron por dos años varios tipos de polietileno transparente y negro para acolchado de suelos en el cultivo del pepino y tomate registrando que la producción temprana fue incrementada, cosechando el 63 % de la fruta tempranamente durante el ciclo productivo de 1985 con suelo acolchado con polietileno.

Encontraron también que la frecuencia y duración en que la temperatura excedía los 35 °C tuvo un impacto negativo en el desarrollo, calidad y porcentaje de la fruta comerciable de tomate. Para el pepino encontraron regresión lineal ( $r^2 = 0.7$  hasta 0.82) entre la acumulación de grados día con el aumento de biomasa y producción temprana.

Chávez (1989) al evaluar diferentes etapas de desarrollo en melón con acolchado y sin acolchar, encontró los siguientes resultados: la floración se adelantó en 11 días con respecto al testigo, sin embargo, una helada impidió obtener la cosecha. En los resultados de este experimento se observó que el acolchado favorece significativamente el desarrollo, precocidad y producción del

melón, además de mejorar la calidad del fruto por no estar en contacto con la humedad del suelo.

### **Riego por Goteo**

Un sistema de riego por goteo es aquel donde se aplica agua filtrada dentro o sobre el suelo directamente a cada planta en forma individual (García, y Briones 1986).

Gurovich (1985) menciona que es un sistema que proporciona agua filtrada y fertilizantes directamente sobre el suelo al lado de la planta.

### **Ventajas del Riego por Goteo**

Existe gran cantidad de cultivos que se pueden irrigar mediante este método, entre ellos principalmente frutales y hortalizas.

García y Briones (1986) menciona que dentro de las principales ventajas de utilizar este método son:

- ◆ Ahorro de agua.
- ◆ Ahorro de mano de obra.
- ◆ Uso óptimo y ahorro en fertilizante.
- ◆ Menor crecimiento de hierbas.



- ◆ Minimiza la formación de costras en la superficie del suelo.
- ◆ Mejora la penetración de las raíces.
- ◆ Rápida maduración.

### **Desventajas del Riego por Goteo**

El riego por goteo se encuentra sujeto a tres problemas potenciales importantes: a) taponadura de los emisores, b) problemas de salinidad en las plantas y c) una mala distribución de la humedad del suelo (Gurovich, 1985).

- a) Las causas más comunes de taponamiento son las partículas de arena y los crecimientos orgánicos; la filtración del agua de riego es la mejor defensa contra estos problemas pues es bastante difícil detectar un emisor tapado.
- b) Todas las aguas de riego contienen sales disueltas, la planta absorbe solamente agua, una gran parte de la sal es dejada en el suelo. Lo mismo ocurre durante el proceso de evaporación.
- c) El sistema de riego por goteo normalmente humedece solo una parte del volumen del suelo necesario para el crecimiento de las raíces por lo tanto el desarrollo del sistema radicular de un cultivo está limitado al área de humedad alrededor de cada emisor.

Otra desventaja es el alto costo comparado con un sistema de producción tradicional, se requiere de una alta especialización y habilidad para el diseño, instalación y mantenimiento adecuado del sistema de riego por goteo.

### **Efectos del Acolchado Plástico Combinado con el Riego por Goteo**

Battikhi y Ghawi (1988) evaluaron la producción de melón bajo acolchado y riego por goteo para calcular los efectos sobre rendimiento, la temperatura del suelo, requerimientos de agua y su distribución y densidad de las raíces. No encontraron diferencias significativas entre los tratamientos acolchados con plástico transparente, plástico negro y testigo, sin acolchar, con respecto al agotamiento de la humedad del suelo, al total de agua suministrada, percolación y evapotranspiración.

La diferencia tampoco fue significativa para peso, densidad y distribución horizontal y vertical de la raíz.

La producción de la parcela acolchada con plástico negro fue significativamente mayor que la producción obtenida de la parcela acolchada con plástico transparente.

La diferencia en la producción fue atribuida a la mejor capacidad de almacenamiento de agua que tuvieron las parcelas acolchadas, aunque las diferencias en este punto no hayan sido significativas.

Davis (1994) señala que se evaluarón diferentes acolchados en pequeña escala en la producción comercial de dos variedades de albahaca *Ocimum basilicum* L en camas con riego por goteo, sobre suelo desnudo o acolchado con polietileno negro y paja de trigo. La bacteria de raíz *Erwinia spp* fue mayor para ambas albahacas cultivadas con paja de trigo y para albahaca dulce sobre suelo desnudo o con acolchado plástico negro. Ambas albahacas cultivadas con madera dura y corteza de pino con acolchado tuvieron bajos síntomas de la bacteria de raíz. Los rendimientos en toda la temporada del cultivo fueron mayores con el acolchado con polietileno negro y menores con madera dura y corteza de pino como acolchado.

Bhella (1988) reporta que al estudiar las respuestas de la sandía *Citrullus lanatus* L cv Charleston grey en combinaciones con y sin riego por goteo y acolchado negro y sin acolchado durante dos años sucesivos, la longitud del tallo fue de 34 % mayor en las plantas cultivadas con riego por goteo que las no irrigadas y 66 % en las plantas con acolchado que las no acolchadas; también se encontró que el rendimiento total y la precocidad fue de aproximadamente 112 y 267 % mayor, para las plantas cultivadas con acolchado combinadas con riego por goteo que las cultivadas sin acolchado y sin riego por goteo.

## Fotosíntesis

El proceso mediante el cual se realiza la conversión de la energía lumínica en los alimentos, se conoce como fotosíntesis. La luz solar al incidir sobre las hojas y activar las funciones de los cloroplastos, desencadenan una serie de reacciones de gran complejidad, en las cuales a partir de bióxido de carbono y el agua, se forman diversos tipos de azúcares que son el resultante de este proceso y componente de las partes comestibles de las especies vegetales (Castaños, 1993).

La fotosíntesis en esencia es un proceso de oxido-reducción, en el que el carbono de  $\text{CO}_2$  atmosférico se reduce a carbono orgánico. La fotosíntesis en las plantas consiste básicamente en la producción de una sustancia orgánica (un glúcido simple) a partir de moléculas inorgánicas (el  $\text{CO}_2$  como sustrato a reducir y el agua como donador de electrones que se oxida), mediante el aprovechamiento de la energía lumínica que se queda almacenada como energía química dentro de la molécula sintetizada y con desprendimiento del oxígeno (de la Rosa, 1997).

Desde el punto de vista eficiencia fotosintética, las hortalizas pertenecen a la cadena llamada  $\text{C}_3$  en la que existe un solo mecanismo de fijación del  $\text{CO}_2$  y de competencia entre diversos ácidos para la utilización del  $\text{O}_2$ .

El proceso fotosintético es muy complejo pero de forma general se lleva a cabo en dos tipos: reacciones lumínicas y reacciones en la oscuridad (de la Rosa, 1997).

Las reacciones lumínicas se definen como el tipo de la fotosíntesis donde es necesaria la presencia de la luz para que estas se lleven a cabo, es decir, la energía lumínica es utilizada y absorbida por los pigmentos presentes en los tilacoides de los cloroplastos y allí es transformada en energía química y depositada en las moléculas de ATP y de NADPH.

Las reacciones de oscuridad se definen como el tipo de reacciones fotosintéticas que no necesitan luz para llevarse a cabo, es decir, pueden realizarse en presencia o ausencia de luz. Estas reacciones ocurren en el estroma del cloroplasto y consisten fundamentalmente en la transformación de  $\text{CO}_2$  atmosférico en carbón orgánico reducido (glucosa).

### **Factores Físicos que Interactúan con la Fotosíntesis**

#### **Luz**

La velocidad a la que ocurre la fotosíntesis no siempre es la misma, a medida que aumenta la intensidad de la luz, ocurre un aumento en la velocidad de la fotosíntesis. Al aumentar la luz solar se aumenta la cantidad de energía

lumínica disponible para la fotosíntesis hasta cierto punto, ya que al llegar a cierta intensidad la velocidad ya no aumenta (Alexander, 1992)

Chermnykh y Kosobrukhov (1988) estudiaron el efecto de varias intensidades de luz, CO<sub>2</sub> y temperatura sobre la actividad fotosintética de las plantas de pepino bajo condiciones de invernadero y observaron un aumento en la temperatura de fotosíntesis máxima cuando se incrementaba la intensidad lumínica; incrementando simultáneamente los niveles de irradiación y temperatura se incrementó el efecto de CO<sub>2</sub> en forma positiva en la fotosíntesis.

### **Temperatura**

Maarkovskaya *et al* (1992) estudiaron la dependencia del crecimiento y desarrollo de las plantas de pepino a la temperatura durante periodos tempranos de ontogénesis y usando varias combinaciones de temperaturas diurnas y nocturnas de 15 °C hasta 35 °C y un fotoperiodo de 12 horas, midieron el peso de la raíz y de la planta entera, número de flores en el cuarto y quinto periodo de ontogénesis y el número de hojas rudimentarias en los brotes laterales, observando que el rango de temperatura óptima para todos los parámetros estudiados fue estrecho de 15 °C a 19 °C durante el día y de 17 °C a 25 °C durante la noche, y que el crecimiento y desarrollo decreció gradualmente cuando la temperatura estuvo por encima o por debajo del rango óptimo.

Acock *et al* (1990) estudiaron el efecto de la temperatura y el enriquecimiento con bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) sobre la producción y acumulación de carbohidratos en las hojas de melón. En un experimento en donde mantenían creciendo plantas a diferentes concentraciones de  $\text{CO}_2$  midieron la producción de carbohidratos mediante el por ciento de asimilación neta de un área foliar base (NARa). La acumulación de carbohidratos fue medida por el contenido de almidón en el azúcar de las hojas. Pusieron en cámaras plantas de melón de 24 y 35 días, por espacio de once días y con temperaturas de día/noche de 20 °C hasta 40 °C y con concentraciones de  $\text{CO}_2$  de 300 a 500 microlitros/litro<sup>-1</sup> y encontraron que cuando se incrementaba la concentración de  $\text{CO}_2$  se aumentaba la NARa y la NARw, y que este efecto era menor cuando las temperaturas eran bajas, especialmente en plantas mas viejas (35 días) encontrando al NARw como mejor indicador de ganancia de peso que el NARa. El NARw fue correlacionado negativamente con el contenido de almidón en el azúcar de las hojas.

### **Efecto del $\text{CO}_2$**

El  $\text{CO}_2$  es la fuente de carbono a partir del cual se sintetizan otros compuestos mediante la utilización de la energía solar. Para poder realizar esta síntesis se requiere de poder reductor y energía química, estas formas son NADPH y ATP respectivamente; ambas se forman mediante reacciones lumínicas de la fotosíntesis. Generalmente se considera que las concentraciones de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  en la atmósfera son de 0.03% y 21%

respectivamente, pero actualmente se sabe que la concentración de CO<sub>2</sub> se esta modificando en el transcurso de los años (Beadle *et al*, 1985).

Todas las plantas hasta ahora estudiadas han dado un mejor rendimiento cuando la concentración de CO<sub>2</sub> se incrementa por encima del nivel que se encuentra presente en la atmósfera (Graffron, 1974).

Nedheroff *et al* (1989) hicieron mediciones de las concentraciones de CO<sub>2</sub> dentro y fuera de invernadero, combinándolo con mediciones lineales proporcionales de ventilación y observaron una correlación positiva entre la fotosíntesis y la concentración de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

### **Disponibilidad de agua**

Una deficiencia de agua en el suelo afecta la fisiología y por ende la producción de la planta debido al estrés hídrico que están sufriendo las plantas. La fotosíntesis es sensible al estrés hídrico, agregando a esto que la planta cierra sus estomas cuando no absorbe agua por lo tanto no hay absorción de CO<sub>2</sub> y este efecto se ve reflejado en plantas marchitas, flacidez de hojas e inclusive de tallos.

La cantidad de agua usada directamente en las reacciones de la fotosíntesis es pequeña, comparada con la transpirada o la almacenada en las plantas en cualquier tiempo, la condición hídrica de la planta influye severamente en el crecimiento de la planta, en particular a través de sus



efectos en la expansión de la hoja y la raíz. La tasa de fotosíntesis del dosel de un cultivo disminuye con la escasez de agua debido al cierre de estomas y a los efectos del déficit hídrico en los procesos de los cloroplastos (Beadle *et al*, 1985).

### **Edad de la planta**

La edad de la planta también es un factor importante en la fotosíntesis. La eficiencia fotosintética depende de la hoja y del genotipo de la planta así como de la demanda de asimilatos en la floración y efecto del medio ambiente. Bajo condiciones medioambientales comparables, la porción de fotosíntesis declina con la edad de la planta y la expansión completa de la hoja (Dwyer y Stewart, 1986).

### **Transpiración**

La transpiración es el proceso mediante el cual la planta regula su temperatura, que consiste en la pérdida de agua en forma de vapor a través de los estomas y cutículas o lenticelas hacia una atmósfera no saturada de humedad.

Tomando en consideración que 1g de agua líquida consume más de 500 calorías para pasar al estado de vapor, se comprende el efecto refrescante de la transpiración. De no ser por este efecto refrescante, las hojas sometidas a

una inmensa carga calorífica no podrían evitar daños por sobrecalentamiento (Urquiza *et al*, 1988).

Salisbury y Roos (1992) demuestran que por cada kilogramo de sacarosa producida, en las plantas de remolacha se transpiraron 450 kg de agua; además observaron que transpiraron 230 kg de agua para producir 1 kg de masa seca, incluyendo tallos, hojas y raíces.

La importancia de la transpiración también se observa en el proceso absorción de agua por las raíces ya que es de suma importancia para la obtención de nutrientes minerales así como su transporte dentro de la misma.

### **Factores Físicos que Interactúan con la Transpiración**

#### **Luz**

La luz es el mecanismo que gobierna la apertura y cierre estomatal en condiciones normales de humedad, temperatura y viento.

La luz blanca tal y como nos llega del sol, esta compuesta de ondas de varias longitudes, pero solo una parte de este espectro visible es efectivo en el proceso fisiológico de la planta.

## Temperatura

La temperatura está relacionada con la transpiración ya que provoca el calentamiento de las hojas por lo que la planta tiene que transpirar o de lo contrario sufriría lesiones.

La velocidad de transpiración es mas baja durante la noche ya que los estomas suelen estar cerrados y la temperatura mas baja reduce la velocidad de evaporación de agua de las células del mesófilo (Alexander, 1992).

Para descubrir la influencia de la temperatura sobre la fenología de las plantas, se ha usado desde el siglo XVIII el concepto de sumas de temperatura, mejor conocido como unidades calor (UC) o grados día. Este concepto postula que el crecimiento y desarrollo del cultivo depende de la cantidad de calor que las plantas reciben, esto quiere decir, que un cultivo alcanza una determinada etapa fenológica cuando haya recibido cierta cantidad de calor independientemente del tiempo que haya requerido para ello (Hernández, 1992).

Jurik *et al* (1984) basándose en varios estudios sugirieron que la temperatura óptima para que la fotosíntesis se incremente con el enriquecimiento de CO<sub>2</sub> debe ser máximo de 35 a 40 °C. Temperaturas superiores a este máximo, comienzan a dañar las enzimas, causando una rápida caída en el rango fotosintético.

### **Humedad Atmosférica**

Se considera que la atmósfera interna de la hoja está completamente o casi saturada. En cambio la atmósfera externa suele estar en condiciones de insaturación y en continuo cambio, por ejemplo, en las mañanas frescas existe menos transpiración y por consiguiente las hojas tienen mayor cantidad de agua, lo contrario ocurre al medio día que es cuando existe mayor transpiración es por eso que se dice que existe un gradiente de presión de vapor entre las atmósferas internas y externas.

Cuanto más pronunciado sea el gradiente de presión de vapor, con mayor rapidez tendrá lugar la transpiración.

### **Velocidad del Viento**

A consecuencia de la transpiración se forma alrededor de la hoja una capa de aire húmedo llamada lámina limitante, el viento modifica esta lámina dependiendo de su velocidad, contenido de humedad y características de la hoja. De esta manera se ve afectada una resistencia de vapor de agua entre la hoja y el ambiente facilitando la pérdida de agua de la planta por transpiración (Díaz,1988).

Se atribuye al viento un 2.6 por ciento de la pérdida total de agua de la hoja. En condiciones naturales, el viento hace cambiar frecuentemente las temperaturas de las hojas (Gates, 1980).

### **Conductancia Estomática**

El estoma tiene como función, proveer de alimento ( $\text{CO}_2$ ) a la planta y al mismo tiempo actúa como termorregulador y evita la deshidratación.

Más del 90% del agua que recibe una planta se pierde a través de las hojas. El vapor de agua se mueve por difusión, a través de los espacios del mesófilo hacia los estomas. Entonces el agua se difunde a través del estoma, directamente de la atmósfera, mientras el vapor de agua se mueve hacia fuera del estoma el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera entra a la hoja por el estoma (Alexander, 1992).

Al estudiar la respuesta estomatal de las hojas de plantas de pepino a los factores del medio ambiente observándose que al irradiar las hojas con luz de tungsteno, la temperatura de la hoja, la transpiración, y la conductancia de la hoja subían rápidamente y posteriormente variaron cuando las condiciones ambientales fueron normales (Kitano *et al*, 1993)

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización del Lote Experimental**

El presente trabajo se realizó durante el ciclo primavera-verano del 2001, en el campo experimental del Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA) en el departamento de Agroplásticos, localizado en el noreste de Saltillo, Coahuila, con las coordenadas geográficas: 25° 27' latitud norte y 101° 02' longitud oeste con una altitud de 1610 msnm.

### **Clima**

De acuerdo con la clasificación de Köepen el clima se define como BS o K (x') (e) y conforme a la modificación hecha por García (1988) para la Republica Mexicana, indica:

Bso = es el clima más seco de los BS, con coeficiente de P/T de 22.9

K = templado, con verano cálido, siendo la temperatura media anual entre 12 y 18 °C.

(x') = Régimen de lluvias intermedio, repartido entre verano e invierno, con una precipitación anual de 320 mm, siendo los meses más lluviosos los comprendidos entre julio y septiembre, acentuándose el mes de julio. La

evaporación promedio mensual es de 178 mm, siendo la más intensa en los meses de mayo a junio con 236 y 234 mm, respectivamente.

## **Suelo**

El suelo del lote experimental es de origen aluvial, sus características más importantes son las siguientes: tiene un pH de 8 aproximadamente, clasificándosele como suelo medianamente alcalino, presenta una textura arcillo-limosa, con una capacidad de campo de 29.7 por ciento y un punto de marchitez permanente de 16.4 por ciento, con una densidad aparente de 1.46 g/cm<sup>3</sup>

## **Diseño Experimental**

El experimento se realizó en un diseño de bloques completos al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones, teniendo un total de 24 unidades experimentales, cada una constituida por una cama de 10 metros de longitud y una separación de 1.8 metros entre camas, se sembró a hilera simple a una distancia de 0.20 metros entre plantas. Las dimensiones del área experimental fueron de 720 m<sup>2</sup> .

Los tratamientos que se evaluaron fueron los siguientes:

- ◆ Acolchado polietileno negro ( APN).
- ◆ Acolchado polietileno blanco sobre negro (APB/N).

- ◆ Testigo (T)
- ◆ Acolchado polietileno plata o plateado (APP)
- ◆ Acolchado polietileno Blanco (APB)
- ◆ Acolchado polietileno café (APC).

### **Modelo Estadístico Utilizado**

El modelo estadístico para un diseño de bloques completos al azar es el siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = denota el  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición.

$i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$j$  = efecto de la  $j$ -ésima repetición

### **Coefficiente de Variación**

El coeficiente de variación se calculó para cada análisis de varianza bajo estudio, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C.V. = \sqrt{\frac{C. M. Error \times 100}{U}}$$

Donde :

C.V. = Coeficiente de variación.



C.M. error = cuadrado medio del error .

$U$  = Media de la muestra.

### Comparación de medias

Se realizó la comparación de medias para las características estudiadas a través de la prueba del rango múltiple DMS (Diferencia Mínima Significativa) en todos los análisis de varianza realizados, la cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$DMS\alpha = (T_{\alpha/2, glee} \sqrt{\frac{2 \text{ CMEE}}{r}})$$

Donde :

CMEE = Cuadrado Medio del Error Experimental

$r$  = Repeticiones

glee = Grados de libertad del error experimental

Los datos de este experimento fueron analizados en computadora mediante el paquete estadístico Statical Analysis System, bajo la siguiente orden, tal y como aparecen a continuación:

data b;

input TRAT REP QNTM TAIR TLEAF CO2 RH PHOTO CS;

cards;

Luego se insertarán los datos en orden, primero el tratamiento uno y sus respectivas repeticiones, luego el tratamiento dos y así sucesivamente, cabe señalar que los datos se copiaron de un archivo donde estaban concentrados en el orden anteriormente mencionado, posteriormente se escribió la siguiente orden:

```
proc anova;  
class trat rep;  
model QNTM TAIR TLEAF CO2 RH PHOTO RS CS=trat rep;  
means trat/lsd;  
run;
```

De esta manera en el análisis aparecieron todas las variables analizadas e incluso la comparación de medias con la diferencia mínima significativa (DMS) para cada una de las variables.

## **Establecimiento del Experimento**

### **Preparación del Terreno**

La preparación del terreno se realizó con las siguientes labores: barbecho, dos pases de rastra, nivelación y formación de camas. Inmediatamente después se realizó la colocación del acolchado plástico.

El acolchado se colocó manualmente, las perforaciones también se hicieron en forma manual, utilizando un tubo caliente de aproximadamente 4 cm de diámetro, a una distancia de 20 cm a hilera sencilla.

### **Siembra**

La siembra se efectuó el día 14 de Marzo del 2001 utilizando la variedad Mondial. Esta actividad se realizó de forma manual depositando directamente las semillas (tubérculos) en los orificios anteriormente hechos.

### **Características de la Variedad de Papa Mondial (Soto 1997)**

**Progenitores:** Spunta x SVP Ve 66295

**Planta:** Tallos predominantemente verdes, muy numerosos, bastante gruesos, extendiéndose mucho; hojas bastante grandes, flexibles, de color verde oscuro; foliolas primarias muy grandes, anchas con nervios profundos; floración abundante, inflorescencias grandes; flores blancas.

**Tubérculos:** grandes, de forma oval alargada; piel amarilla y lisa; carne amarilla y clara; ojos superficiales; poco sensibles al “azulado”.

**Maduración:** Tardía a muy tardía

**Rendimiento:** Muy alto.

**Materia seca:** contenido de mediano a muy bajo.

**Calidad culinaria:** algo harinosa de color puro.

**Follaje:** de desarrollo rápido, mas tarde alto y erguido, de tallos fuertes, cubriendo bien el terreno.

**Brote:** alargado, en forma de cilindro largo, de color rojo morado pálido, bastante peloso, yema terminal pequeña, cerrada, verde; yemas laterales bastante largas.

**Enfermedades:** sensible a *Phytophthora* de la hoja, poco sensible a la del tubérculo, muy resistente al virus A y a la sarna verrugosa, resistente al patotipo A del nemátodo dorado.

## Riego

El sistema de riego utilizado fue por goteo, para lo que se empleó la cinta T-Tape, colocándose una cinta por cama para todos los tratamientos.

Antes de la siembra se dio un riego pesado en el cual se aplicó pentacloronitrobenzeno (PCNB) para desinfección del suelo, al momento de la siembra se dio un riego pesado para tener una buena brotación. Durante el ciclo del cultivo los riegos no tuvieron un patrón fijo debida que los riegos se dieron de acuerdo a las necesidades del cultivo, diagnosticado conforme a la apariencia visual y el tacto. Cabe mencionar que también se limitó un poco el riego en la etapa final por la presencia de un complejo de hongos del suelo que causaron pudrición de la raíz y esta medida se tomó para evitar que el daño fuese mayor.

## **Fertilización**

La fórmula de fertilización utilizada fue 200-400-350 de NPK, respectivamente, utilizando las fuentes: Nitrato de amonio (33-00-00), Nitrato de potasio (14- 00-40) y ácido fosfórico (00-52-00). La fertilización se aplicó durante el ciclo del cultivo por medio del sistema de riego utilizando un inyector venturi marca MIC modelo 484 con un gasto de 2.3 gpm de flujo y 18 gph de succión. La cantidad de fertilizante de N;P y K, se dividió en partes iguales aplicándose dos veces por semana en el agua de riego durante la etapa vegetativa del cultivo.

## **Otras Labores Culturales**

### **Deshierbes**

Se realizaron de forma manual y de manera periódica, para evitar la competencia del cultivo con las malezas.

### **Control de Plagas**

Se realizaron aplicaciones preventivas de algunos agroquímicos como Tecto 60, Mancozeb, Ridomil Bravo, Agrimicin 100, PCNB, , Sultron, Aliett , Manzate, Busan, en cuanto a fungicidas y dentro de los insecticidas methamidofos, Agresor, Nuvacron, Endosulfan y Disparo. Para la aplicación de

estos agroquímicos se utilizó una mochila de aspersión manual con capacidad de 15 litros.

### **Control de Enfermedades**

Dentro de las enfermedades el principal problema que se presentó fue el de pudrición de la raíz, causado por un complejo de hongos de suelo, entre ellos *Fusarium* además de los comunes en papa como son *Phytophthora infestans* y *Aalternaria solani* tizón tardío y tizón temprano de la papa respectivamente. Para la aplicación de estos agroquímicos también se utilizó la mochila de aspersión manual con capacidad para 15 litros.

### **Desvare**

Se hizo de forma manual y consistió en cortar la planta de la base del tallo, se dejó madurar la cutícula del tubérculo por espacio de 23 días y después se procedió a la cosecha.

### **Cosecha**

Esta se realizó en forma manual y para cuantificar el rendimiento se utilizó una báscula de reloj con capacidad de 15 kilos. Los índices de cosecha que se utilizaron fueron el tiempo, conociendo el ciclo del cultivo y mediante muestreos en camas que no se evaluaron, que solo sirvieron de competencia entre tratamientos para ver el desarrollo del tubérculo.

## **Variables Evaluadas**

### **Variables Fisiológicas**

Para la toma de las variables de **fotosíntesis, conductancia estomática, humedad relativa, concentración de CO<sub>2</sub> y temperatura de aire**, se utilizó un aparato portátil que cuantifica estas mediciones, el **Portable Photosynthesis System Li-cor, Modelo LI-6200 (PPS Li-cor)**. Registrando tres tomas en las fechas siguientes: 09 de mayo (45 dds), 29 de mayo (65 dds) y 18 de junio (85 dds). Para todas las mediciones se trató de que la hoja evaluada tuviera una ubicación similar con las del resto de las plantas muestreadas, se buscó también que la hoja estuviera completamente expandida para que recibiera los rayos del sol, cada hoja era colocada en la cámara del equipo. Las mediciones se hicieron a partir de las once de la mañana, tratando en lo posible que las condiciones ambientales fuesen poco fluctuantes al hacer la toma, principalmente la radiación solar, cabe mencionar también que el equipo se calibraba correctamente en cada medición. Una vez almacenados los datos en la memoria del equipo se pasaban a una computadora y se ordenaban.

### **Variables Agronómicas**

Dentro de estas tenemos solo dos que fueron paso seco de planta y rendimiento total.

### **Peso Seco de Planta**

Se hicieron tres cortes de plantas representativas de cada tratamiento y cada repetición en las fechas: 09 de mayo (45 dds), 29 de mayo (65 dds) y 18 de junio (85 dds). Posteriormente se secaron en estufa por separado hojas y tallo a una temperatura de 75 °C, y luego se sumaron los pesos para obtener el peso seco total de planta.

### **Rendimiento Total**

Al momento de la cosecha se clasificaron de la siguiente manera: como frutos de rezaga todos aquellos que presentaban deformaciones, tamaños indeseables y daño por el azadón al momento de desenterrarlos, y los que tenían las características deseables para el mercado, por otro lado. Los frutos de rezaga se pesaron por separado de los comerciales, al final de la cosecha se sumaron los dos pesos de frutos, los de rezaga al igual que los frutos comerciales de cada tratamiento y se expresaron en kg/ha, para posteriormente transformarlos a ton/ha para ser expresado en rendimiento total.



## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para la interpretación de los resultados obtenidos, cabe mencionar que los datos fueron tomados de plantas representativas, en las cuales se consideró que estuviesen totalmente sanas tanto de enfermedades como de daños mecánicos, que estuvieran totalmente expuestas a la radiación solar e incluso que la ubicación de la hoja muestreada en las variables fisiológicas tuviera una ubicación similar dentro de la planta a la del resto de plantas muestreadas, también cabe señalar que las mediciones son instantáneas y por lo tanto específicas por lo que difícilmente permanecen durante todo el ciclo de cultivo e incluso entre un día y otro, ya que además nos encontramos dentro de una zona con un clima muy extremo. Los cuadros de resultados y los cuadrados medios de los análisis de varianza se encuentran en el Apéndice.

### **Fotosíntesis**

Una vez analizados los datos que se registraron en el equipo portátil de medición Portable Photosynthesis System (PPS Li-cor, Inc. Modelo LI-6200) para la variable de fotosíntesis en las tres fechas de muestreo, observamos que no hay significancia entre tratamientos ni entre repeticiones (Cuadros 5, 6 y 7)

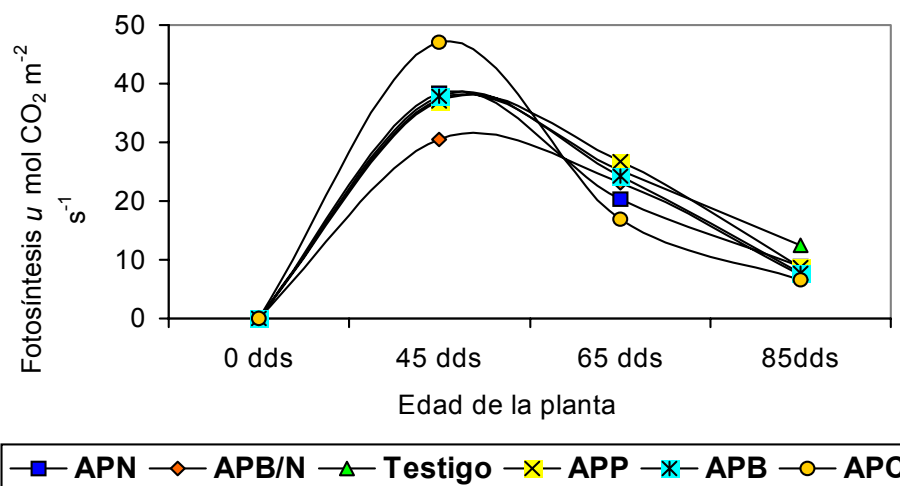
pero para la primera medición realizada a los 45 días después de la siembra (dds), observamos que el acolchado plástico café (APC) fue el que presentó la tasa de fotosíntesis mas alta con  $47.1 \mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , mientras que el resto de los tratamientos fueron muy similares entre sí con valores entre 37.1 y 38.3, pero diferentes al (APC). El acolchado plástico blanco sobre negro (APB/N), obtuvo la menor tasa fotosintética con un valor de  $30.5 \mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Cuadro 5).

En la segunda toma de datos realizada a los 65 dds el valor mas alto de fotosíntesis fue para el acolchado plástico plata (APP) con un valor de  $26.6 \mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , seguido por el testigo con  $25.2 \mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , mientras que el valor más bajo fue para el APC con  $16.8 \mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , que en el primer muestreo fue el que registró el mayor valor (Cuadro 6).

Para la tercera medición a los 85 dds, el testigo fue el tratamiento que obtuvo el valor mas alto con  $12.5 \mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , seguido del acolchado plástico negro (APN) con un valor de  $8.89 \mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , y como en la anterior medición el APC fue el que presentó el valor más bajo con  $6.5 \mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Cuadro 7, Figura 3).

Como se puede observar el tratamiento APC en la primera medición fue el mas sobresaliente y en la segunda y tercera medición fue el que registró los valores más bajos, lo que se puede explicar con lo mencionado por Dwyer y Stewart (1986), que menciona el comportamiento general bajo condiciones

medioambientales comparables, la porción de la fotosíntesis declina con la edad y la expansión completa de la hoja, es lógico que descienda la fotosíntesis con la edad de la planta, además tomando en cuenta que entre mediciones hay un espacio de 20 días, tiempo suficiente para que haya cambios importantes en cuanto a la madurez de la planta y por consiguiente baja en su tasa fotosintética como se observa en la Figura 1. Las variables fisiológicas fotosíntesis, transpiración, humedad relativa y conductancia estomática están estrechamente relacionadas (Borrego, 1993). En las Figuras 2 y 3 podemos observar que la conductancia estomática esta directamente relacionada con la fotosíntesis ya que a medida que baja la conductancia también baja la tasa fotosintética, o al menos esa es la tendencia que se observa en las figuras anteriormente mencionadas. Una manera de ver si existe o no correlación entre un grupo de caracteres o variables consideradas es por medio del análisis de correlación. La correlación puede ser positiva o negativa, decimos que existe correlación positiva cuando en una serie de observaciones su tendencia es a aumentar simultáneamente con otra variable considerada y es negativa cuando existe una serie de observaciones que responden en sentido contrario a otra variable considerada.



**Figura 1.- Influencia del acolchado plástico en la fotosíntesis en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de papa.**

En las gráficas de correlación para fotosíntesis y conductancia estomática (Figuras 2 y 3), observamos la correlación que hay entre estas dos variables y vemos que la línea de tendencia es positiva, es decir, a mayor conductancia, mayor fotosíntesis, además, el valor de la  $r$  nos indica de manera más precisa la relación entre las variables, y en las gráficas anteriormente mencionadas observamos que el valor de  $r$  es de  $0.82^*$  y  $0.87^*$  correspondiente a la primera y tercera medición 45 y 85 dds, con una ecuación  $y = 17.62 + 11.6(x) - 1.43(x)^2$  y,  $y = 12.2 - 31.13(x) + 50.51(x)^2$ , respectivamente, los que indican que la correlación fue significativa (al 0.05 de probabilidad) el valor de  $r$  en la segunda medición (65 dds) fue de  $0.61$  no significativo (NS).

Además, si observamos los datos de conductancia estomática (Cuadros, 5, 6 y 7), están directamente relacionados con la fotosíntesis ya que

en la segunda y tercera medición coinciden los valores más altos de fotosíntesis con los de conductancia estomática, y en la primera lectura solo se invierten, es decir el primer lugar en fotosíntesis es el segundo en conductancia y el primero en conductancia el segundo en fotosíntesis.

### Conductancia Estomática

En el análisis de varianza para dicha variable (Cuadro 10) encontramos que no hay diferencia significativa entre tratamientos ni entre repeticiones, sin embargo, en la primera medición (45 dds) el tratamiento acolchado plástico blanco (APB), registró el valor mas alto con  $5.008 \text{ cm s}^{-1}$ , seguido por el APC con un valor de  $3.974 \text{ cm s}^{-1}$ , quedando con el valor mas bajo el APB/N  $1.231 \text{ cm s}^{-1}$  (Cuadro 5).

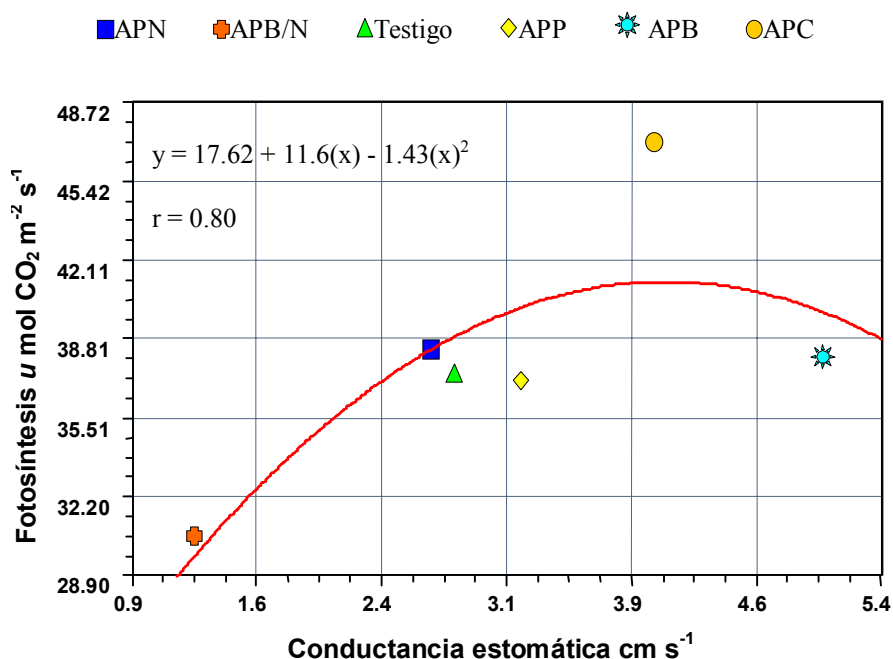
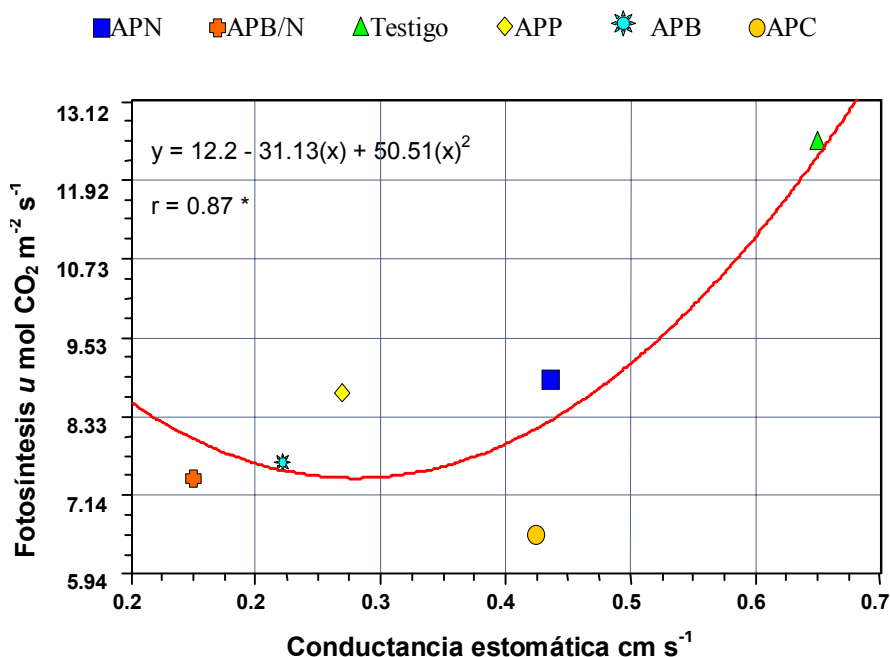


Figura 2.- Relación entre conductancia estomática y fotosíntesis en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 45 dds.



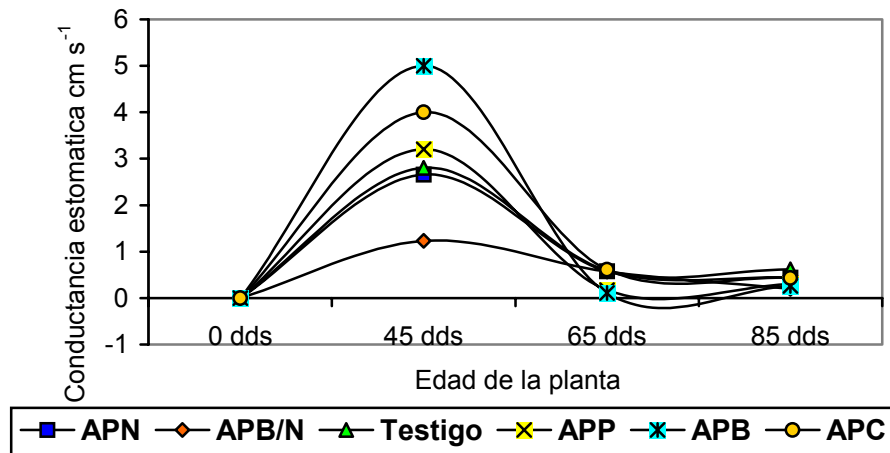
**Figura 3.- Relación entre conductancia estomática y fotosíntesis en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 85 dds**

En la segunda medición el tratamiento APP registró el mayor valor con  $1.7245 \text{ cm s}^{-1}$ , seguido por el APB con  $1.0636 \text{ cm s}^{-1}$ , quedando el APB/N con el menor valor con  $0.5692 \text{ cm}$  (Cuadro 6).

En la tercera medición el tratamiento que obtuvo el valor más alto fue el testigo con un valor de  $0.6153 \text{ cm s}^{-1}$ , seguido por el APN con un valor de  $0.4378 \text{ cm s}^{-1}$ , y nuevamente el valor mas bajo fue para el APB/N con un valor de  $0.202 \text{ cm s}^{-1}$ .

En la Figura 4 podemos ver el comportamiento de esta variable durante el ciclo del cultivo y debido a que tiene una gran relación con la fotosíntesis

vemos que fue muy similar ya que a medida que madura la planta se van reduciendo gradualmente los valores de conductancia como se observa en las diferentes fechas de muestreo (Cuadros 5, 6 y 7).



**Figura 4.- Influencia del acolchado plástico en la conductancia estomática en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de papa.**

La conductancia es uno de los procesos fisiológicos más importantes ya que interactúa con fotosíntesis y humedad relativa. En los Cuadros 5, 6 y 7) se observa que a medida que se reduce la conductancia se reduce la fotosíntesis y la humedad relativa, como se observa también en las Figuras 5 y 6 por lo que podemos decir que la conductancia tiene gran influencia en la fotosíntesis.

Guerra (1997) coincide con los resultados encontrados en este trabajo, menciona que la fotosíntesis está en función de la concentración intercelular de CO<sub>2</sub> que cambia de acuerdo a la conductancia estomática, por lo que podemos mencionar que los resultados indican que la tasa de intercambio gaseoso depende principalmente de la conductancia estomática y ésta de la humedad relativa como se menciona mas adelante.

## **Humedad Relativa**

Para el caso del análisis de esta variable, en el Cuadro 9 se observa que hubo diferencia significativa entre tratamientos, mas no entre repeticiones esto solo para la primera lectura, encontrando que el valor mas alto fue el APB seguido por el APP con 34.8 % y 33.47 % respectivamente, ubicándose en el último lugar el APB/N con un 26.4 %.

En la segunda lectura (65 dds) no hubo diferencia significativa entre tratamientos pero si entre repeticiones, lo que indica que todos los tratamientos son estadísticamente iguales y haciendo una comparación numérica el tratamiento que se ubicó en el primer lugar fue el APP/N con un valor de 32.6 %, seguido por el testigo, APB/N, APN, APB, que fueron iguales entre sí con una diferencia entre el valor mas alto y el valor mas bajo de 2% teniendo con el valor más bajo al APC con un 22.1 % (Cuadro 6). La diferencia entre repeticiones se puede deber a que las lecturas se hicieron a partir de la 11 de la mañana hasta las 2 de la tarde, y la diferencia de toma de datos entre una repetición y otra en el mismo tratamiento fue de aproximadamente 45 minutos, por lo que a medida que avanzaba el día, iba aumentando la temperatura, factor que reduce la humedad del ambiente.

En la última lectura (85 dds) no hubo diferencia entre tratamientos ni entre repeticiones encontrando que el tratamiento que obtuvo el más alto valor



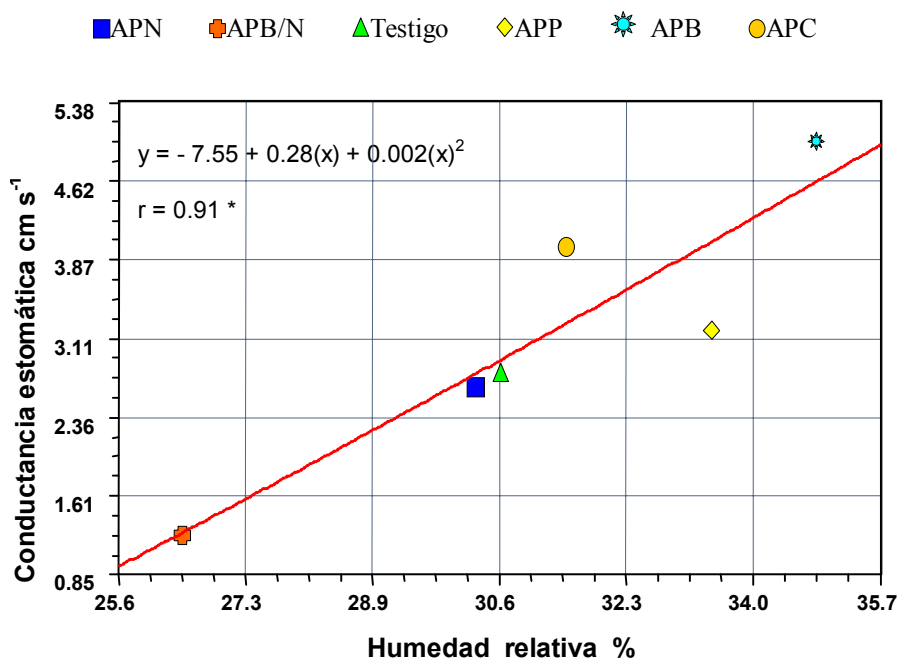
fue el testigo con un valor de 29 %, seguido por el APP con 21.8 % y en el último lugar el APB con un 19.7 %.

Como ha sido mencionado y podemos ver en los Cuadros, 5 6 y 7 la humedad relativa, fotosíntesis y conductancia estomática se encuentran interaccionando entre sí, es decir, dependen mucho una variable de las otras dos, ya que el mismo tratamiento que ocupó el primer lugar en una de las variables lo hizo en las otras dos, y lo mismo en las otras mediciones, excepto en la primera medición en el que el APB obtuvo el primer lugar en cuanto a humedad relativa y conductancia estomática, pero el segundo lugar en fotosíntesis.

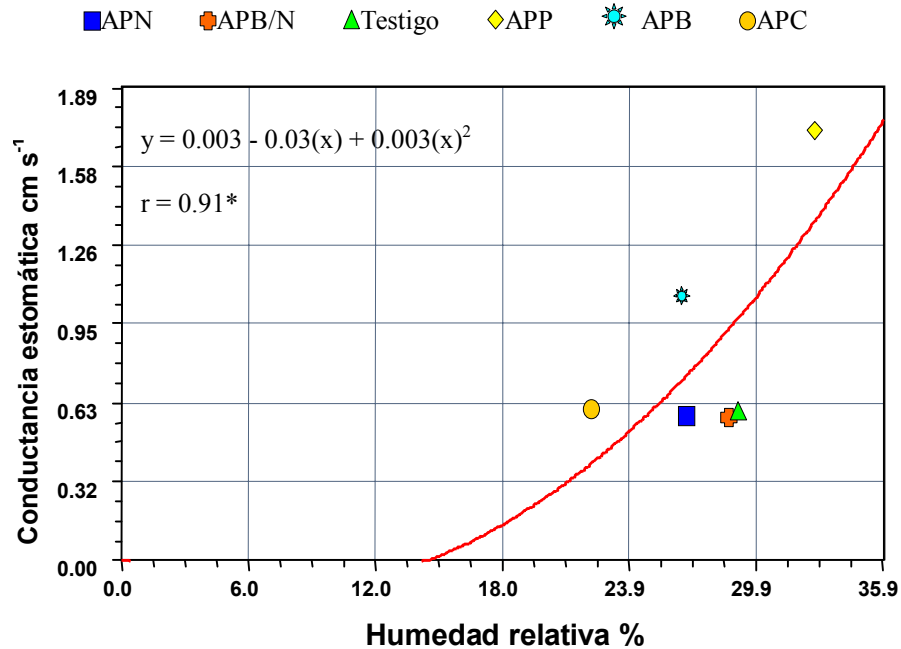
De acuerdo con Díaz (1988) la humedad relativa participa en el balance energético entre la planta y la atmósfera al interferir sobre la radiación que recibe la planta y de esta manera disminuir el calentamiento modificando al mismo tiempo la transpiración de la planta al establecerse una diferencia de concentración de aire entre la atmósfera y la planta.

En las gráficas de correlación para esta variable (Figura 5 y 6) podemos ver la relación que hay entre humedad relativa y conductancia estomática donde las mediciones realizadas a los 45 y 85 dds el valor de  $r$  es de 0.911\*, con una ecuación de  $y = -7.55 + 0.28(x) + 0.002(x)^2$  y,  $y = 0.003 - 0.03(x) + 0.003(x)^2$  lo que lo ubica dentro del rango de significativo al 0.05 de probabilidad. Cabe mencionar que solo le faltaron seis milésimas para alcanzar

la significancia al 0.01 de probabilidad es decir 0.917\*\*, por lo que se puede ver la gran influencia que tiene la humedad relativa en la conductancia estomática. Además, en las gráficas podemos ver que la línea de tendencia nuevamente es positiva es decir a mayor humedad relativa mayor conductancia estomática.



**Figura 5.- Relación entre humedad relativa y conductancia estomática en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 45 dds**



**Figura 6.- Relación entre humedad relativa y conductancia estomática en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 65 dds**

Bunce (1984), menciona a Forset y Ehleringer, quienes consideran que cuando la humedad relativa es baja los cambios de adsorción de CO<sub>2</sub> se deben a componentes no estomatales, pues encontraron que manteniendo la concentración intercelular de CO<sub>2</sub> constante, la fotosíntesis neta en *Malvastrum rotundifolium* disminuyó al bajar la humedad y no hacen responsable a la transpiración ya que esta se incrementa cuando la humedad disminuye. En nuestro trabajo vemos como regularmente el tratamiento que registró la mayor humedad relativa también registró la mayor conductancia y fotosíntesis, coincidiendo con lo observado por Bunce (1984), que indica que a humedad relativa baja, menor valor de la fotosíntesis, independientemente de la concentración de CO<sub>2</sub>.

## Concentración de CO<sub>2</sub>

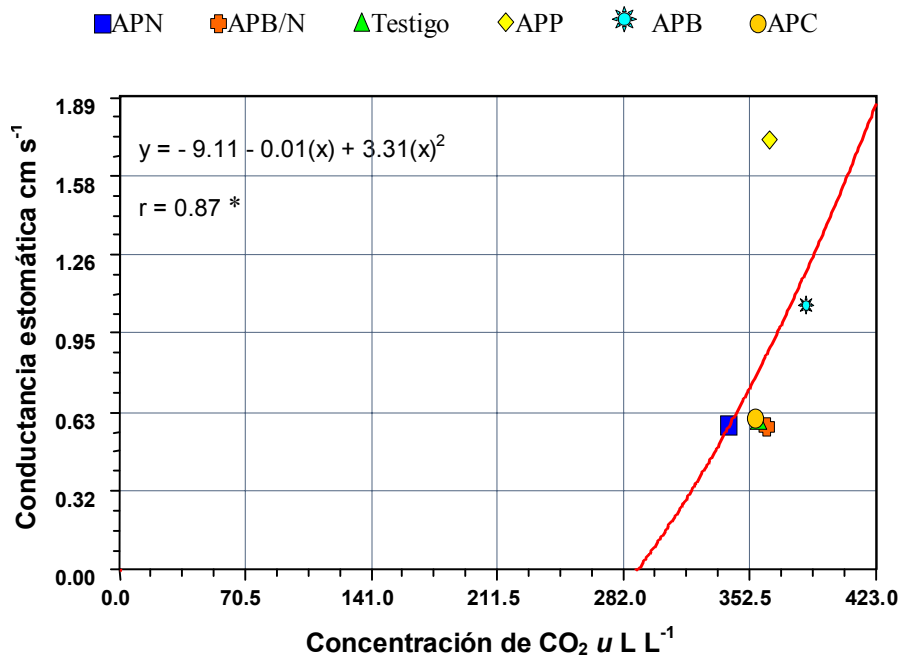
Respecto a esta variable podemos ver en el ANVA que hubo diferencia significativa entre tratamientos y entre repeticiones. En la primera toma de datos no hubo diferencia entre tratamientos pero si entre repeticiones donde observamos que es significativa al 0.01 por ciento (Cuadros 5 y 8) donde el mejor tratamiento fue el APC con  $335.99 \mu\text{L L}^{-1}$  que también fue el mayor en fotosíntesis y segundo en conductancia, seguido por el APB/N con un valor de  $335.7 \mu\text{L L}^{-1}$ , y en último lugar el APB con  $325.7 \mu\text{L L}^{-1}$ .

En la segunda toma de datos no hay diferencia significativa en tratamientos ni en repeticiones, pero el valor mas alto lo registró el APB, seguido por el APP y en último lugar el APN con  $384.56$ ,  $363.97$  y  $341.22 \mu\text{L L}^{-1}$ , respectivamente. En la tercera medición hay diferencia significativa entre tratamientos y entre repeticiones encontrando con el valor mas alto al APC con  $374.87 \mu\text{L L}^{-1}$ , seguido por el APN y al APB con valores de  $357.4$  y  $357.0 \mu\text{L L}^{-1}$ , respectivamente ubicándose en el último lugar el testigo con  $333.13 \mu\text{L L}^{-1}$ . De lo anterior se puede concluir que la mayor concentración de CO<sub>2</sub> estuvo influenciada por el acolchado de suelos, lo que concuerda muy bien con algunos resultados de investigación. Es posible también que la mayor concentración de CO<sub>2</sub> entorno al cultivo este influenciando positivamente el rendimiento del cultivo de papa.

En la Figura 7 la correlación para conductancia estomática y concentración de CO<sub>2</sub> a los 65 dds, es de  $r = 0.87^*$  con una ecuación de  $y = -9.11 - 0.01(x) + 3.31(x)^2$ , la relación entre estas dos variables es significativa al 0.05 de probabilidad, para las otras dos mediciones los valores de r fueron de 0.71 y 0.72. En la figura 7 podemos ver que la línea de tendencia es positiva, por lo que a mayor conductancia estomática mayor concentración de CO<sub>2</sub>.

Como se puede observar en los Cuadros 5, 6 y 7 la concentración de CO<sub>2</sub> no se ve tan relacionada con la conductancia estomática ya que en la tercera medición el mejor tratamiento fue el testigo en cuanto a fotosíntesis, humedad relativa y conductancia estomática, pero fue el más bajo para concentración de CO<sub>2</sub> y en las otras dos mediciones se observa de manera irregular es decir no guarda ningún orden ya que para algunas variables es el primero, pero en otras está al final o intermedio, esto no quiere decir que la concentración de CO<sub>2</sub> no sea importante sino que no varió tanto en el momento de las mediciones por lo que no interactúa tanto con las demás variables. De acuerdo con Gaastra (1985) Potvin y Strain (1985), el dióxido de carbono normalmente incrementa la fotosíntesis en la planta; pero la mayoría del incremento de este depende de la temperatura, Hopen y Ries (1962). Obviamente los resultados de nuestro trabajo concuerdan con lo anterior y con lo encontrado por Bunce (1984), que indican que a humedad relativa baja, menor fotosíntesis independientemente de la concentración de CO<sub>2</sub>.

Baldochi *et al* (1981) estudiaron el efecto de los factores ambientales sobre el flujo de CO<sub>2</sub> y la relación flujo de CO<sub>2</sub>/agua en el cultivo de la alfalfa, encontrando que el flujo de CO<sub>2</sub> en el ambiente fue dependiente de la radiación solar y la temperatura del aire.



**Figura 7.- Relación entre concentración de CO<sub>2</sub> y conductancia estomática en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 65 dds**

### Temperatura del Aire

En el análisis de esta variable podemos observar en los Cuadros 5, 6 7 y 8 que no hay diferencia entre tratamientos, entre repeticiones encontramos que sí hay significancia al 0.01 por ciento, lo que puede deberse a que como las mediciones se hicieron entre las once y dos de la tarde, conforme avanzaba el tiempo cambiaban las condiciones entre una repetición y otra, además de que las mediciones entre una repetición y otra fue a diferente tiempo.

En las Figuras 8 y 9 podemos ver la relación existente entre conductancia y temperatura del aire donde el valor de  $r$  a los 45 dds es de 0.36 NS, pero para los 65 y 85 dds  $r$  tiene un valor de 0.83\* y 0.88\*, respectivamente y sus ecuaciones  $y = - 2.67 + 0.16(x) - 0.004(x)^2$  y,  $y = - 286.44 + 16.88(x) - 0.25(x)^2$ , habiendo significancia al 0.05 de probabilidad para estas dos variables, además, podemos ver la línea de tendencia negativa, es decir, a mayor temperatura menor conductancia, esto se puede deber a que la temperatura óptima de crecimiento de la planta de la papa en sus diferentes etapas se encuentra entre 20 y 30 °C, como se observa en la Figura 8 que la línea de tendencia tiene su óptimo alrededor de los 20 °C y en nuestras mediciones la temperatura más baja registrada fue de 33.3 °C.

Calvert (1996) menciona que la temperatura influye en la distribución de asimilatos, durante la fase de crecimiento vegetativo una alta temperatura favorece el crecimiento foliar a expensas del ápice, mientras que con una temperatura baja ocurre lo contrario, por lo que en este trabajo se encontraron resultados similares ya que la temperatura regularmente fue alta y todos los tratamientos tuvieron buen crecimiento foliar.

Los factores tanto internos como externos interaccionan entre si (De la Rosa 1997), la radiación influye sobre la temperatura del aire y esta sobre la humedad relativa y también sobre la difusión de CO<sub>2</sub> y el grado de apertura del estoma.

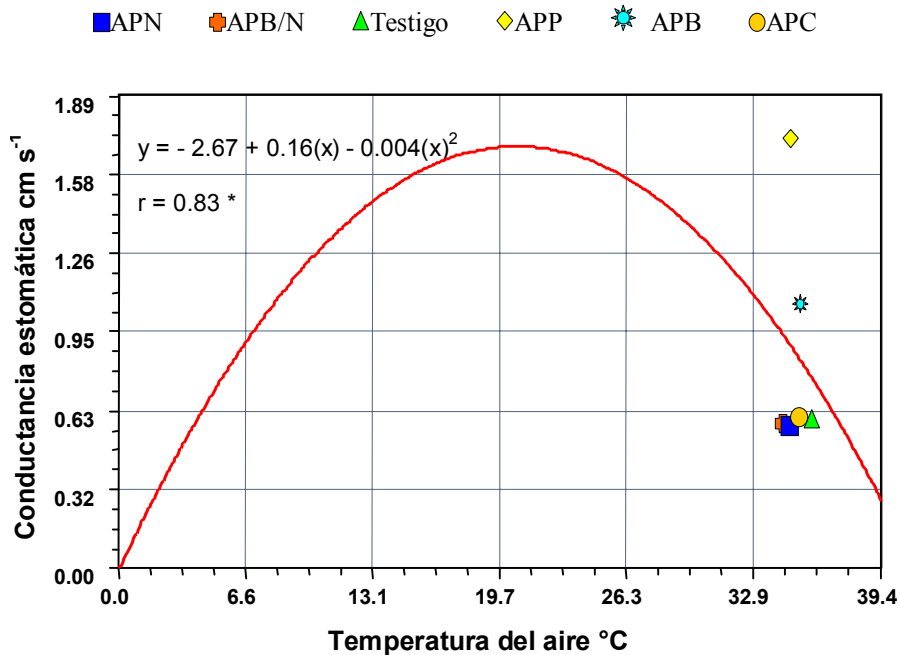


Figura 8.- Relación entre temperatura del aire y la conductancia estomática en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 65 dds

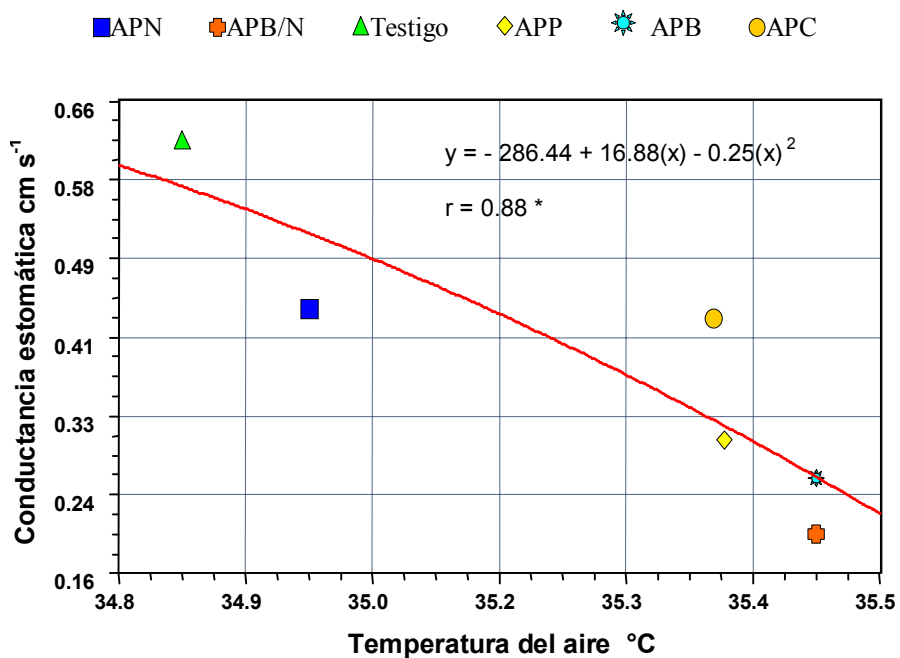


Figura 9.- Relación entre temperatura del aire y conductancia estomática en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 85 dds



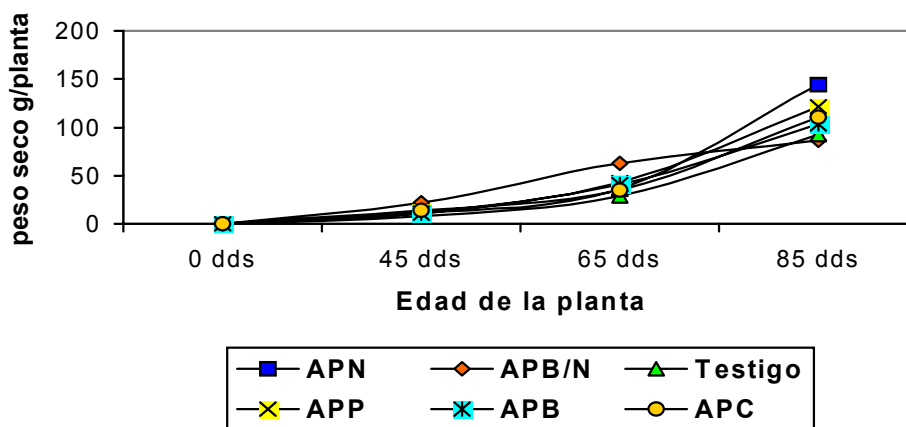
### **Peso Seco de Planta**

En el análisis de varianza vemos que no hay diferencia significativa entre tratamientos ni entre repeticiones (Cuadro 11), pero el mayor peso seco fue para el APB/N con 21.46 g/planta en la primera medición (45 dds), seguido por el APC con 13.47 g/planta y en el último lugar el testigo con 8.7 g/planta. En la medición realizada a los 65 dds nuevamente el APB/N fue el que registró el mayor peso con 62.38 g/planta, seguido por el APN con 42.54 g/planta y como último nuevamente el testigo con un peso de 28.9 g/planta. En la última medición (85 dds) el APP fue el que obtuvo el peso más alto con 144.16 g/planta, en segundo lugar encontramos el APC con 121.34 g/planta y en el último lugar el APB/N con un peso de 87.01 g/planta. Cabe señalar que el testigo fue superado por todos los tratamientos en las tres mediciones excepto en la tercera medición que se ubicó en penúltimo lugar superando al APB/N.

Como podemos observar el tratamiento con el valor más alto fue el APB/N ya que obtuvo el primer lugar en las dos primeras mediciones, en la tercera medición ocupó el último lugar, lo que puede atribuirse a que se pudo tener un error al momento de cosechar las plantas y no fuese tan representativa o simplemente sí fue superado por los demás tratamientos. Estos datos se pueden observar en el Cuadro 10 del Apéndice.

En la Figura 10 se puede ver que a medida que avanza el ciclo del cultivo se incrementa la acumulación de materia seca observando al acolchado plástico blanco sobre negro, como el tratamiento con mayor valor superando al

testigo y reflejándose esto en el rendimiento. El testigo fue superado por el APB/N con un 38 %. Siendo este último el que presentó el mayor rendimiento y también el que registró el mayor peso seco en las dos primeras mediciones.



**Figura 10.- Influencia del acolchado plástico en el peso seco de planta en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de papa.**

En las gráficas de correlación (Figuras 11 y 12) se observa que hay una correlación positiva para estas variables, es decir, a mayor peso seco de planta o bien mayor acumulación de biomasa, mayor rendimiento, lo que es lógico, ya que a mayor cantidad de biomasa quiere decir que hay mayor área foliar, y por consiguiente mayor rendimiento. En dichas figuras podemos ver que el valor de  $r$  a los 45 dds fue significativo al 0.05 de probabilidad con un valor de  $r = 0.82^*$  y una ecuación de  $y = 21.24 - 0.58(x) + 0.044(x)^2$ , para la medición realizada a los 65 dds vemos que es significativa pero al 0.01 de probabilidad, es decir, altamente significativo con un valor para  $r = 0.97^{**}$  y la ecuación de  $y = 3.63 + 0.51(x) - 0.002(x)^2$ , por lo que podemos decir que la acumulación de materia seca esta influenciando fuertemente al rendimiento.

La fotosíntesis resulta un índice adecuado para estudiar el efecto de algunos factores ambientales importantes sobre la acumulación de materia orgánica en la planta y por lo tanto sobre el aumento del peso seco, directamente relacionado con el crecimiento (de la Rosa, 1997).

### **Rendimiento Total**

Para la variable rendimiento el ANVA nos indica que hay diferencia altamente significativa entre tratamientos mas no entre repeticiones (Cuadro 12) observamos nuevamente al APB/N como el mayor, con un rendimiento de 29.37 ton/ha y en segundo lugar, muy parejos el APB y el APP con 23.14 y 23.14 ton/ha respectivamente ubicándose el testigo en el penúltimo lugar con 18.18 ton/ha siendo superado con un 38.1% por el APB/N.

Como se puede observar el rendimiento total no esta tan relacionado directamente con las variables fisiológicas o al menos eso es lo que se encontró en el presente trabajo ya que si observamos en la mayoría de las variables, incluso tomándolas en cuenta en las tres diferentes mediciones el APB/N fue de los que registraron los valores mas bajos, por ejemplo, en conductancia estomática, fotosíntesis y humedad relativa, coincidiendo con lo que menciona Estrella (1999) que estudió el efecto del acolchado y cubiertas flotantes en el cultivo de la sandía, encontrando que influyen muy poco en fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática ya que no se encontró diferencia significativa.

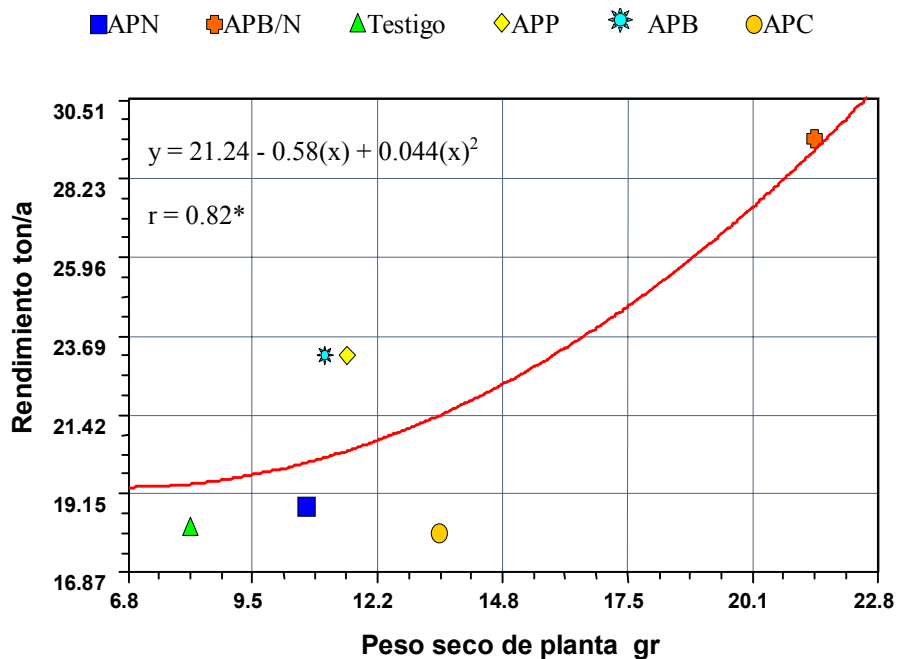


Figura 11.- Relación entre peso seco de planta y rendimiento en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 45 dds

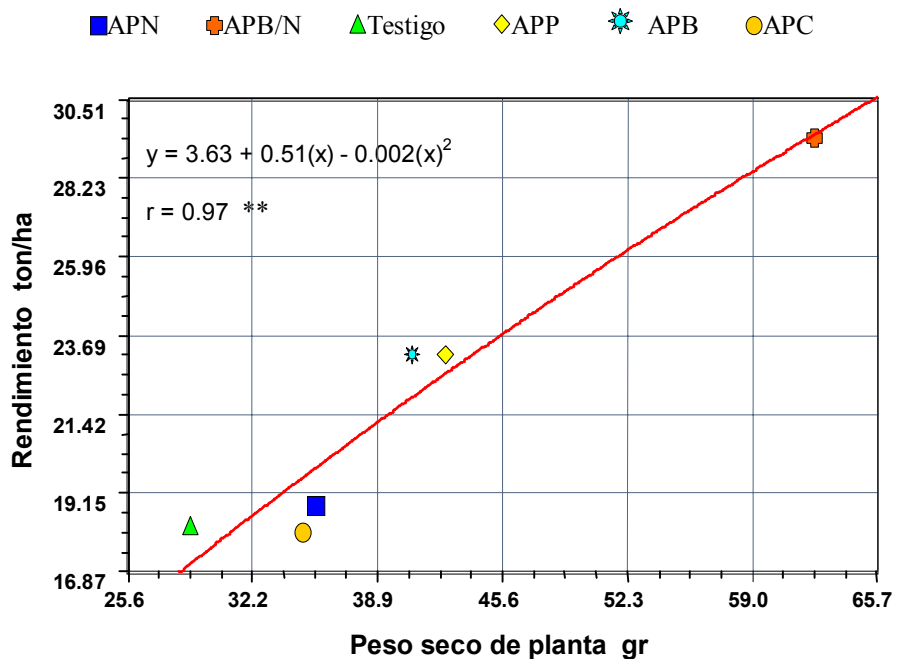


Figura 12.- Relación entre peso seco de planta y rendimiento en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 65 dds

Para el peso seco en las primeras dos mediciones el APB/N fue el que registró el peso más alto, y como ya se mencionó anteriormente en el análisis de dicha variable, el hecho de que en el último muestreo haya sido el que registró el menor valor puede deberse a que al momento de tomar la muestra no se haya hecho de la manera correcta y no se eligió verdaderamente una planta representativa. Es obvio que el peso seco sí está relacionado con el rendimiento lo cual podemos observar en las Figuras 11 y 12, donde se ve claramente que a mayor peso seco mayor rendimiento e incluso el valor de  $r$  en la Figura 12 es de 0.97 \*\* es decir significativo al 0.01 por ciento y en la figura 10 es de 0.82 \*, significativo al 0.05 por ciento.

En las Figuras 13 y 14 que corresponden a la correlación entre la conductancia estomática y rendimiento a los 45 y 85 días vemos que la línea de tendencia es negativa hasta cierto punto, lo que indica que a menor conductancia mayor rendimiento, por lo que se considera que la conductancia no explica el comportamiento fisiológico que influye para los incrementos en el rendimiento. Los valores de  $r$  son de 0.87\* y 0.98 \*\*, significativos al 0.05 y 0.01 por ciento a los 45 y 85 dds, respectivamente, con una ecuación de  $y = 42.77 - 13.65(x) + 1.96(x)^2$  y de  $y = 46.82 - 113.81(x) + 109.61(x)^2$  en el mismo orden. En los Cuadros 6 y 7 se puede ver que el testigo mantuvo su conductancia en un valor de  $0.6 \text{ cm s}^{-1}$  para la segunda y tercera medición mas no así el resto de los tratamientos que tuvieron valores diferentes en forma descendente en las tres lecturas.

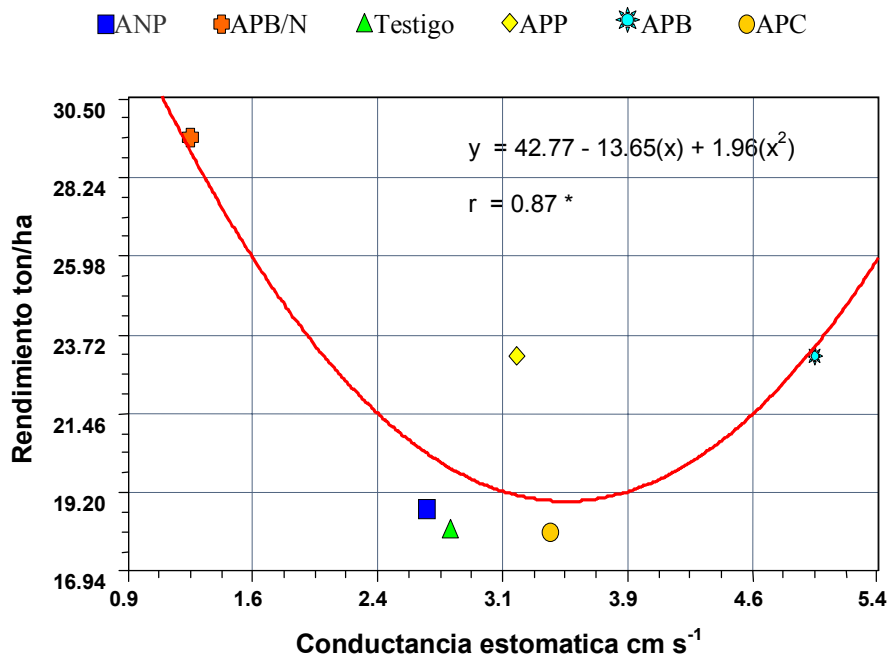


Figura 13.- Relación entre conductancia estomática y rendimiento en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 45 dds

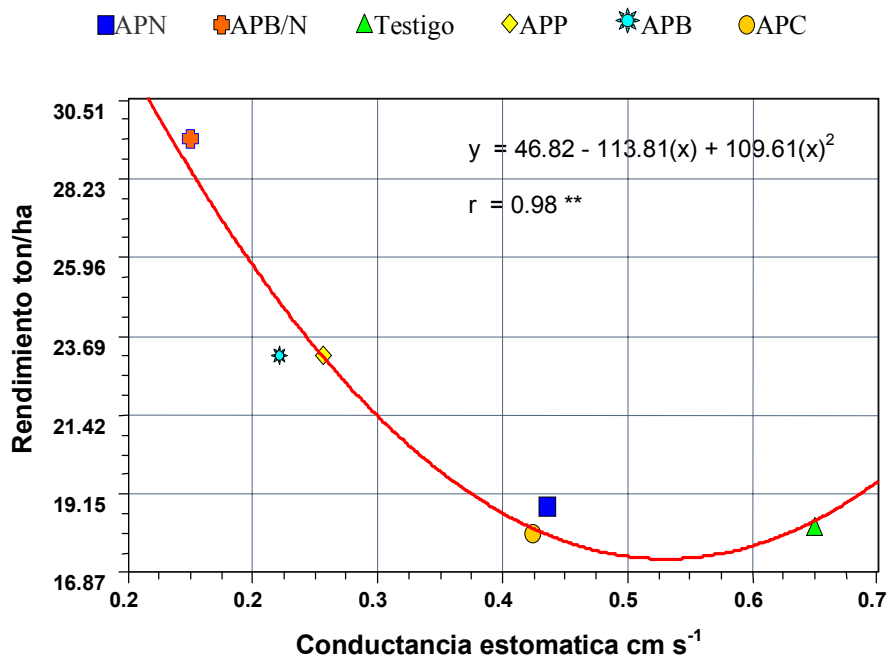
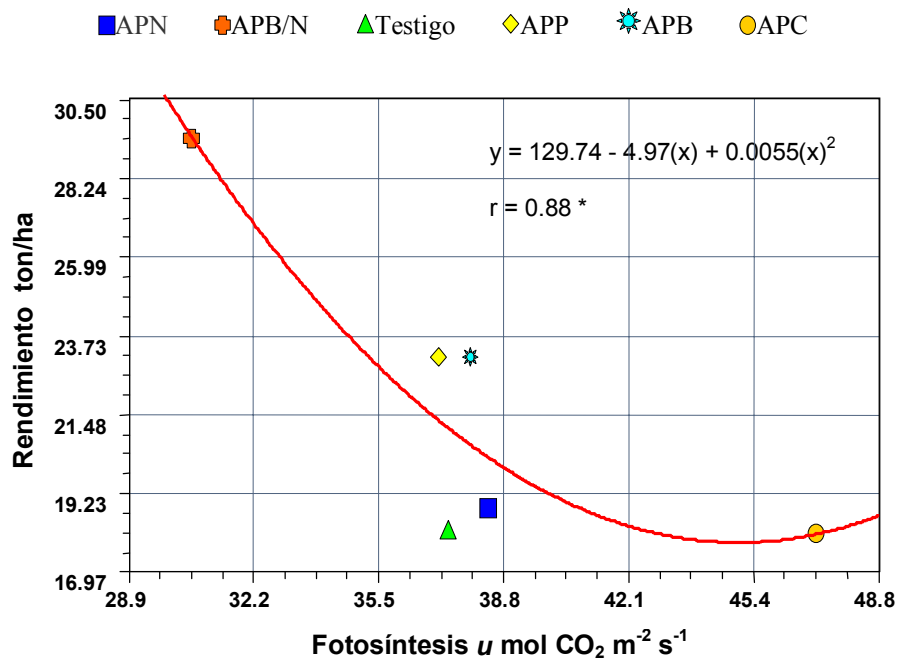


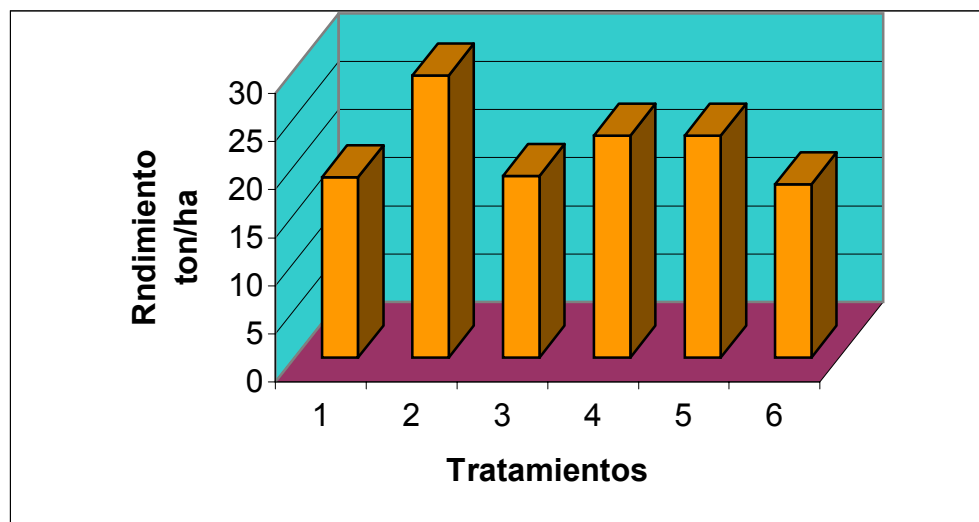
Figura 14.- Relación entre conductancia estomática y rendimiento en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 85 dds

En la Figura 15 se observa el comportamiento de la fotosíntesis correlacionada con el rendimiento donde la tendencia de la línea es negativa, es decir, a menor fotosíntesis mayor rendimiento, además de que el valor de  $r$  es de  $0.88^*$  lo que indica que es significativo al 0.05 por ciento y una ecuación de  $y = 129.74 - 4.97(x) + 0.0055(x)^2$ , lo cual nos indica que no por que la planta tenga mayor fotosíntesis tendrá el mayor rendimiento, que fue lo que pasó con el APB/N, que registró en fotosíntesis, conductancia estomática y humedad relativa, los valores más bajos, pero en cuanto a rendimiento fue el mayor, coincidiendo con lo mencionado por Estrella (1999) que indica que el acolchado influencia en el rendimiento.



**Figura 15.- Relación entre fotosíntesis y rendimiento en el cultivo de papa con acolchado plástico a los 45 dds**

En la Figura 16 podemos observar el comportamiento de todos los tratamientos con relación a su rendimiento, donde se observa al acolchado plástico blanco sobre negro con el rendimiento más alto con 29.37 ton / ha seguido por el APB y el Testigo en el penúltimo lugar.



**Figura 16. Rendimiento total en toneladas por hectárea en el cultivo de papa con acolchado plástico.**



## CONCLUSIONES

Basándose en los resultados obtenidos en las condiciones en las que se realizó el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

- ◆ El uso del acolchado plástico influye en el rendimiento del cultivo de la papa, ya que todos los tratamientos superaron al testigo excepto el APC.
- ◆ El uso del acolchado plástico es una buena opción para los agricultores de papa, ya que en este caso el APB/N superó al testigo con un 38.1%.
- ◆ El peso seco de planta también influye en el rendimiento, ya que el APB/N en las dos primeras mediciones registró el peso mas alto, registrando también el mayor rendimiento.
- ◆ Las variables de fotosíntesis, conductancia estomática y humedad relativa en este caso, no influyeron directamente en el rendimiento total, ya que el APB/N fue el que registró los valores mas bajos en estas variables y sin embargo fue el que registró el rendimiento mas alto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acock, B; M. C. Acock and K. D. Pasterna. 1990. Interactions of CO<sub>2</sub> Enrichment and Temperature on Carbohydrate Production and Accumulation in Muskmelon Leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(4): 525-529.
- Alexander, P. 1992. Biología. Prentice Hall. New Jersey. Printed in USA: 57-61
- Alonso, A.F. 1996. El cultivo de la patata. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.
- Báez P.M. 1983. La papa (*Solanum tuberosum*). Monografía. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mexico.
- Baldochi, D. P., S. B. Verma and N. J. Rosemberg. 1981. Environmental effects on the CO<sub>2</sub> flux and CO<sub>2</sub> –Water flux ratio of alfalfa. Agricultural Meteorologic. 24: 175-184.
- Battikhi and I. Ghawi. 1987. Muskmelon Production Under mulch and Trickle irrigation in the Jordan Valley. Horticultural Abstracts. Vol. 58. Núm. 9 :267
- Beadle, C. L; S. P. Long; S. K. Imbamba; D. C. Hall and R. J. Olembo. 1985. Photosynthesis in Relation to Plant Production in Terrestrial environments. Ticooly Publishing limited. Oxford, England. 156.

- Bhella, H. S. 1988. Effect of trickle irrigation and black mulch on growth, yield and mineral composition of watermelon. HortScience 23(1): 603-604.
- Bolaños, H.A. 1998. Introducción a la Olericultura. 1ª Ed. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Borrego E.F.1993. Apuntes del Curso de Fisiotecnia. Sin editar. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Bunce, J. A. 1984. Effects of humidity on photosynthesis. Jour.Exp.Bot.
- Calvert, A. 1996. Temperature requeriment of the young tomato plant. Acta Horticola. 4: 12-17.
- Castaños, C. M. 1993. Horticultura, Manejo simplificado. Colección Fénix. UACH: 240-243.
- Chávez, M. 1989. El acolchado, clave en el Melón. Síntesis Hortícola. 3(5) :33-34.
- Chermnykh, L. and A. Kosobrukhov. 1988. Effect of Environmental factors of optimum Temperature on Photosynthetic intensity of Plant adapted to various conditions. Hort. Abst. 58 (11): 942.
- Davis, J. M. 1994. Comparison of Mulch for Fresh Market Basil Production. Hort. Science. 29 (4): 267-268.

- De la Rosa, I. M. 1997. Apuntes de Fisiología Vegetal. 22pp. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mexico.
- De Santiago, J. Y M. Palazuelos. 1999. Radiografía de la papa en México. Revista Productores de Hortalizas. Año 8 No. 7. Julio 1999. Publicación periódica Meister Publishing Co.8-10.
- Díaz, I. M. G. 1988. Fotosíntesis, Conductancia estomática y Transpiración del Frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de campo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mexico.
- Dwyer, L. M. and D. W. Stewart 1986. Effects of leaf age and position on net photosynthetic rates in maize (*zea mays* ). Agric. For Meteorologic 37: 29-46.
- Estrella, M. A. 2001. Cambios inducidos por el acolchado plástico y las cubiertas flotantes en el rendimiento y fisiología del cultivo de la sandía. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México
- Gaastra, P. 1959. Photosynthesis of crop plants influenced by light, carbon dioxide, temperature and stomatal diffusion resistance. Med. Landbouwhogeschool Wagening. 59: 1-68.
- García, C. I y G. Briones. 1986. Manual, Diseño y evaluación de sistemas de riego por aspersión y goteo. División de Ingeniería. Departamento de Riego y Drenaje. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

- García, G. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2ª Edición ,UNAM, México.
- Gates, D. M. 1980. Biophysical Ecology. Springer-Verlang. New York. 611pp.
- Gordon, H.R. 1992. Horticultura. Editorial McGraw-Hill, Inc. 1ª Ed. AGT Editor S.A. México, D.F.
- Graffron, H. 1974. Fotosíntesis. CECSA. México, D.F pag: 5-10.
- Guariento, M. 1983. El acolchado en diversas situaciones agroclimáticas. IX Congreso Internacional de Agricultura con Plásticos. 6-12 de noviembre 1983. Guadalajara Jalisco.
- Guerra, H. M. 1997. Evaluación de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* ) considerando criterios fisiológicos y de rendimiento bajo condiciones de alta temperatura en el invernadero. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Gurovich, L.A. 1985. Sistemas de riego. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 1ª Ed. San José, Costa Rica.
- Hernández, B. 1992. Análisis de variaciones técnicas y de mercadeo a considerar en la exportación de melón en la comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Hopen, H. G. and S. K. Ries. 1962. The Mutually compensating effect of carbon dioxide, concentrations and light intensities on the growth of

*Cucumis sativus* L. Proc. American Society Horticultural Science.  
81: 358-364

Ibarra, J. L. y A. Rodríguez. 1991. Acolchado de Suelos con Películas Plásticas.  
Editorial Limusa. 1°Ed. México, D.F.

Jurik, T. W. , J. A. Weber and D. M. Gates. 1984. Short-term effects of CO<sub>2</sub> on  
gas exchange of leaves of Aspen *populus grandidentata* in the  
field. Plant Physiologic. 75: 1022-1025.

Kitano, M; M. Hamakoga. and A. Eguchi. 1993. Control of evaporative demand  
on transpiring plants. Control algorithm and performance. Hort.  
Abst. 63(9): 865.

Markovskaya, E. Vesilevskaya and Sutulova. 1992. Studies on the temperature  
dependence of growth and development in cucumbers during early  
stages of ontogenesis. Horticultural Abstracts Vol: 62. Num. 7. :  
677.

Montaldo, A.V. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto  
Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José,  
Costa Rica.

Nederhoff, E. J; J. Gijzen and F. Vegter. 1989. Measurement and Simulation of  
crop Photosynthesis of Cucumbers (*Cucumis sativus*) in  
greenhouse. Horts. Abst. 59(2): 127.

Papaseit, P., J. Badiola y E. Armengol. 1997. Los Plásticos y la Agricultura.  
Barcelona, España.

Pearsons, D. B. 1983. Papas 2° Reimpresión. Editorial Trillas.

- Potvin C. and B. R. Strain. 1985. Effects of CO<sub>2</sub> Enrichment and temperature on growth in two C<sub>4</sub> weeds, *Echinochloa crus-galli* and *Elevsine indica*. Can. J. Bot. 63: 1495-1499.
- Robledo, de P.F. y L. M. Vicente. 1981. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Ediciones Mundiprensa. Madrid España.
- Salisbury B.F. and Roos F. R. 1992. Fisiología Vegetal. Editorial Interamericana. 1° ed. México, DF.
- SEP, 1987. Papas. Manuales para la Educación Agropecuaria. Editorial Trillas. 1ª ed. México, DF.
- Siller, C. J. H. 2000. Análisis de la horticultura en México. Revista Productores de Hortalizas. Año 9 No.10.Octubre de 2000. Publicación periódica Meister Publishing Co. 8-12.
- Soto, G.L.F. 1997. Evaluación de variedades de Papa (*Solanum tuberosum*) con criterios morfológicos, fisiológicos y de rendimiento. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Urquiza, de A. R., D. Ortega Y G. R. Rodes 1998. Fisiología vegetal. Editorial Pueblo y Educación. Habana Cuba :235
- Valadez, L. A. 1996. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa S.A de C.V.1ª Ed. México, DF.
- Wissar, R. Y R. Ortiz. 1987. Mejoramiento de la Papa en el CIP por Adaptación a Climas Cálidos. Documento de Tecnología Especializada 22. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.51.

Wolf, D., I. Albrigt and J. Wiland 1989. Modeling Rowcover Effects on Microclimate and Yield. I. Growth Response of Tomato on Cucumber; J-Am-Soc-Hortic - Sci. Vol. 114 :562-568.

Zapata, M. N. 1989. El melón. Ediciones Mundiprensa. Castello 37, Madrid, España.



# APENDICE

**Cuadro 5- Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 45 dds en el cultivo de la papa, con acolchado plástico. CIQA 2001.**

TRAT	QNTM	TAIR	TLEAF	CO <sub>2</sub>	RH	PHOTO	CS
APN 1	2022.14	33.3842	35.4500	333.287	30.329 AB	38.385	2.659
APB/N 2	1928.70	33.6942	35.5850	335.783	26.408 B	30.546	1.231
Testigo 3	1986.60	33.4783	35.5425	333.696	30.656 AB	37.366	2.799
APP 4	2016.97	33.5100	35.2233	333.696	33.474 AB	37.107	3.191
APB 5	2073.19	33.7000	35.2850	325.708	34.872 A	37.951	5.008
APC 6	2079.83	34.0075	35.5167	335.995	31.524 A	47.065	3.974
DMS	NS	NS	NS	NS	5.0799	NS	NS
C.V.	4.431261	35.4500	2.514679	1.951143	10.79917	17.75374	71.19141

**Cuadro 6- Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 65 dds en el cultivo de la papa, con acolchado plástico. CIQA 2001.**

TRAT	QNTM	TAIR	TLEAF	CO <sub>2</sub>	RH	PHOTO	CS
APN 1	2076.2	34.3892	36.510	341.22	26.583	20.295	.5816
APB/N 2	2330.7	34.7488	36.599	362.06	28.585	23.149	.5692
Testigo 3	2154.7	35.8556	36.595	357-89	29.110	25.259	.6004
APP 4	2328.4	34.7958	34.692	363.97	32.644	26.662	1.7245
APB 5	1902.6	35.2996	36.250	384.56	26.424	24.288	1.0636
APC 6	2357.8	35.2392	36.746	355.70	22.150	16.810	.6058
DMS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.	19.35328	3.128913	5.106270	10.23106	21.63033	37.37118	81.09794

**Cuadro 7- Datos de las variables fisiológicas evaluadas a los 85 dds en el cultivo de la papa, con acolchado plástico. CIQA 2001.**

TRAT	QNTM	TAIR	TLEAF	CO <sub>2</sub>	RH	PHOTO	CS
APN 1	2401.63	34.9913	36.523	357.46 AB	21.443	8.895	.4378
APB/N 2	2348.75	35.4300	38.454	344.66 BC	21.444	7.382	.2020
Testigo 3	2375.58	34.8800	35.685	333.13 C	29.054	12.522	.6153
APP 4	2320.67	35.3488	37.858	343.10 BC	21.823	8.698	.2903
APB 5	2367.42	35.4315	37.568	357.04 AC	19.771	7.632	.2636
APC 6	2397.79	35.3388	37.943	374.87 A	20.066	6.537	.4284
DMS	NS	NS	NS	24.116	NS	NS	NS
C.V.	2.735288	2.380278	5.709412	4.549500	39.67488	46.86715	94.78710

**Cuadro 8- Análisis de varianza y cuadrados medios de temperatura del aire y concentración de CO<sub>2</sub> en el cultivo de la papa, con acolchado plástico. CIQA 2001**

FV	GL	Temperatura del aire			Concentración de CO <sub>2</sub>		
		1	2	3	1	2	3
Tratamientos	6	0.12 NS	1.12 NS	0.47 NS	58.33 NS	795.43 NS	853.6 *
Repeticiones	4	8.43 **	11.31 **	20.18 **	271.55 **	365.71 NS	1310.39 **
Error experimental	24	0.29	1.2	0.7	42.26	1363.36	256.03
C.V (%)		1.61	3.13	2.38	1.95	10.23	4.54

**Cuadro 9- Análisis de varianza y cuadrados medios de humedad relativa y fotosíntesis en el cultivo de la papa, con acolchado plástico. CIQA 2001**

FV	GL	Humedad relativa			Fotosíntesis		
		1	2	3	1	2	3
Tratamientos	6	34.21 *	48.64 NS	46.95 NS	11123.62 NS	5234.93 NS	1772.55 NS
Repeticiones	4	25.58 NS	140.94 *	31.17 NS	6480.41 NS	8873.22 NS	545.97 NS
Error experimental	24	11.36	35.59	78.04	4568.21	7224.38	1628.65
C.V (%)		10.79	21.63	39.67	17.75	37.37	46.86

**Cuadro 10- Peso seco de planta en las tres fechas de muestreo (<sup>1, 2 y 3</sup>) 45, 65 y 85 días después de la siembra y rendimiento total del cultivo de papa.**

Tratamiento	Peso seco de planta <sup>1</sup> (gr)	Peso seco de planta <sup>2</sup> (gr)	Peso seco de planta <sup>3</sup> (gr)	Rendimiento
APN 1	10.63	35.59	144.16	18.795
APB/N 2	21.46	62.38	87.01	29.365
Testigo 3	8.17	28.90	93.01	18.185
APP 4	11.52	42.54	121.34	23.120
APB 5	11.04	40.77	103.75	23.140
APC 6	13.47	34.90	110.88	18.068
C.V (%)	59.43	34.61	26.96	13.63
DMS(0.05)	11.39	21.34	44.70	4.47

**Cuadro 11- Análisis de varianza y cuadrados medios de conductancia estomática y peso seco de planta en el cultivo de la papa, con acolchado plástico. CIQA 2001**

FV	GL	Conductancia estomática			Peso seco de planta		
		1	2	3	1	2	3
Tratamientos	6	654.36 NS	86.62 NS	9.11 NS	85.05 NS	534.81 NS	1721.87 NS
Repeticiones	4	85.17 NS	113.03 NS	4.66 NS	131.09 NS	27.51 NS	1555.33 NS
Error experimental	24	619.82	48.36	12.48	857.19	200.51	879.9
C.V (%)		79.19	81.09	94.78	59.43	34.61	26.96

**Cuadro 12- Análisis de varianza y cuadrados medios de rendimiento total en el cultivo de la papa, con acolchado plástico. CIQA 2001**

FV	GL	Rendimiento total
Tratamientos	6	77.9 **
Repeticiones	4	6.85 NS
Error experimental	24	8.83
C.V (%)		13.62

NS = No significancia

= Significancia al 0.05 de probabilidad

\*\* = Significancia al 0.01 de probabilidad