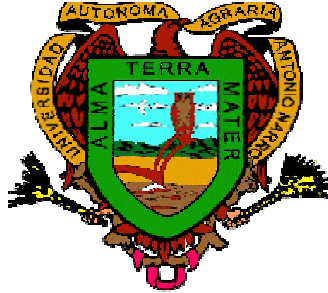


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Temperatura de la Zona Radical,  
Crecimiento y Rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Con  
Acolchado Plástico de Diversos Colores

POR:

MARIO ALBERTO CERVANTES LARA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el

Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2005

Universidad Autónoma Agraria  
"Antonio Narro"

## División de Agronomía

Temperatura de la Zona Radical, Crecimiento y Rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) Con Acolchado Plástico de Diversos Colores.

Por:

Mario Alberto Cervantes Lara

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada:

---

Ing. José Ángel de la Cruz Bretón  
Ibarra Jiménez  
Presidente del jurado  
Asesor externo

---

Dr. Luís

---

Ing. René A. de la Cruz Rodríguez  
Flores  
Asesor

---

MC. Carlos I. Suárez

---

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

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre de 2005.

**AGRADECIMIENTOS**

### **A MI "ALMA TERRA MATER"**

Por todos los conocimientos adquiridos en ella, y por brindarme la oportunidad de superarme profesionalmente y también como persona.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (**CIQA**) por el gran apoyo laboral otorgado para la realización del presente trabajo de investigación

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (**COECYT**) por el apoyo financiero para realizar el presente trabajo de investigación. Gracias y ojala sigan apoyando a mas estudiantes, ya que este es un estímulo que nos motiva a realizar mejores investigaciones.

### **A LOS MIEMBROS DEL COMITÉ DE ASESORIA:**

Al **Dr. Luís Ibarra Jiménez** por darme la oportunidad de trabajar con él y por la confianza que depositó en mí para llevar a cabo este trabajo, así como sus valiosos conocimientos y acertadas observaciones y ayuda, pero sobre todo por su amistad y consejos recibidos.

Al **Ing. José Ángel de la Cruz Bretón** por su amplia disposición y apoyo para realizar la investigación, revisión y corrección de la presente tesis.

Al **Ing. René A. de la Cruz Rodríguez** por su colaboración y disposición en formar parte del comité de asesoría, por sus consejos y amistad brindada durante mi estancia en la universidad.

Al **MC. Carlos Ignacio Suárez Flores** por su colaboración y disposición en formar parte del comité de asesoría.

A todas aquellas personas que desinteresadamente contribuyeron de alguna manera para la realización de este trabajo.

### **A mis amigos:**

Ing. Antonio, Ing. Ramón, Ing. Nelson, Ing. Roberto, Ing. Cesar, Rudy, Monin, Francisco, Michel, Fidel, Simón, Noe, Edgar, Payasin, Felipe, Leonel, Oscar, Valentín, Víctor,

Eduardo, J. Carlos, David, Fabián, especialmente a Rodrigo Zebadua Mendoza gracias por tu amistad, confianza y sencillez, que durante mucho tiempo hemos compartido, alegrías y en algunos casos enojos pero que a pesar de todo somos buenos amigos, nuestra amistad seguirá a flote. No me queda más que decirte. Gracias hermano.

**A mis amigas:**

Jazmín, Julieta, Mary, Lety, Denis, Viry, gracias por su amistad.

**A mis compañeros de dormitorio "modulo 20"**

Salvador, Darinel y Pompeyo, gracias por su amistad.

**A mis amigos y futuros colegas de la Generación "C" del Centenario de Ingenieros Agrónomos en Producción. (A los 35).**

**DEDICATORIA**

A DIOS NUESTRO SEÑOR:

Por que durante todo el camino de mi existencia ha estado siempre a mi lado y me ha dado la fuerza y el valor necesario para salir siempre adelante.

A MIS PADRES:

**Alberto Cervantes Montero (†)**

**Emilia Lara Díaz**

A ti madre por que me diste la vida, cariño, cuidados, desvelos, sacrificios; por que tu siempre has jugado el doble papel de ser madre y padre a la vez; por que tu siempre has estado a mi lado, gracias por el enorme esfuerzo que siempre realizaste para que culminara mi carrera profesional, por todo tu apoyo en esta vida de formación tanto humana como profesional. Con este trabajo te brindo un humilde tributo de admiración y respeto. Gracias mama.

A MI HERMANA:

**Margarita**

A MIS ABUELITAS:

**Irma Díaz Menenguez**

**Lorenza Montero Rivera**

A todos mis familiares que han influido en forma directa o indirecta en mi formación profesional; por su ayuda y comprensión. A todos mis tíos: **Martín, Marcos, Tomas, Irene, Luz Maria, Irma, Marina, José, Silviano, Petra, Catalina, Manuela**, en especial a mi tío **Arcadio Parra Cervantes (†)**; por ser una persona admirable y un ejemplo, quien influyó en mi para tenerle amor ha esta amable y hermosa profesión que es la agricultura.

Con mucho cariño y respeto a mi novia la **Lic. Lorena Mancha Moreno** por la infinidad de palabras de aliento y muestras de cariño que me ha brindado, representando en mí un apoyo fortuito durante la mayor parte de mi carrera.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen.....	4
Clasificación botánica y taxonómica.....	5
Requerimientos edafoclimáticos.....	6
Suelo.....	6
Requerimientos climáticos.....	7
Temperatura.....	7
Heladas.....	8
Humedad.....	8
Luz.....	8
Valor nutricional.....	9
Particularidades del cultivo.....	9
Preparación del terreno.....	9
Plantación.....	10
Época de siembra.....	10
Profundidad de siembra.....	10
Densidad de plantación.....	10
Material de siembra.....	11
Fertilización.....	11
Cosecha e índice de madurez.....	12
Acolchado plástico.....	12
Efectos del acolchado de suelos.....	13
Control de malezas.....	13
Humedad del suelo.....	13

Temperatura del suelo.....	14
Fertilización.....	16
Actividad microbiana.....	16
Calidad de la cosecha.....	17
Rendimiento de los cultivos.....	17
Ventajas de los acolchados.....	17
Características de los acolchados.....	19
Riego por goteo.....	21
Importancia del riego por goteo en hortalizas.....	23
Cultivos irrigados con riego por goteo.....	23
Ventajas y desventajas del riego por goteo.....	23
Ventajas.....	23
Desventajas.....	24
Crecimiento y desarrollo vegetal.....	24
Crecimiento.....	24
Desarrollo.....	25
Producción de biomasa.....	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
Localización geográfica.....	28
Descripción del sitio experimental.....	28
Clima.....	28
Suelo.....	29
Calidad del agua de riego.....	29
Características del material vegetal.....	29
Diseño experimental.....	30
Establecimiento del experimento.....	30
Preparación del terreno.....	30
Preparación de las camas.....	30
Establecimiento del sistema de riego.....	31
Acolchado de las camas.....	31
Perforación del plástico.....	31
Siembra.....	31
Fertilización.....	32
Manejo del cultivo.....	32
Siembra.....	32
Riegos.....	32
Deshierbes y aporques.....	32
Plagas y enfermedades.....	32
Variables agronómicas evaluadas.....	33
Altura de planta.....	34
Peso seco de la planta.....	34
Área foliar.....	34
Índices de crecimiento.....	35
Tasa de asimilación neta.....	35

Tasa relativa de crecimiento.....	35
Relación área foliar.....	35
Temperatura de suelo y aire.....	35
Rendimiento.....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
Altura de planta.....	37
Peso seco de la planta.....	40
Área foliar.....	43
Temperaturas de suelo y aire.....	46
Tasa relativa de crecimiento.....	49
Tasa de asimilación neta.....	52
Relación área foliar.....	54
Rendimiento.....	56
V. CONCLUSIONES.....	59
VI. LITERATURA CITADA.....	61
VII. APÉNDICE.....	67



## ÍNDICE DE CUADROS

		<b>Pág.</b>
Cuadro1.	Valores nutritivos por 100 g de materia fresca.....	9
Cuadro2.	Principales características de los acolchados según su color.....	19
Cuadro 3.	Efectos de los colores de películas para acolchado según los objetivos a lograr .....	19
Cuadro 4.	Rendimiento obtenido en diferentes cultivos con acolchado plástico y riego presurizado .....	20
Cuadro 5.	Aplicaciones de las distintas láminas de polietileno utilizados para acolchados.....	21
Cuadro 6.	Productos químicos empleados en el control de plagas y enfermedades.....	33
Cuadro 7.	Comparación de medias de altura de planta en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores.....	38
Cuadro 8.	Comparación de medias de peso seco de planta en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.....	41
Cuadro 9.	Comparación de medias de área foliar en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.....	44
Cuadro10.	Comparación de temperaturas máximas, mínimas y medias del suelo y aire en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.....	47
Cuadro11.	Comparación de medias de la tasa relativa de crecimiento en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.....	50
Cuadro12.	Comparación de medias de la tasa de asimilación neta en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.....	53

Cuadro13.	Comparación de medias de relación de área foliar en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.....	55
Cuadro14.	Comparación de medias de rendimiento en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.....	57

### ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>	
Figura 1.	Comportamiento de la altura de la planta en cuatro muestreos ciclo 2004.....	39
Figura 2.	Comportamiento de la altura de la planta en tres muestreos ciclo 2005.....	39
Figura 3.	Comportamiento del peso seco de la planta en cuatro muestreos en el ciclo 2004.....	42
Figura 4.	Comportamiento del peso seco de la planta en tres fechas de muestreo en el ciclo 2005.....	43
Figura 5.	Comportamiento del área foliar en cuatro fechas de muestreo durante el ciclo 2004.....	45
Figura 6.	Comportamiento del área foliar en tres fechas de muestreo durante el ciclo 2004.....	46
Figura 7.	Efecto de las temperaturas medias en el rendimiento durante el ciclo 2004.....	48
Figura 8.	Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento en tres fechas de muestreo durante el ciclo 2004.....	51
Figura 9.	Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento en dos fechas de muestreo durante el ciclo 2005.....	51
Figura 10.	Comportamiento de la tasa de asimilación neta en tres fechas de muestreo durante el ciclo 2004.....	54
Figura 11.	Comportamiento de la relación área foliar en tres fechas de muestreo durante el ciclo 2004.....	56
Figura 12	Efecto de los acolchados en el rendimiento total del cultivo de papa durante el ciclo 2004.....	76

Figura 13. Efecto de los acolchados en el rendimiento total del cultivo de papa durante el ciclo 2005.....	76
--	----

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Agrícola del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), durante los ciclos primavera- verano del año 2004 y 2005 en Saltillo, Coahuila, México. Con el objetivo principal de evaluar la influencia de diferentes colores de acolchados plásticos en el rendimiento y crecimiento vegetativo del cultivo de papa.

Los tratamientos utilizados fueron: 1) acolchado plástico aluminizado (APA), 2) acolchado plástico blanco sobre negro (APB/N), 3) acolchado plástico plateado sobre negro (APP/N), 4) acolchado plástico negro (APN) y 5) suelo sin acolchar o testigo (T).

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, teniendo un total de 20 unidades experimentales. Las variables a evaluar fueron altura de planta, área foliar, peso seco de la planta, temperaturas de suelo y aire, tasa de asimilación neta (TAN), tasa relativa de crecimiento (TRC), relación área foliar (RAF) y rendimiento.

Dentro de la variable altura de planta no se encontraron diferencias significativas en los tres primeros muestreos del ciclo 2004, pero en el último muestreo el APA fue el que presentó mayor altura. En el ciclo 2005 el APP/N obtuvo mayor altura durante los tres muestreos, seguido del APA.

El peso seco de planta crecidas en acolchado superó a las crecidas en suelo desnudo, APN y APA lograron el mayor peso seco en los ciclos 2004 y 2005

respectivamente. Comportamiento similar ocurrió con el área foliar donde los APN y APA obtuvieron los mayores valores en los ciclos 2004 y 2005, incrementándose considerablemente en comparación con el testigo.

Las temperaturas máximas en el suelo se alcanzaron con el APN en los dos ciclos. La temperatura media con la que se lograron los máximos rendimientos fue de 21 °C con el APB/N.

La TRC mostró valores altos en los primeros dos muestreos, decreciendo conforme pasó el tiempo, en esta variable el testigo obtuvo los mayores valores, pero en el último muestreo el APP/N fue superior. La variable TAN mostró una tendencia similar en la TRC ya que el testigo fue superior en los primeros dos muestreos. El APP/N obtuvo la mayor RAF en el ciclo 2004, mientras que en el ciclo 2005 no se encontraron diferencias significativas, la RAF es un indicador de la productividad de un cultivo por unidad de superficie.

Los tratamientos que mostraron mayor rendimiento total fueron APB/N, APA con 42.90 y 41.28 t ha<sup>-1</sup>, incrementándose el rendimiento hasta en un 40.61% y 34.72%, respectivamente, durante el ciclo 2004. En el ciclo 2005 se presentó la enfermedad de punta morada de la papa, disminuyendo en rendimiento significativamente, pero con los APB/N y APA se lograron obtener los máximos rendimientos 13.58 y 13.18 t ha<sup>-1</sup>. logrando aumentar los rendimientos en 230.95 y 224.41% comparado con el testigo.

Con los resultados obtenidos en esta investigación logramos obtener mayores rendimientos con los acolchados plásticos, representando una alternativa de producción para pequeños productores de papa y seguimiento en otras tesis en acolchados en este cultivo, ya que se observó que algunos colores como el APA y APB/N tienen efecto en los insectos sobre todo en *Paratrioza*.

El éxito comienza con la voluntad del hombre,  
porque muchas carreras se han perdido  
antes de haberse corregido;  
y muchos cobardes han fracasado  
antes de haber su trabajo empezado.

Piensa en grande y tus hechos crecerán;  
piensa en pequeño y quedarás atrás;  
piensa que puedes y podrás,  
todo está en el estado mental.

Tienes que estar seguro de ti mismo  
antes de intentar ganar un premio;  
la batalla de la vida no siempre la gana  
el hombre mas fuerte o el mas ligero;  
porque tarde o temprano el hombre que gana  
es aquel que cree poder hacerlo.

“De todas las profesiones del hombre que derivan beneficio alguno, no hay ninguna tan amable, tan saludable y tan merecedora de la dignidad del hombre libre como la Agricultura”.

Cicerón.

“Para hacer producir es necesario salir de las oficinas, internarse en el campo, ensuciarse las manos y sudar. Es el único lenguaje que entiende el suelo, las plantas y los animales”.

Dr. Norman E. Borlaug.

## I. INTRODUCCION

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los mas importantes dentro de la actividad agrícola mundial, y es el alimento básico de muchos países por su riqueza nutrimental, debido a sus altas concentraciones de carbohidratos, proteína y energía. En volumen producido, ocupa el primer lugar en el rubro de frutas y hortalizas. Tiene un gran dinamismo en su demanda y es un producto de alto valor agregado por unidad de peso, por lo cual no presenta economías de escala significativas en su producción primaria, situación que permite una rentabilidad elevada en unidades de superficie pequeña (Productores de hortalizas, 2004).

Aunque hablando en términos agrícolas, ningún otro cultivo tiene mayor potencial de explotación que la papa en los países en vías de desarrollo. Mientras que a la mayoría de los cereales se les extrae rápidamente el máximo de su potencial, la papa es todavía un cultivo inexplorado, aún en algunos países

industrializados. Este tubérculo se considera un candidato lógico para resolver problemas de alimentación en los países en vías de desarrollo en los que cerca de la mitad de un millón de personas consumidoras de papa viven en estos países en la actualidad (5).

Además, produce altos rendimientos por unidad de superficie y empleos, ya que se necesita de gran cantidad de mano de obra para su producción.

En México, la papa ocupa el cuarto lugar en importancia (superado por el maíz, frijol, arroz y trigo), entre las hortalizas el jitomate y chile verde ocupan mayor superficie, en cuanto a la producción solo es superado por el jitomate. En los últimos diez años, la producción nacional de papa se incrementó en 45 por ciento al pasar de 1 millón 216 toneladas producidas en 1993 a 1 millón 800 mil toneladas en el 2003, a pesar de la disminución de la superficie cosechada, de la cual el 68% se destina al consumo en fresco, 19% a la industria (botanas) y un 13% como semilla para los siguientes ciclos productivos. Los rendimientos han aumentado gracias a la utilización de semilla certificada y al uso de mejor tecnología. Es destacable el enorme potencial de crecimiento que tiene este cultivo en México, las mejoras que muchos productores están haciendo y que incluyen nuevas variedades más productivas y resistentes, mejor manejo en campo, mejores sistemas de riego y fertilización entre otros. Con esto se pueden incrementar los rendimientos hasta en un 50 ó 75 por ciento con respecto a los niveles actuales, es decir a 32.7 ó 38.2 toneladas por hectárea respectivamente.

La papa es de los pocos cultivos que se desarrollan en casi la totalidad del país (23 entidades en el 2001), la superficie cultivada a nivel nacional representa cerca de 70 mil hectáreas. Los principales estados productores en orden de importancia son: Sinaloa, Sonora, Estado de México, Nuevo León, Chihuahua, Guanajuato y Michoacán; que en conjunto generan el 74.3% de la producción nacional (2).

Pero el cultivo de la papa al ser una planta suculenta presenta requerimientos elevados de agua y ante la falta del vital líquido y las disminuciones de precipitación

que se presentan cada año, se buscan técnicas en las que se logren un ahorro de agua y menos contaminación al medio ambiente.

Una forma de hacer más eficiente los recursos agua, suelo, planta y nutrientes es mediante el uso de acolchados plásticos combinado con riego por goteo, práctica usada en nuestro país, aunque su uso ha ido en aumento debido a la creciente necesidad de optimizar los recursos.

La plasticultura es una tecnología que permite la producción temprana de papa, el incremento del rendimiento y el mejoramiento de su calidad. La plasticultura puede asegurar que los agricultores abastezcan una demanda temprana de papa.

El uso de acolchados tiene efectos favorables, permite que el suelo se caliente al iniciar la primavera, lo cual acelera la emergencia y el desarrollo de la planta y previene el crecimiento de malezas. El riego por goteo y el acolchado ofrecen un control efectivo de la humedad del suelo, además, se permite una oportuna fertilización del cultivo, elimina los aporques, y la reducción potencial de enfermedades y un mejor manejo de plagas (1).

### **Objetivo**

Evaluar diferentes colores de películas plásticas para acolchado en el cultivo de papa y determinar su efecto sobre el crecimiento y rendimiento.

### **Hipótesis**

El acolchado plástico es una técnica que mejora las condiciones de un cultivo, ya que con esta práctica se controlan algunas condiciones del micro ambiente principalmente, que provocan sobre el cultivo mayor crecimiento vegetativo y mayor rendimiento que el método tradicional de cultivo, sin acolchado.



## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **Origen**

Según estudios acerca de la distribución de las primeras papas cultivadas y de las especies silvestres mas parecidas a ellas, parece lo mas probable que donde primero se cultivó la papa fue en la región del lago Titicaca, al norte de Bolivia y en las altas mesetas de la cordillera de los Andes. Según documentos arqueológicos,

las poblaciones andinas del sur del Perú y norte de Bolivia empezaron a consumir papas silvestres 3000 a 4000 años antes de nuestra era (Alonso, 1996).

La biodiversidad de la papa no está restringida a especies cultivadas, al contrario, éstas están relacionadas con muchos grupos complejos de especies silvestres, de los cuales, unas pocas originaron papas cultivadas. El hecho real es, que la papa tiene más especies silvestres afines que cualquier otro cultivo, existen 228 especies silvestres, las cuales están ampliamente distribuidas, desde la región suroeste de los Estados Unidos (Nebraska y Colorado) hasta el extremo sur de los Andes. Existen dos centros de biodiversidad de especies silvestres, uno en la región central de México y otro en la región alta Andina, desde Perú hasta el noroeste Argentino (Hawkes, 1990).

El único centro de origen se encuentra en los Andes de América. Menciona que a principios del siglo XVI, entre 1560 a 1570 después de la conquista del Perú y Chile, la papa fue llevada a España y de ahí se difundió a todo el continente Europeo, entre 1621 y 1719 se introdujo a Norteamérica transportada por emigrantes escoceses e irlandeses (Wittmark, 1975), citado por Alonso (1996).

Después de la carestía registrada durante 1745 y sobre todo en el período comprendido de 1771 a 1772, este cultivo adquirió gran auge en la dieta alimenticia del pueblo europeo. Hasta después de las primeras décadas del siglo pasado, el empleo de este cultivo tuvo un incremento significativo por todo el mundo (Alisina, 1972), citado por Cruz (2001).

El género *Solanum* es muy vasto (alrededor de 1000 especies) y ampliamente distribuido en el mundo. Sin embargo, hay una fuerte concentración de especies en América del sur y América central. Las solanáceas tuberosas no representan más de un 10 % del género *Solanum*. Se conocen alrededor de 200 especies repartidas en 21 series taxonómicas (Rousselle, et al., 1999).

### **Clasificación Botánica y Taxonómica**

Se trata de una especie herbácea, dicotiledónea, perenne por sus tubérculos pero cultivada frecuentemente como planta anual.

Las raíces son fibrosas, muy ramificadas, finas y largas. Las raíces tienen un débil poder de penetración y sólo adquieren un buen desarrollo en un suelo mullido. Las plantas que se desarrollan a partir de tubérculos producen raíces adventicias en los nudos de los tallos subterráneos y en los estolones. Normalmente la planta de papa enraíza 40 a 50 cm de profundidad (3).

Los tallos son de dos tipos: 1) aéreos, que son angulosos, ramificados, de color verde, semierectos y rastreros, y 2) subterráneos o tallos laterales que están compuestos por rizomas (llamados también estolones) y por tubérculos (parte comestible). Cada tallo aéreo origina de dos a tres tubérculos; éstos pueden ser ovoides o cilíndricos, con piel blanca, amarilla, rosa, roja o violeta (Valadez, 1998).

Las hojas maduras son compuestas, imparipinnadas y consisten en un pecíolo con un foliolo terminal, foliolos laterales, foliolos secundarios y, a veces, foliolos terciarios. Las hojas están provistas de pelos de diversos tipos. Hay diferencias varietales en la forma, número, tamaño y color de los foliolos (Alonso, 1996)

Las flores son perfectas, autógamas, frecuentemente estériles, de color blanco a púrpura de acuerdo al cultivar. Las flores están agrupadas en una inflorescencia cimosa, situada siempre en la extremidad de un tallo y sostenida por un pedúnculo. El número de flores es variable y depende mucho de la variedad de la que se trate (Rousselle, et al., 1999).

El fruto de una baya esférica u ovoidal de 1- 3 cm de diámetro, de color verde o pardo violáceo que amarillea en la madurez. Contiene generalmente varias decenas de semillas pequeñas, aplastadas, bañadas en una pulpa mucilaginosa. La papa es muy poco reproducida por semillas en la práctica agrícola, por el contrario es un instrumento para fines de mejoramiento y la obtención de variedades (Rousselle, et al., 1999).

Los tubérculos son los órganos comestibles de la papa. Están formados por tejido parenquimático, donde se acumulan las reservas de almidón. En las axilas del tubérculo se sitúan las yemas de crecimiento llamadas “ojos”, dispuestas en espiral sobre la superficie del tubérculo.

El tubérculo se forma en el extremo del estolón como consecuencia de la acumulación de reservas que se produce por el rápido desarrollo y división celular (4).

La clasificación taxonómica de la papa, según (Barkley, 1973), es la siguiente:

Reino.....*Metaphyta*

Phyllum.....*Antophyta*

Clase.....*Dicotiledónea*

Familia.....*Solanaceae*

Género.....*Solanum*

Especie.....*tuberosum*

**Nombre común:** papa o patata.

### **Requerimientos edafoclimáticos.**

#### **Requerimientos Edáficos**

##### **Suelo**

Es una planta poco exigente a las condiciones edáficas, sólo le afectan los terrenos compactados y pedregosos, ya que los órganos subterráneos no pueden desarrollarse libremente al encontrar un obstáculo mecánico en el suelo. Para el cultivo de la papa se recomienda utilizar suelos franco arenosos con el objetivo de tener buen drenaje y que no haya terrones que alteren la forma de la papa cuando esté creciendo (INIFAP-SAGAR, Series 1997 y 1998).

La humedad del suelo debe ser suficiente; aunque resiste la aridez, en los terrenos secos las ramificaciones del rizoma se alargan demasiado, el número de tubérculos aumenta, pero su tamaño se reduce considerablemente. Los terrenos con excesiva humedad, afectan a los tubérculos ya que se hacen demasiado acuosos, poco ricos en fécula y poco sabrosos y conservables. Prefiere los suelos ligeros o semiligeros, silíceo-arcillosos, ricos en humus y con un subsuelo profundo (3).

Aunque las papas toleran suelos ácidos con un pH de hasta 5, el pH ideal para este cultivo es el comprendido entre 5.5 y 6.5. pH altos pueden presentar problemas de asimilación de nutrientes. Es considerada como una planta tolerante a la salinidad (Alonso, 1996).

## **Requerimientos Climáticos**

### **Temperatura**

Se trata de una planta de clima templado-frío, siendo las temperaturas más favorables para su cultivo las que están en torno a 13 y 18° C. Al efectuar la plantación la temperatura del suelo debe ser superior a los 7° C, con unas temperaturas nocturnas relativamente frescas. El frío excesivo perjudica especialmente a la patata, ya que los tubérculos quedan pequeños y sin desarrollar. Si la temperatura es demasiado elevada afecta a la formación de los tubérculos y favorece el desarrollo de plagas y enfermedades.

La fotosíntesis se ve influida por la temperatura. La temperatura óptima depende de la intensidad de luz. La temperatura óptima para la asimilación no siempre corresponde con la temperatura óptima para la producción de tubérculos. La causa de esto puede estar en la gran influencia que tiene la temperatura sobre la distribución de la materia seca y sobre el modelo de crecimiento de la planta. (Alonso, 1996).

### **Heladas**

Es un cultivo bastante sensible a las heladas tardías, ya que produce un retraso y disminución de la producción. Si la temperatura es de 0°C la planta acaba muriendo, aunque puede llegar a rebrotar. Los tubérculos sufren el riesgo de helarse en el momento en que las temperaturas sean inferiores a -2°C.

### **Humedad**

La humedad relativa moderada es un factor muy importante para el éxito del

cultivo. La humedad excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el periodo desde la aparición de las flores hasta a la maduración del tubérculo resulta nociva. Una humedad ambiental excesivamente alta favorece el ataque de mildiu, por tanto esta circunstancia habrá que tenerla en cuenta. Una deficiencia de agua durante la época de crecimiento de la planta, disminuye la producción y provoca la malformación del tubérculo (3).

### Luz

La luz tiene una incidencia directa sobre el fotoperíodo, ya que induce la tuberización. Los fotoperíodos cortos son más favorables a la tuberización y los largos inducen el crecimiento. Además de influir sobre el rendimiento final de la cosecha. En las zonas de clima cálido se emplean cultivares con fotoperíodos críticos, comprendidos entre 13 y 16 horas.

### Valor nutricional

La papa está constituida por tres partes de agua y una cuarta parte de sólidos (glúcidos, próticos y lípidos). Es un alimento relativamente equilibrado, aunque deficiente en calcio y fibras.

**Cuadro. 1 Valores nutritivos por 100 g de materia fresca.**

	Agua	Glúcidos	Próticos	Lípidos	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Valor energético
	(g)	(g)	(g)	(g)	(mg)	(mg)	(mg)	(mg)	
PAPA	77.5	19.4	2.0	0.1	450	15	30	1.0	80

Valores energéticos (en cal) y nutritivos (en g), por 100g de ración alimentaria Fuente (3).

### **Particularidades del cultivo.**

#### **Preparación del terreno**

Es necesario que el terreno esté bien mullido, bien aireado, sin huecos y sin terrones y con los agregados homogéneos, con el objetivo de favorecer el desarrollo radicular, la emergencia rápida y homogénea y reducir los ataques de parásitos.

Se debe realizar primero una labor profunda (no deberá ser inferior a 25 cm.), incorporándose el abonado de fondo, seguida de un escarificado profundo, en la que se asurca el terreno dejando una distancia de 0.92 m usualmente. La época de hacer estas labores dependerá de las características de la zona de cultivo y de la planta que preceda a la papa, si hay una rotación de cultivos (3).

El número de labores depende del tipo de suelo para este tipo de suelo (franco - arenosos) se recomienda:

- Barbecho
- Rastra
- Rastra cruzada porque se necesita suelo sin terrones para que no se altere la forma de la papa y no haya obstáculos para su crecimiento.
- Nivelación, muy importante porque un encharcamiento da lugar a hongos.
- Surcado a 92 cm.
- Riego de asiento y esperar a que la tierra de punto.
- Sembradora de papas que pone la semilla, fungicida, fertilizante, insecticida, herbicida preemergente (INIFAP –SAGAR, Series 1997 y 1998).

#### **Plantación**

### **Época de siembra**

La época de plantación varía de unas zonas a otras, resultando fundamental para el éxito del cultivo. Esta decisión se basa en el estado de humedad del suelo y en su contenido en agua. Es recomendable que la plantación sea precoz en el cultivo de variedades tardías con el fin de asegurar una buena tuberización.

### **Profundidad de siembra**

La profundidad de siembra deberá estar en torno a los 7-8 cm, profundidades mayores retardan la emergencia y profundidades superficiales incrementan el riesgo de enverdecimiento. La plantación se puede realizar de forma manual o mecanizada mediante plantadoras automáticas.

### **Densidad de plantación**

Los tubérculos se colocan sobre los surcos a una distancia de 0.5-1.0 m, separándose los golpes entre 0.3-0.4 m, lo que supone una densidad de plantación aproximada entre 35,000 y 66,000 tubérculos/ha, 1000 - 4000 Kg/ha de semilla. Esta cifra depende de la densidad de plantación y del peso del tubérculo de siembra. Si la plantación es de regadío se podrán alcanzar densidades mayores. En países europeos como Holanda, Bélgica, etc. Se siembran mas de 60,000 plantas/ha. Usando entre 3 y 5 toneladas de semilla por hectárea (Alonso, 1996).

La elección de la densidad de plantación no tiene repercusión directa sobre el rendimiento global de la producción, aunque si la densidad es muy elevada, puede dar lugar a tubérculos más pequeños, debido a una mayor competencia por la luz, agua y nutrientes (Alonso, 1996).

### **Material de siembra**

La plantación se realiza mediante tubérculos enteros o partes de éstos. Lo ideal es plantar tubérculos enteros, de tamaño superior a los 30 gramos; los tubérculos de siembra no deben trocearse más que en dos porciones con un corte



limpio, en la que se obtengan dos porciones iguales tanto en tamaño como en el número de yemas (3).

### **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. Para obtener un alto rendimiento en un cultivo de papa, los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio del suelo deben estar dentro de unas cifras razonables y equilibradas. Por otra parte, cantidades muy pequeñas pero necesarias de micronutrientes (azufre, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, molibdeno y cloro) deben estar a disposición de la planta.

La única forma correcta de conocer los factores anteriormente citados, además de otros como puede ser la textura, materia orgánica, etc., es recurrir a un completo análisis físico- químico del suelo (Alonso, 1996).

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.

### **Cosecha e Índice de Madurez**

La cosecha de papa se realiza en forma semimecánica y manual. Los indicadores de cosecha son el tiempo principalmente y la apariencia del follaje que empieza a presentar una coloración amarilla y uniforme desde las partes viejas, esto es síntoma de madurez de los tubérculos (Valadez, 1998)

Cuando empiece a manifestarse este amarillamiento, o incluso antes, se recomienda la aplicación de defoliante, y después de ello dejar transcurrir de una a 2 semanas para posteriormente recoger los tubérculos.

### **Acolchado plástico**

El acolchado ha sido una técnica empleada desde hace mucho tiempo por los agricultores. En sus inicios, consistió en la colocación sobre el suelo de residuos orgánicos en descomposición (paja, hojas secas, cañas, hierba, etc.) disponibles en el campo. Con estos materiales se cubría el terreno alrededor de las plantas, especialmente en cultivos hortícolas y florícolas, para obstaculizar el desarrollo de malezas, la evaporación del agua del suelo, y principalmente para aumentar la fertilidad. El desarrollo de la química provocó que esta antigua práctica se olvidara.

Sin embargo, la industria de los plásticos ha evolucionado poniendo a nuestra disposición una enorme variedad de colores y calibres de plásticos, que han contribuido enormemente al espectacular progreso de la agricultura, consiguiendo mayores cosechas mediante la influencia o el cambio de factores claves como son la luz, el agua y la temperatura (Papaseit, et al., 1997).

Todos los plásticos para acolchar pertenecen al grupo de los termoplásticos. Respecto a sus colores lo más comerciales son negro opaco e incoloro o transparente y los materiales más usuales para el acolchado son el polietileno (PE) y el polivinilcloruro (PVC) (Ibarra y Rodríguez, 1991).

En el mundo la superficie cubierta con acolchados plásticos asciende a las 4'105,000 ha, los continentes como Asia con 3500,000 ha, Europa con 380,000 ha, son los que mas recurren a esta técnica, América en tercer lugar con 200,000 ha cubiertas, México participa con 9,000 ha, por ultimo África se encuentra en la ultima posición con 15 000 ha (Papaseit, et al., 1997).

## **Efectos del acolchado de suelos**

### **Efecto del Acolchado en el Control de Malezas.**

El acolchado de suelos con polietileno negro ayuda a eliminar casi la totalidad de las malezas, excepto algunas como el coquillo (*C. rotundos* L.). Este efecto herbicida del plástico negro se debe a su impermeabilidad a la luz, que impide la actividad fisiológica de las malezas. Asimismo, con esta práctica se evita el uso

frecuente de herbicidas comunes, que permiten el crecimiento exuberante de malezas no selectivas a los mismos.

El uso de plástico transparente permite que las malezas se desarrollen, según la especie, con más o menos exuberancia si no se toman las medidas adecuadas. Esto sucede si se permite la entrada de aire a través de los agujeros de siembra o por los bordes del plástico (aunado a la alta temperatura que se forma bajo éste), cuando el mismo no está bien enterrado.

La aplicación correcta del plástico transparente permite que la temperatura y humedad altas bajo el mismo quemen las malezas germinadas en las primeras fases del desarrollo vegetativo. De este modo, el plástico transparente ofrece su efecto positivo sobre el terreno y sobre la planta (Ibarra y Rodríguez, 1991)

La película que se puede usar para este propósito son las negras, aluminizadas o de cualquier color siempre y cuando sean lo suficientemente opacas al paso de la radiación solar, las películas que reducen la luz azul y roja, pero no así la radiación rojo lejano e infrarrojo son utilizados para controlar el crecimiento de malezas sin reducir la temperatura del suelo (Weiss, 1995) citado por (Padilla, 2002).

### **Efecto del Acolchado en la Humedad del Suelo**

La cantidad de agua bajo el plástico es generalmente superior a la del suelo desnudo, salvo en el momento inmediatamente posterior a una lluvia. Con el uso de cualquier tipo de plástico la mayor pérdida de agua es por percolación, tanto en el caso de agua de irrigación como después de una lluvia abundante, ya que con el acolchado se impide la evaporación casi totalmente. Cualquier pérdida de agua, fuera de la mencionada, se debe a las perforaciones practicadas en el plástico para hacer posible la siembra o el transplante.

Al igual que con la temperatura, los efectos del acolchado sobre la humedad del suelo se logran solamente si este es lo suficientemente amplio en torno a la planta. Este efecto positivo no se determina solo por la mayor cantidad de agua, sino además por su distribución sobre el perfil del suelo.

Al efectuar adecuadamente el suministro de agua de irrigación y explotar las características del acolchado respecto a la humedad del suelo, se mantiene un

régimen hídrico constante muy cercano al óptimo en el terreno (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Al actuar el plástico como una barrera impermeable al vapor del agua, impide la evaporación del agua del suelo manteniendo la humedad a disposición constante y regular de las plantas. El ahorro de agua se incrementa con la ausencia de malas hierbas. La pérdida de evaporación en las perforaciones se compensa a través de las lluvias (García, 1996).

### **Efecto del Acolchado en la Temperatura del Suelo**

El efecto del acolchado sobre la temperatura del suelo debe ser una reducción en los desequilibrios térmicos a que está sometido; o sea que debe incrementar la temperatura cuando el ambiente climático sea frío y reducirla cuando la insolación sea fuerte que pueda obstaculizar la actividad vegetativa normal de la planta bajo cultivo. Durante el día el plástico transmite al suelo la radiación recibida del sol, haciendo el efecto invernadero.

La temperatura del suelo es uno de los principales factores que se ven modificados por la acción directa del acolchado. En el calentamiento del suelo, influye además de la intensidad de la radiación solar, algunos otros factores como la temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y características del suelo (color, textura, estructura, materia orgánica y humedad) (Katan y Devay, 1991) citado por Tapia, 2004.

Durante la noche la película plástica deja salir una parte de calor acumulado, que será de beneficio para la planta cultivada, evitando los riesgos de enfriamiento e incluso de helada (Barrera, 1997).

La curva de temperaturas promedio es mayor bajo el suelo acolchado que en el suelo desnudo. La tendencia de las curvas varía considerablemente en relación a la pigmentación de la película y de su composición química.

El acolchado del suelo deberá aumentar la temperatura del suelo cuando el ambiente sea muy frío, y deberá disminuirla cuando la fuerte insolación perturbe el nivel térmico del suelo obstaculizando el desarrollo normal de la planta (Ibarra y Rodríguez, 1986).

Generalmente, la temperatura del suelo durante el día es superior bajo condiciones de acolchado con películas transparentes, variando de 2 a 10 °C en comparación al suelo desnudo, dependiendo de la estación del año, tipo de textura y contenido de humedad del suelo y nivel de iluminación solar. En la noche la variación respecto al suelo desnudo es de 2 a 7 °C (Aviña, 1995).

El efecto del acolchado sobre la temperatura del suelo está fuertemente influenciado por el tipo de plástico que se utilice (ya sea por la composición química o por la coloración del mismo). Por otra parte, para que dicho efecto sea relevante, la faja del suelo acolchado deberá ser suficientemente amplia (el acolchado total del suelo es lo ideal) alrededor de 1 m como mínimo.

Un artículo de (Yucel, et al., 2000) sobre acolchados plásticos menciona que la temperatura máxima del suelo fue 43.2 y 37.4 °C a 10 y 20 cm de profundidad, respectivamente, lo cual permitió tener un control de la pudrición de la raíz en el cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero en una región del mediterráneo de Turquía.

En una investigación en el cultivo de papa en el estado de Pennsylvania, durante el mes de mayo se realizaron mediciones de la temperatura del suelo (al medio día, con un cielo despejado y a una temperatura ambiente de 23.3 °C), se utilizó un termómetro colocado a diez centímetros de profundidad, en camas con y sin plástico e hileras con y sin cubiertas flotantes. Los resultados fueron los siguientes: Temperaturas para camas sin cubiertas: plástico rojo: 22.2 °C, plástico negro: 22.2 °C, plástico plateado: 20.5 °C, sin plástico: 21.6°C. Temperaturas para camas con cubiertas: plástico rojo: 25.5 °C, plástico negro: 26.6 °C, plástico plateado: 22.7 °C, sin plástico: 25 °C (6).

Esta tendencia se presenta hasta que el cultivo cubre la superficie de las camas, al tiempo que la temperatura del suelo va disminuyendo. La adición de hileras con cobertura, en cambio, aumenta significativamente la temperatura (1).

### **Efecto del acolchado sobre la fertilización**

La temperatura y la humedad del suelo, en asociación con la naturaleza físico-química de este último, condicionan la actividad de la flora microbiana y la reacción

bioquímica y química del terreno, influyendo decididamente, en sentido positivo o negativo, sobre la nitrificación.

Por lo que respecta a la temperatura, su valor límite para retener la nitrificación se encuentra entre 45 y 52 °C. Además, el terreno desnudo necesita de una saturación hídrica elevada, que varíe entre 60 y 80% para que exista una buena nitrificación. Estos límites de temperatura y humedad son fácilmente obtenibles por medio del acolchado; el abono nítrico queda a disposición de la planta en gran parte bajo el acolchado y con un suministro de agua de irrigación; la percolación, que es causa de fuertes pérdidas de abonos nítricos por lavado es reducida el mínimo (Ibarra y Rodríguez, 1991).

### **Acción del acolchado sobre la actividad microbiana**

La actividad de la microflora del suelo es condicionada por el estado físico, la humedad y la temperatura, factores influenciados por el acolchado.

La actividad microbiótica, sobre todo en el proceso de transformación, favorece la producción de anhídrido carbónico bajo el polietileno; se ha observado que bajo este último es cuatro veces mayor que en terrenos descubiertos (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Muchos organismos del suelo benéficos son capaces de sobrevivir al acolchado o recolonizar el suelo muy rápidamente. Microorganismos benéficos muy importantes son los hongos micorrizicos, hongos y bacterias que parasitan patógenos de las plantas y que ayudan al crecimiento de las mismas. Las lombrices, por ejemplo, se cree que se refugian a mayores profundidades y escapan a los efectos del calentamiento del suelo (Elmore, et al., 1997) citado por Tapia, 2004.

### **Efecto del Acolchado en la Calidad de la Cosecha**

La película plástica constituye una barrera entre el suelo y la parte aérea de la planta, evitando que los frutos estén en contacto con el suelo. Se obtienen por lo tanto productos más limpios y mejor presentados. Esta práctica es aconsejable en cultivos de hábitos rastreros (melón, sandía, pepino, etc). El acolchado evita además

algunas enfermedades como *Botrytis*, que es ocasionada por el contacto del follaje con la humedad del suelo (Ibarra y Rodríguez, 1991).

### **Efecto del Acolchado en el Rendimiento de los Cultivos**

En algunos cultivos el ciclo vegetativo determina el grado de desenvolvimiento de la planta y, finalmente, el rendimiento producido. Cuando el acolchado plástico es usado en plantaciones tempranas, o para acelerar el grado de desarrollo de los cultivos, pueden observarse altos rendimientos.

El incremento en la producción mediante el acolchado de suelos puede oscilar desde 20 hasta 200% con respecto a los métodos convencionales de cultivo (Ibarra y Rodríguez, 1991).

### **Ventajas de los Acolchados**

Entre las muchas ventajas del uso de la cubierta plástica se encuentran: cultivos más precoces, al aumentar la temperatura del suelo, el cultivo se desarrolla y produce más rápido, menor evaporación, ya que se reduce la pérdida de humedad del suelo debajo del plástico, hay mayor uniformidad de humedad y se reduce la frecuencia del riego, existen menos problemas de malezas, menor lixiviación de agua y fertilizante, menos compactación del suelo que permanece suelto y bien aireado, aumentando la actividad microbiana, ayuda a controlar la pudrición del fruto al evitar su contacto con el suelo. (Lammont, 1991)

Otra de las principales ventajas es la supresión de labores (aporques y deshierbes), el acolchado con plástico presenta una estructura ideal para el desarrollo de las raíces; estas se hacen más numerosas y más largas en sentido horizontal, ya que el sistema radicular de las plantas, al encontrar humedad suficiente a poca profundidad y un suelo bien mullido, se desarrolla más lateralmente que si tuviera que buscarla a grandes profundidades, en cuyo caso su crecimiento sería longitudinal, pero en sentido vertical (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Otra característica positiva del acolchado es que actúa en el control de plagas y enfermedades (Cizinszky, et al., 1990) citado por García, 1994, menciona en un trabajo realizado con acolchado con diferentes colores que el menor número de

afidos, trips y mosquita blanca fueron capturados en el acolchado de color aluminio. El color azul atrajo el número mas grande de afidos y trips y el acolchado de color rojo atrajo a la mosquita blanca. Por lo que en conclusión el acolchado de color aluminio tiene influencia repelente contra los afidos, trips y mosquita blanca.

(Vani, et al.,1989) citado por García,1994, probaron el acolchado con polietileno amarillo (APA), polietileno transparente (APT) y acolchado con paja (AP), para el control de la enfermedad del mosaico en melones, causada por el Tobamovirus de la mancha del mosaico del pepino verde y el potivirus del mosaico 1 en sandia. Los tres tratamientos redujeron los niveles de la incidencia de la enfermedad, pero el acolchado con polietileno amarillo (APA) fue más efectivo que el (APT).

### Características de los acolchados

**Cuadro 2. Principales características de los acolchados según su color.**

Tipo de film	Principales objetivos
Transparente	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumenta la temperatura del suelo durante el día.</li> <li>▪ Precocidad</li> <li>▪ Mejor uso del agua</li> </ul>



Negro	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Impide el crecimiento de malas hierbas</li> <li>▪ Mejores cosechas</li> <li>▪ Mejor uso del agua</li> </ul>
Térmico- opaco	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Retiene el calor durante la noche</li> <li>▪ Impide el crecimiento de malas hierbas</li> <li>▪ Mejor uso del agua</li> </ul>
Blanco/ negro	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Impide el crecimiento de malas hierbas</li> <li>▪ Mejores cosechas</li> <li>▪ Mejor uso del agua</li> <li>▪ Refleja la luz sobre la planta</li> </ul>
Degradable	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para aumentar la temperatura del suelo</li> <li>▪ Para permitir la recolección mecánica.</li> </ul>

Fuente: (Papaseit, et al., 1997).

**Cuadro 3. Efectos de los colores de películas para acolchado según los objetivos a lograr.**

Objetivo	transparente	Negro	Blanco	Aluminio	Aluminio/negro	Blanco/negro
Aumentar calor a la raíz	X1		X1			
Eliminar malezas		X		X	X	X3
Reducir calor a la raíz		X			X	X3
Espantar áfidos y mosca blanca			X1	X	X	X3
Fertilización lumínica			X1	X	X	X3
Solarización	X2					

Fuente: (EPA, 1991)

- 1 En suelos con incidencia de malezas, fomenta su desarrollo, por lo que se recomienda fumigar o solarizar la tierra antes de instalar el acolchado
- 2 Película con irt = (transmisor infrarrojo, aditivo para incrementar la transmisión de rayos infrarrojos)
- 3 Transmite menos calor que el aluminio (3- 5 °C)

**Cuadro 4. Rendimiento obtenido en diferentes cultivos con acolchado plástico y riego presurizado.**

Cultivo	Intemperie	Con acolchado	Unidad <sup>1</sup>
Tomate	20-25	75-80	ton/ha
Pimiento	1,800-2,000	4,500-5,000	cajas/ha
Melón	800-1,000	3,200-3,500	cajas/ha
Sandía	25-28	70-75	ton/ha
Fresa	800-1,200	7,000-9,000	cajas/ha
Maíz dulce	40,000-50,000	180,000-200,000	elotes/ha

Fuente: EPA, 1991.

<sup>1</sup> Producto neto de calidad de exportación.

Nota: En algunos casos se solarizó y/o fumigó la tierra antes de plantar.

**Cuadro 5. Aplicaciones de las distintas láminas de polietileno utilizados para acolchados.**

<b>Transparente</b>	<b>Negro opaco</b>	<b>Gris humo, Verde marrón claro</b>	<b>Blanco y negro de coextrusion</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cultivos estacionales</li> <li>✓ Bajos espesores: melón, algodón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cultivos de 1 a 3 años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cultivos estacionales</li> <li>✓ Cultivos de 1 a 2 años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cultivos herbáceos estacionales</li> <li>✓ Cultivos leñosos (frutales)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Terrenos limpios de malas hierbas, tratados con herbicidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Terrenos infectados de malas hierbas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Terrenos pocos infectados de malas hierbas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Terrenos infectados de malas hierbas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zonas frías con riesgo de heladas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zonas cálidas sin riesgo de heladas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zonas frías y cálidas pero sin riesgo de fuertes heladas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zonas cálidas sin riesgo de heladas, plantaciones de verano</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cuando se pretende mas precocidad del cultivo que aumento del rendimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cuando se pretende principalmente aumento en el rendimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cuando se busquen aumentos de rendimientos y precocidad en los cultivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cuando se busque aumento de luminosidad</li> </ul>

Fuente: (Papaseit, et al., 1997).

### Riego por Goteo

El agua para riego es un recurso relativamente escaso y caro en México por lo que fue necesario encontrar mecanismos que aumentaran la eficiencia de su uso. En México, la eficiencia del riego es de 52% a nivel nacional, la eficiencia de conducción de 72% y una eficiencia total de 36%, además de una baja eficiencia electromecánica e hidráulica del 45%.

Se define como la aplicación del agua al suelo en forma lenta pero frecuente y en pequeñas cantidades dirigida directamente a la zona radical de las plantas a donde llega a través de emisores o goteros de 2 a 10 lph. Estos orificios pequeños están calculados para una emisión de agua entre 1 y 8 litros/seg/ha (Rojas y Briones, 1990).

El riego por goteo es un método de aplicación de agua, nutrientes y agroquímicos directamente a la zona radicular de las plantas en proporción controlada, lo que le permite obtener máximos resultados y minimizar el uso de agua y otros recursos. Al controlar el área y la proporción en que el agua es aplicada, la humedad del suelo se optimiza. Las grandes variaciones en el suelo causan estrés a las plantas y afectan el crecimiento y la producción. El riego por goteo es una herramienta de manejo, que cuando se opera correctamente, minimiza el estrés en las plantas (T-Tape, introducción al riego por goteo, 2001)

Este sistema de riego es adecuado para suelos con textura media, ligeramente estratificada. En suelos con textura gruesa o con grava, el agua puede penetrar hasta un metro de profundidad. Si el suelo es de arcilla pesada con bajo índice de absorción, el agua puede formar charcos y dañar las raíces, este sistema de riego no se aconseja para suelos ligeros.

García y Briones (1986), indican que la eficiencia en el uso de agua podrá incrementarse en un 50% o más usando riego por goteo un lugar de riego por superficie. Debido a que solamente la zona radical de la planta es suplida con agua. El ahorro en el uso de agua es debido a que: a) se reducen las pérdidas de agua por escurrimientos y percolación profunda, y b) una evapotranspiración reducida solo en aquéllas pequeñas áreas humedecidas.

Por otra parte, dado que la aplicación es intermitente permite mantener el suelo en condiciones óptimas de humedad durante el desarrollo del cultivo. La

distribución en el campo se da por medio de la conducción del agua a través de una extensa red de tuberías que trabajan a baja presión (0.8 a 1.0 kg cm<sup>-2</sup>).

### **Importancia del Riego por Goteo en Hortalizas**

Flipps (1993), menciona que el uso de cintillas de goteo para regar por debajo del acolchado plástico en la producción de hortalizas ha crecido dramáticamente y la mayoría de los cultivos ha respondido favorablemente a esta técnica. Los factores que contribuyen a esta transformación son: a) costo y disponibilidad del agua, b) perfeccionamiento del riego por goteo, c) reducción del costo del riego por goteo con relación a otros costos de producción, y d) desarrollo de prácticas de manejo integrales con máxima productividad de cultivos y perfeccionamiento de sistemas.

### **Cultivos Irrigados con Sistemas de Riego por Goteo**

Dadas las características específicas de este método, no es aplicable a todos los cultivos, sin embargo, se utiliza con bastante frecuencia en frutales como: manzano, chabacano, peras, uvas, duraznos, ciruelos, nueces, almendras, pistachos, en cítricos como: naranjas, toronjas, limones, además, en plátano, olivos, mangos, guayabas, aguacates y algunas hortalizas como tomate, chile, pepinos, berenjena, lechugas, chícharos, espárragos, alcachofas y melones.

### **Ventajas y Desventajas del Riego por Goteo**

#### **Ventajas**

- ✓ El agua se aplica en forma localizada atendiendo la necesidad de cada planta con lo que se logra mayor eficiencia
- ✓ Mejor uniformidad en la descarga de los emisores
- ✓ Se controla la percolación y se reduce el consumo de energía y mano de obra
- ✓ La programación por computadora se facilita y el manejo del sistema no interfiere con otras prácticas culturales

- ✓ Permite además la inyección de agroquímicos y fertilizantes, mejorando la respuesta de las plantas (Briones, 1996).
- ✓ Requiere menor cantidad de agua que otros sistemas, obteniéndose ahorros de agua desde un 30% cuando se utiliza solo y hasta un 60% cuando se combina con acolchado plástico
- ✓ Se reducen las enfermedades de las plantas ya que el follaje permanece seco y disminuye la infestación de plagas debido a la baja humedad.
- ✓ Puede ser utilizado en terrenos con pendientes sin necesidad de nivelación
- ✓ El uso del riego por goteo influye en un mayor crecimiento, mayor producción y mejor calidad de los productos
- ✓ Ahorro en la utilización de fertilizantes, agroquímicos y energía
- ✓ Menor compactación y surcos secos (T-Tape, 2001).

### **Desventajas**

- ✓ Una mayor inversión inicial
- ✓ Se debe tener un conocimiento del manejo del sistema
- ✓ Puede ser dañado mas fácilmente por roedores, insectos y humanos causando fugas
- ✓ Los goteros se obstruyen fácilmente por lo que se requiere de un sistema de filtrado y cuando es utilizado para la aplicación de fertilizantes, requiere de fertilizantes especiales de alta solubilidad.
- ✓ Generalmente el goteo se utiliza para hortalizas, algunos cultivos de granos básicos e industriales y frutales.

## **Crecimiento y Desarrollo Vegetal**

### **Crecimiento**

A diferencia de muchos animales, los vegetales típicamente siguen creciendo a través de su vida, descartan continuamente las partes viejas las cuales son reemplazadas por nuevas a través del crecimiento (Martín, 1970).

Desde que germina la semilla y conforme pasa el tiempo, la planta va creciendo, debidamente la planta aumenta en tamaño y peso. Es un fenómeno cuantitativo, susceptible de medirlo y expresarlo como aumento de longitud o diámetro del cuerpo del vegetal y del peso.

Greulach y Adams (1970), mencionan al crecimiento como un incremento irreversible en la masa, incluyendo la división, diferenciación de incremento de estos, lo cual indica que es un proceso cuantitativo.

El crecimiento puede medirse como longitud, grosor o área; a menudo se mide como aumento en volumen, masa o peso (ya sea peso fresco o seco). Cada uno de estos parámetros describe algo diferente y rara vez hay una relación simple entre ellos en un organismo en crecimiento (Bidwell, 1979).

Recientemente se han elaborado varios modelos matemáticos para el crecimiento de las plantas cultivadas importantes, que implican parámetros de ambiente (luz, temperatura, agua, etc.) a un modelo de crecimiento simple para partes individuales de la planta (raíces, hojas, tallos).

Los dos aspectos principales del crecimiento vegetal son, el primario, el cual consiste en crecimiento de longitud de brotes y las raíces, y el secundario, que es el subsiguiente del crecimiento en espesor del tallo y la raíz (Martín, 1970).

En las plantas, el crecimiento se restringe a determinadas zonas que tienen células producidas recientemente por división celular en un meristemo. La sola división celular no causa aumento de tamaño, pero los productos celulares de la división si se incrementan y originan el crecimiento, (Salisbury, 1994).

## **Desarrollo**

Al aumento en tamaño y número, las células sufren modificaciones en la estructura de su protoplasma, en el que surgen organillos especializados en funciones determinadas, por lo que se llama célula especializada. Como efecto la planta desarrolla tejidos y órganos modificando su metabolismo al ir madurando. Estos cambios no pueden ser medidos, pues son puramente cualitativos (Garcidueñas, 1993).

El desarrollo puede definirse como cambio ordenado o progreso, a menudo (aunque no siempre) hacia un estado superior, más ordenado o más complejo. El desarrollo puede tener lugar sin que haya crecimiento y viceversa, pero a menudo los dos están combinados en un solo proceso (Bidwell, 1979).

La división celular produce células nuevas, muchas de las cuales no llegaron a ser no solo más grandes, sino también más complejas. Este proceso de especialización celular se conoce como diferenciación; crecimiento y diferenciación de células para formar tejidos, órganos y organismos con frecuencia se denominan en conjunto desarrollo (Salisbury, 1994).

Garcidueñas (1993), menciona que el desarrollo del vegetal puede observarse al estudiar la radícula, de una planta como lo hizo en maíz, y entonces aparece clara la diferencia entre el alargamiento celular, que ocurre a unos dos milímetros de la cofia, el alargamiento celular, que ocurre un poco mas arriba, donde las células ya no se dividen, y el fenómeno no es susceptible de expresión cuantitativa, la diferenciación que ocurre aún mas arriba donde las células no sufren aumento en número ni tamaño que ocurre pero sí diferenciación entre sí.

Bidwell (1979), menciona que el crecimiento y el desarrollo son una combinación de muchos eventos a diferentes niveles, desde el nivel biofísico y bioquímico hasta el organismo, que da como resultado la producción integral del organismo.

Warren (1980), indica que la importancia del área foliar en el crecimiento y desarrollo de un cultivo es ampliamente reconocida por su relación directa con la capacidad fotosintética del mismo a través de la capacidad de intercepción de la radiación.

### **Producción de biomasa**

Las plantas superiores no comprenden únicamente hojas, si no que necesitan raíces para explorar el suelo, tallos para sostener las hojas, flores y frutos para asegurar la continuidad de la especie. Por eso solo una parte de la biomasa total de las plantas se dedica a la asimilación. Principalmente son las hojas las que contribuyen a la asimilación para el crecimiento de las plantas, podemos por lo tanto



calcular la tasa relativa de crecimiento por el peso seco de hoja o por el área de hoja. La actividad del sistema fotosintético es el aumento del peso seco por unidad de este y es denominada unidad de la tasa de la hoja. La producción de la materia seca esta limitada más por el área de la hoja que por la unidad de tasa de la hoja (Fisher y Treszen, 1982).

La biomasa vegetal proviene de la conversión, mediante la fotosíntesis de la radiación solar estacional, del dióxido de carbono atmosférico, de nutrimentos minerales y del agua. Mientras que el potencial de la producción de biomasa esta determinado por la radiación solar recibida, la producción actual lo está por la referencia con que el follaje intercepta la radiación solar y se transforma en materia seca. Por consiguiente, la producción actual puede ser inferior al potencial debido a escasez de insumos como agua, nutrimentos minerales, como una temperatura desfavorable que reduce la eficiencia en la intercepción y conversión (Trejo, 1999).

La asimilación de CO<sub>2</sub> y las mediciones de clorofila son, muy utilizadas como descriptores de la fotosíntesis. Es conveniente combinarlos con lecturas de tasa de transporte de azúcares desde la estructura fotosintética hacia las de almacenamiento como tallo, fruto o semilla. Cuando el principal producto de transporte es sacarosa, como ocurre en buena parte de las hortalizas, el uso de un refractómetro en extractos de los tejidos es una medida indirecta de dicho transporte y muestra alta correlación con la biomasa seca final de las plantas (Benavides, 1999).

La temperatura afecta también las tasas de crecimiento y desarrollo de las plantas, así como la tasa de producción y expansión de las hojas y la floración en la biología de la planta, en primer lugar la temperatura del aire, de la planta, de sus partes y del suelo.

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización Geográfica

El presente trabajo se realizó durante el ciclo primavera - verano de 2004 y primavera - verano de 2005, en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al Noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, con coordenadas geográfica 25 ° 27' latitud norte y 101° 02' longitud oeste, con una altitud de 1 610 msnm.

### Descripción del Sitio Experimental

#### Clima

De acuerdo a la clasificación climática realizada por Köepen, y modificada por (García, 1973) para la República Mexicana, el clima de Saltillo, Coahuila, se define como seco estepario, cuya fórmula climática es:

BSoK(x') (e), donde:

BSo= Es el más seco de los BS, con un coeficiente de P/T menor que 22.9.

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

(x') = Régimen de lluvias intermedio entre verano e invierno, con una precipitación anual de 320 mm, siendo los meses más lluviosos los comprendidos entre junio a septiembre, acentuándose, en el mes de julio. La evaporación promedio mensual es de 178 mm, siendo la mas intensa en los meses de mayo y junio con 236 y 234 mm, respectivamente.

e = Extremoso con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 7 y 14 °C (Padilla, 2002).

## **Suelo**

El suelo del lote experimental es de origen aluvial, medianamente ricos en materia orgánica, ligeramente alcalinos con un pH de 8.1, ligeramente salino con una conductividad eléctrica de 3.7mmhos/cm y una densidad aparente de 1.225 g/cm<sup>3</sup> y un punto de marchitez permanente de 15.22 % (Munguia, 1983).

El contenido de arcilla es de 42.00%, el de limo es de 45.40% y el de arena 12.60%, siendo clasificado como un suelo limo-arcilloso.

## **Calidad del Agua de Riego**

El agua de riego es de la clase C<sub>3</sub> S<sub>1</sub> de calidad media, apta para el riego en suelos bien drenados y seleccionando cultivos tolerantes a sales.

## **Características del Material Vegetal**

La evaluación se realizó con la variedad de papa Gigant, la cual es la papa blanca de mayor importancia en la región al ser preferida por su potencial de rendimiento y resistencia al manejo de poscosecha.

**Maduración:** Semitardía a tardía

**Tubérculos:** Tiene tubérculos de forma oblonga, color de piel y pulpa amarilla, piel lisa con ojos superficiales y apicales.

**Rendimiento:** Muy alto.

**Materia seca:** Contenido mediano.

**Calidad culinaria:** Bastante firme al cocer, propensa a decolorantes después de la cocción.

**Follaje:** De desarrollo rápido, cubriendo bien el terreno.

**Brotes:** Alargados, en forma de cilindro largo, de color rojo morado pálido, yema terminal pequeña, cerrada, verde, yemas laterales largas.

**Enfermedades:** Medianamente sensible a Phytophthora, muy poco sensible al virus Y, inmune a los virus A y X y a la sarna verrugosa, resistente al prototipo A del Nemátodo dorado (León, 2002).

## **Diseño Experimental**

El experimento se realizó en un diseño de bloques al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones, teniendo un total de 20 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 doble hilera, a tres bolillo a una distancia de 0.20 metros entre plantas, para tener una población de 100 plantas/cama y 55560 plantas/ha. Las dimensiones del área experimental fueron de 464 m<sup>2</sup>.

Para detectar diferencia entre tratamientos se utilizó la prueba DMS al 0.05 de probabilidad.

## **Tratamientos evaluados**

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

APA= Acolchado Polietileno aluminizado.

APB/N = Acolchado polietileno blanco sobre negro.

APP/N = Acolchado polietileno plateado sobre negro.

TESTIGO = Sin acolchar.

APN = Acolchado polietileno negro.

## **Establecimiento del Experimento**

### **Preparación del Terreno**

Como preparación del terreno se dio primero un barbecho con arado de discos a una profundidad de 30 cm. Posteriormente, se realizó un paso de rastra cruzada o doble para mullir el suelo.

### **Preparación de las Camas**

La formación de las camas se realizó en forma mecánica utilizando el tractor, el ancho de estas fue de 0.8 m.

### **Establecimiento del Sistema de Riego**

Después de haber hecho las camas, se colocaron las cintillas de riego T-tape sobre cada una de las camas, un extremo de la cinta se conectó a la línea de riego correspondiente por medio de conectores, el otro extremo de la cintilla fue doblado para hacer posible el riego.

### **Acolchado de las Camas**

Esta práctica se realizó en forma manual de la siguiente manera:

- Se cortaron tiras de plástico (calibre 150) de los diferentes colores a utilizar, de aproximadamente 11 m de longitud y 1.20 m de ancho.
- Se abrió una pequeña zanja en una cabecera de la cama y ahí se colocó una punta del plástico perfectamente estirada para después cubrirla con tierra.
- El otro extremo se enredó en una fajilla de madera con el fin de realizar un jalón parejo al plástico y estirla lo más posible.
- Después de esto el plástico se cubrió con tierra al extremo donde se colocó la tira de madera sujetándolo bien para que quedara perfectamente dispuesto.
- Por último se cubrieron los extremos laterales con tierra para evitar la entrada de aire al interior de la cama.

### **Perforación del Plástico**

Las perforaciones al plástico se realizaron cada 20 cm entre sí a tres bolillo, para esto se utilizaron perforadores manuales de aproximadamente 8 centímetros de diámetro, los cuales fueron calentados previamente. Para sellar los bordes de la perforación y evitar el lo posible el rasgado.

### **Siembra**

Las siembras se efectuaron en las siguientes fechas:

- ✓ Primer experimento: 15 de Marzo de 2004.
- ✓ Segundo experimento: 14 de marzo de 2005.

Procedimiento: se perforó el suelo en cada perforación del plástico con una estaca de madera donde se depositó el tubérculo, enseguida se cubrió con tierra.

### **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.

## **Manejo del Cultivo**

### **Siembra**

Antes de la siembra se dio un riego pesado para que el suelo tuviera buena humedad y facilitar el tapado de los tubérculos y eliminar los espacios de aire que quedaran en el suelo.

### **Riegos**

Los riegos subsecuentes se efectuaron conforme a las necesidades hídricas del cultivo, la duración de los mismos fue de 2 a 3 horas diarias, tanto para los tratamientos acolchados como para el testigo.

### **Deshierbes y Aporques**

Los deshierbes solo se realizaron en los tratamientos sin acolchado, y en suelo con cubierta plástica en las perforaciones del plástico, en estos últimos se realizó manualmente quitando la maleza cuidadosamente para no dañar el plástico. En lo referente a los aporques estos no se realizaron al cultivo ya que la semilla fue depositada a buena profundidad y en el acolchado es una labor que no se lleva a cabo.

### **Plagas y Enfermedades**

Para combatir las plagas y enfermedades, que se presentaron a lo largo del experimento se aplicaron en forma preventiva y de control, diferentes productos químicos, conforme lo fue requiriendo el cultivo. Las plagas que se presentaron durante el ciclo del cultivo fueron, el minador de la hoja, palomilla de la papa, chicharritas, diabrotica y mosquita blanca, entre otras. Las enfermedades que más daño causaron fueron: *Tizón tardío (Phytophthora infestans)*, pierna negra y punta morada de la papa, esta ultima en el ciclo primavera- verano 2005,

causó daños muy severos en el cultivo, reflejándose en el rendimiento, entre otras manifestaciones.

**Cuadro 6. Productos químicos empleados en el control de plagas y enfermedades.**

<b>Plagas</b>		<b>Enfermedades</b>	
<b>Nombre común</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Ingrediente Activo</b>
Metamidofos	Metamidofos 50%	Tecto 60	Tiabendazol 60% benzimidazol
Disparo	Clorpirifos etil + permetrina 33.80%	Ridomil Gold 76	Metalaxil 9%, Clorotalonil 72%
Dimetoato 400		equation contact	Famoxodona + mancozeb
Confidor	imidacloprid	Agri-mycin 100	
Methomyl	metomilo	Manzate 200	Mancozeb 75%
		Cuperhidro	hidroxido cuprico
		Fungimycin 5%	oxitetraciclina

**Variables Agronómicas Evaluadas**

Las variables de crecimiento vegetativo fueron altura, área foliar, peso seco, temperaturas de aire y suelo, tasa de asimilación neta, tasa relativa de crecimiento y relación área foliar. Además se evaluó el rendimiento comercial, clasificándolo en primera, segunda, tercera, rezaga y total.

Para llevar a cabo la toma de datos de altura de planta se seleccionaron al azar dos plantas por tratamiento, las cuales fueron cosechadas tomando en cuenta que fueran representativas de cada tratamiento. Para las variables de peso seco y área foliar se tomaron las dos plantas utilizadas para tomar la altura de planta.

**Altura de Planta**



La medición de esta variable se hizo con una cinta métrica de 3 m, tomándose desde la base del tallo hasta la parte más alta de la planta. Se realizaron un total de cuatro evaluaciones durante todo el ciclo del cultivo, en los periodos de 45, 52, 59 y 66 días después de la siembra (dds). Se estimaron medias de 2 plantas por tratamiento y por repetición.

### **Peso Seco**

En índice de materia seca se determinó cuatro veces durante el ciclo del cultivo, al igual que para altura de planta, con el procedimiento que a continuación se describe:

- ✓ Se tomaron 2 plantas representativas por tratamiento.
- ✓ Cada planta se sacó completa (hojas, tallo y tubérculos)
- ✓ Se quitaron los residuos de tierra que estas presentaban.
- ✓ Las plantas se seccionaron en dos partes (hojas, tallos) y se metieron en bolsas de papel.
- ✓ Posteriormente se metieron las bolsas a una estufa por 72 horas a 70 °C.
- ✓ Por último se determinó el peso seco de la planta en una balanza analítica expresándose en g/planta.

### **Área Foliar**

El área foliar se midió en cuatro ocasiones al igual que peso seco, tomándose dos plantas representativas por tratamiento, por medio de un medidor de área foliar modelo LI 3100, los resultados obtenidos se expresaron en cm<sup>2</sup>.

### **Índices de crecimiento**

Los índices de crecimiento fueron evaluados utilizando las siguientes formulas:

**TAN= Tasa de asimilación neta** (Briggs, et al,) (citado por Quero, 1997). Es la cantidad de materia seca producida por unidad de hoja y por unidad de tiempo.

$$TAN = \frac{(PSP_2 - PSP_1)}{(AF_2 - AF_1)} \times \frac{(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{(T_2 - T_1)} = \frac{g}{cm^2 \times dia}$$

**TRC = Tasa relativa de crecimiento** (Watson, 1952) (Hunt, 1982) citado por (Quero, 1997). La TRC es el incremento de material vegetal por unidad de material vegetal presente, por unidad de tiempo. Representa la eficiencia de la planta como productora de nuevo material vegetal.

$$TRC = \frac{(\ln PSP_2 - \ln PSP_1)}{(T_2 - T_1)} = \frac{g}{dia}$$

La TRC se define como el incremento en biomasa presente por unidad de tiempo.

**RAF= Relación área foliar** (Torre, 1984) citado por (Quero, 1997). La RAF es la relación que existe entre el área foliar y el peso seco total de la planta.

$$RAF = 0.5 * (af_1 / psp_1 + af_2 / psp_2) = \frac{cm^2}{g}$$

**Donde:**

- ★  $PSP_2$  y  $PSP_1$  Se refiere a los pesos secos de la planta a los 45, 52, 59 y 66 días después de siembra, respectivamente.
- ★  $AF_1$  y  $AF_2$ , son los valores de área foliar ( $cm^2$ ) a los 45, 52, 59 y 66 días después de siembra, respectivamente.
- ★  $T_1$  es el tiempo del primer muestreo
- ★  $T_2$  es el tiempo del segundo muestreo

### **Temperaturas de suelo y aire.**

Se utilizaron sensores para medir temperatura del suelo los cuales se colocaron a 10 cm de profundidad en cada tratamiento. Los sensores se conectaron a un Datalogger 21X (Campbell Scientific, Utah, Logan) que registró las temperaturas del suelo diariamente cada 10 segundos. Los datos se almacenaban en el equipo y posteriormente se pasaban a la computadora portátil, promediándose las lecturas para sacar valores diarios de temperaturas máximas, mínimas y medias. Los sensores de temperaturas del aire, fueron colocados dentro de una garita de madera a 10 cm. de altura con respecto al suelo, esta solo

se tomó para el ciclo 2005. Esta toma de datos fue realizada durante todo el ciclo del cultivo.

### **Rendimiento**

La cosecha se efectuó quince días después del desvare el día 14 de junio de 2004, después del desvare se quitó el plástico para que el suelo estuviera lo más seco posible y la recolección se realizó manualmente. Enseguida de que se cosecharon los frutos, se clasificaron por tamaño y se pesaron con una balanza tipo reloj de 15 kg, por tratamiento y por repetición en cada una de las evaluaciones. El rendimiento se clasificó en primera, segunda, tercera, cuarta y total, se expresaron en Kg/parcela, para posteriormente transformarlos a  $t\ ha^{-1}$ .

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación se presentan los resultados obtenidos de cada variable de este experimento. Los análisis de varianza se encuentran en el Apéndice (Cuadros 15-38). La prueba de comparación de medias y figuras se incorporaron de acuerdo al enunciado de cada variable.

### **Altura de la Planta**

El análisis de varianza para esta variable (Cuadro 19), muestra que solo hubo diferencia significativa al 0.05 de probabilidad en el último muestreo realizado a los 66 dds del ciclo 2004. En la comparación de medias (Cuadro 7) podemos observar que en los primeros tres muestreos el comportamiento fue, estadísticamente similar entre tratamientos. En el último muestreo el tratamiento con mayor altura fue APA con 109.75 cm, lo que representa un incremento del 16.28% con respecto al testigo, seguido por los tratamientos APB/N, APP/N, APN y la menor altura la obtuvo el testigo con 94.38 cm.

En el ciclo 2005 en el primer muestreo no hubo diferencia significativa al 0.05 de probabilidad, siendo el APN el tratamiento con mayor altura 65.8 cm seguido por el APA, APB/N, APP/N y testigo. El incremento en altura con respecto al testigo fue de 10.3 cm, lo que representa una diferencia de 18.70%.

Para la segunda medición del ciclo 2005 los acolchados superaron al testigo, el tratamiento con mayor altura fue el APA con 82.88 cm, seguido por APP/N, APN, APB/N y por último el testigo con una altura de 70.38 cm y una diferencia en porcentaje comparado con el tratamiento de mayor altura de 17.76%.

En la tercera medición hubo diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo no se presentan resultados de la cuarta medición, debido a la presencia de Punta morada.

La media nos indica claramente que los acolchados incrementan significativamente la altura de planta a diferencia respecto al testigo.

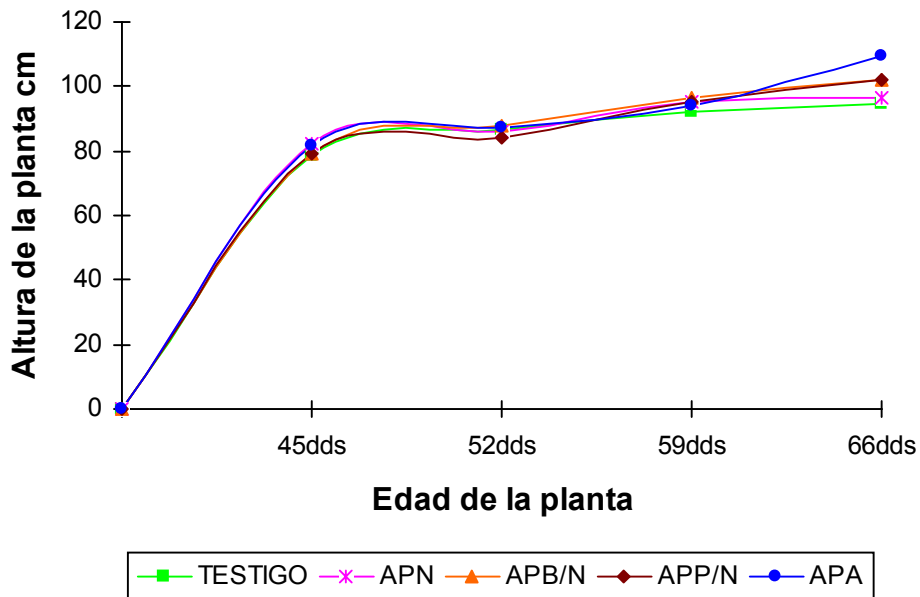
**Cuadro 7. Comparación de medias de altura de planta en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores.**

Tratamientos	Altura (cm)				
	45 dds	52 dds	59 dds	66 dds	Media
<b>Ciclo 2004</b>					
Testigo	78.38	86.63	92.00	94.38 b	87.85 b
APN	82.50	86.00	95.38	96.38 b	90.06 ab
APB/N	79.38	87.88	96.38	102.13 ab	91.44 ab
APP/N	79.38	84.25	95.38	102.00 ab	90.25 ab
APA	81.63	87.13	94.13	109.75 a	93.16 a
DMS (0.05)	NS	NS	NS	8.15	4.35
CV (%)	4.55	6.66	3.20	5.24	3.11
<b>Ciclo 2005</b>					
Testigo	55.50	70.38 c	84.63 b	-----	70.17 b
APN	65.88	81.38 ab	88.50 ab	-----	78.58 a
APB/N	65.25	76.75 b	85.88 ab	-----	75.96 a
APP/N	63.75	82.25 a	91.13 a	-----	79.05 a
APA	65.38	82.88 a	88.00 ab	-----	78.75 a
DMS (0.05)	NS	5.16	5.97	-----	4.36
CV (%)	5.180	4.25	4.43	-----	3.70

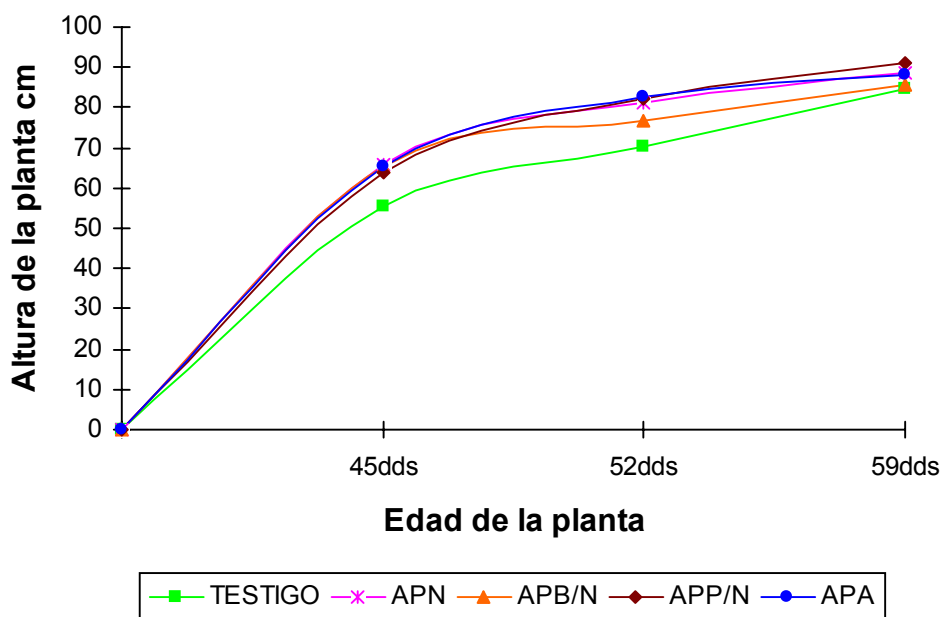
NS= No significancia.

Tratamiento con la misma literal en cada columna no difieren entre sí.

Con los anteriores resultados podemos indicar que la aplicación de los plásticos de diversos colores en suelo acolchado en combinación con el riego por goteo, influyen de manera positiva en la altura de planta.



**Fig. 1 Comportamiento de la altura de la planta en cuatro muestreos ciclo 2004.**



**Fig. 2 Comportamiento de la altura de la planta en tres muestreos ciclo 2005.**

### Peso Seco de Planta

Las plantas de papa, crecidas con acolchado plástico superaron a las que crecieron en suelo desnudo, ya que presentaron diferencia significativa al 0.05 de

probabilidad en la acumulación de peso seco de planta, especialmente en el segundo muestreo de ambos ciclos de cultivo (Cuadro 8).

En el ciclo 2004, a los 45 dds el tratamiento con APN registró el mayor peso por planta con 68.40 g planta<sup>-1</sup>, superando al testigo con 31.55 g planta<sup>-1</sup>, lo que nos da una diferencia en porcentaje de 85.61%, seguido por los acolchados APA, APB/N y APP/N con 59.80, 52.83 y 50.18 g planta<sup>-1</sup> respectivamente.

Para los últimos dos muestreos del ciclo 2004, a los 59 y 66 dds los comportamientos fueron similares, el testigo superó por diferencia mínima de 0.6 g planta<sup>-1</sup> al APB/N en el último muestreo, mientras que los tratamientos con mayor peso seco fueron APP/N, APA, APN con pesos de 151.05, 141.53 y 130.60 g planta<sup>-1</sup>.

En el ciclo 2005 en el muestreo a los 45 dds los tratamientos con acolchados fueron superiores en magnitud al testigo, resultando el APA superior con 43.83 g planta<sup>-1</sup>, seguido por APB/N, APN, APP/N con valores de 39.45, 37.05, 36.90 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente y el testigo obtuvo 28.83 g planta<sup>-1</sup>, este incremento expresado en porcentaje comparando el de mayor peso seco de planta con el testigo fue de 52.03%.

El segundo muestreo presenta diferencia significativa entre tratamientos, resultando los acolchados APP/N, APA y APN con los mayores valores en peso seco de planta con 67.55, 67.13 y 67.10 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente. El APB/N ocupó el penúltimo lugar con 61.8 g planta<sup>-1</sup>, superando al testigo con 47.05 g planta<sup>-1</sup>. El APP/N superó con un 43.57% al testigo.

**Cuadro 8. Comparación de medias de peso seco de planta en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.**

Tratamientos	Peso Seco de Planta (g planta <sup>-1</sup> )				
	45 dds	52 dds	59 dds	66 dds	Media
<b>Ciclo 2004</b>					

Testigo	36.85 c	53.93 b	94.85 b	112.08 b	74.43 d
APN	68.40 a	80.80 a	122.30 a	130.60 ab	100.52 a
APB/N	52.83 b	70.60 a	87.30 bc	111.48 b	80.55 cd
APP/N	50.18 b	69.38 a	82.50 c	151.05 a	88.27 bc
APA	59.80 ab	77.63 a	90.40 bc	141.53 a	92.33 ab
DMS (0.05)	10.45	11.63	10.99	22.79	10.99
CV (%)	12.66	10.71	7.47	11.44	8.18

### Ciclo 2005

Testigo	28.83 b	47.05 b	85.70	-----	53.84 b
APN	37.05 ab	67.10 a	91.35	-----	65.15 ab
APB/N	39.45 a	61.80 a	84.03	-----	61.76 ab
APP/N	36.90 ab	67.55 a	93.53	-----	65.99 a
APA	43.83 a	67.13 a	99.50	-----	70.14 a
DMS (0.05)	8.50	11.33	NS	-----	12.1
CV (%)	14.83	11.83	20.27	-----	12.39

---

NS= No significancia.

Tratamiento con la misma literal en cada columna no difieren entre sí.

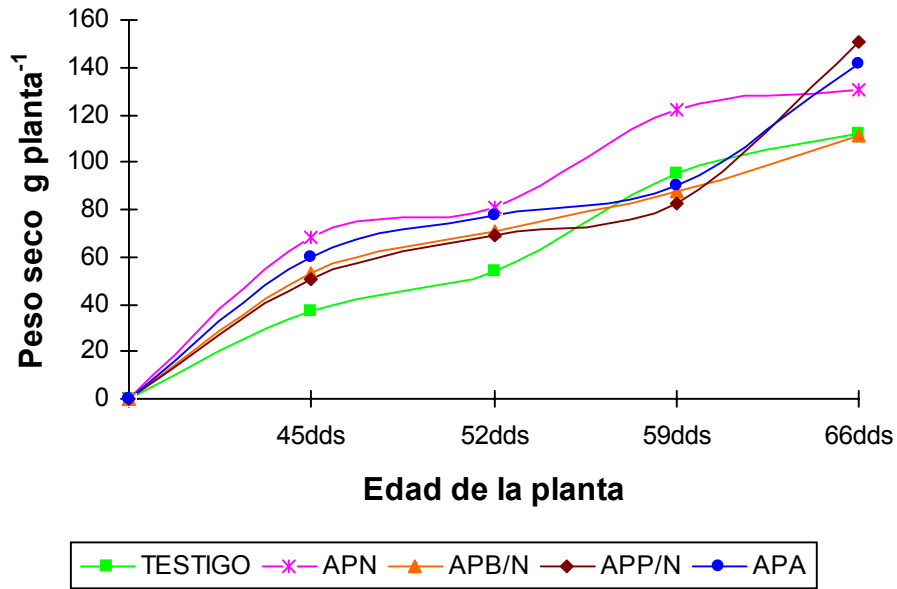
En el tercer muestreo a los 59 dds no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. El último muestreo fue excluido, ya que los daños en las plantas eran muy severos a consecuencia de la enfermedad de punta morada de la papa.

Los resultados muestran que el acolchado plástico de colores tiene efectos en un proceso de vital importancia como es la producción de biomasa.

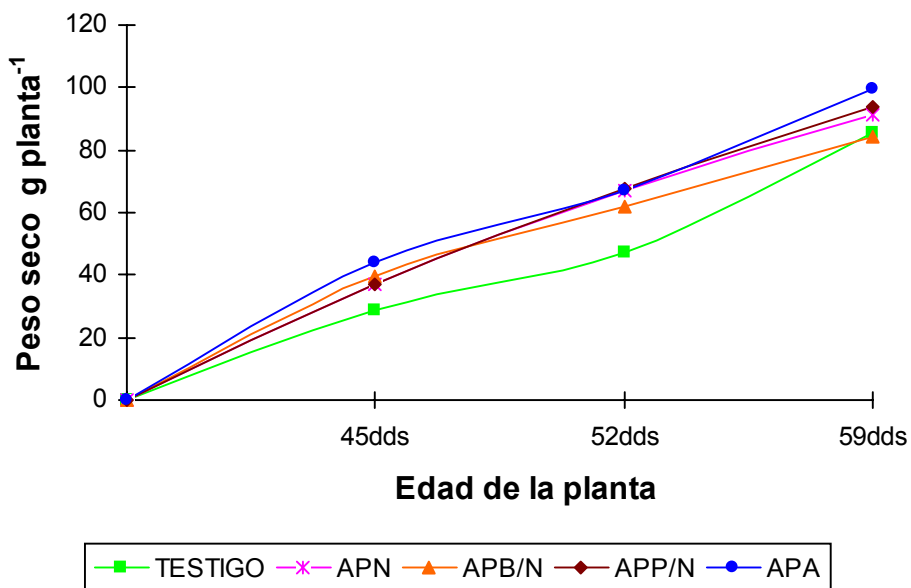
La materia seca de las plantas se origina de la fotosíntesis y por este proceso la planta utiliza la energía de la radiación solar con ayuda de la clorofila. El potencial de producción de biomasa está determinado por la radiación solar recibida, la producción está dada por la eficiencia con que el follaje intercepte la radiación solar y la transforma en materia seca. Indirectamente el exceso o falta de humedad influye en el crecimiento de los tejidos vegetales, siendo este crecimiento menor aunque la temperatura sea óptima. Las células de los tejidos de crecimiento, al estar expuestas a la sequedad, se hacen coriáceas y



disminuyen su multiplicación, por lo que es menor su crecimiento vegetativo y como consecuencia su masa seca. En el presente estudio los tratamientos que fueron acolchados produjeron mayor cantidad de biomasa y también un mayor rendimiento (Cuadro 8).



**Fig. 3 Comportamiento del peso seco de la planta en cuatro muestreos en el ciclo 2004.**



**Fig. 4 Comportamiento del peso seco de la planta en tres fechas de muestreo en el ciclo 2005.**

### Área foliar

Durante las mediciones de área foliar en el ciclo 2004, los tratamientos estudiados mostraron diferencia significativa. Para las dos primeras mediciones a los 45 y 52 dds el tratamiento APN fue superior a todos, comparado con el testigo, tuvo una diferencia de 83.93% y 53.66%, en los respectivos muestreos, y estos incrementos de área foliar en las primeras etapas de desarrollo de las plantas quizá son positivos para producir cultivos tempranamente.

Para la tercera medición a los 59 dds, el APN fue el tratamiento que obtuvo el valor más alto con 11667.9 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> seguido por el testigo con 9071.7 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> y los demás tratamientos tuvieron comportamientos similares, como lo muestra el Cuadro 9.

En la última medición a los 66 dds hubo diferencia altamente significativa entre tratamientos (Cuadro 15), resultando el tratamiento APP/N el más alto con 17401 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>, seguido por APA, APB/N, APN y el testigo con 11658 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>, con una diferencia entre el APP/N y el testigo de 49.26%.

**Cuadro 9. Comparación de medias de área foliar en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.**

Tratamientos	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )				
	45dds	52dds	59dds	66dds	Media
<b>Ciclo 2004</b>					
Testigo	3625.0 c	5058.6 b	9071.7 b	11658 b	7353.4 c
APN	6667.5 a	7773.1 a	11667.9 a	11895 b	9500.8 a
APB/N	5076.3 b	6889.1 a	8768.3 b	12112 b	8211.5 bc
APP/N	4890.2 b	6887.3 a	8349.6 b	17401 a	9382.0 a
APA	5536.3 ab	7254.3 a	8454.6 b	14846 a	9022.9 ab

DMS (0.05)	1192.8	1101.9	982.88	2601.1	1045.8
CV (%)	15.0	10.56	6.89	12.43	7.81

### Ciclo 2005

Testigo	3999.6 b	6553.8 b	11698	-----	7417.2 b
APN	5404.3 ab	9285.1 a	12247	-----	8978.7 b
APB/N	5893.8 a	8903.2 a	11481	-----	8759.4 ab
APP/N	5842.0 a	9231.8 a	12102	-----	9058.7 b
APA	6747.3 a	9539.3 a	12863	-----	9716.6 a
DMS (0.05)	1468.4	1782.8	NS	-----	1515
CV (%)	17.09	13.30	17.64	-----	11.19

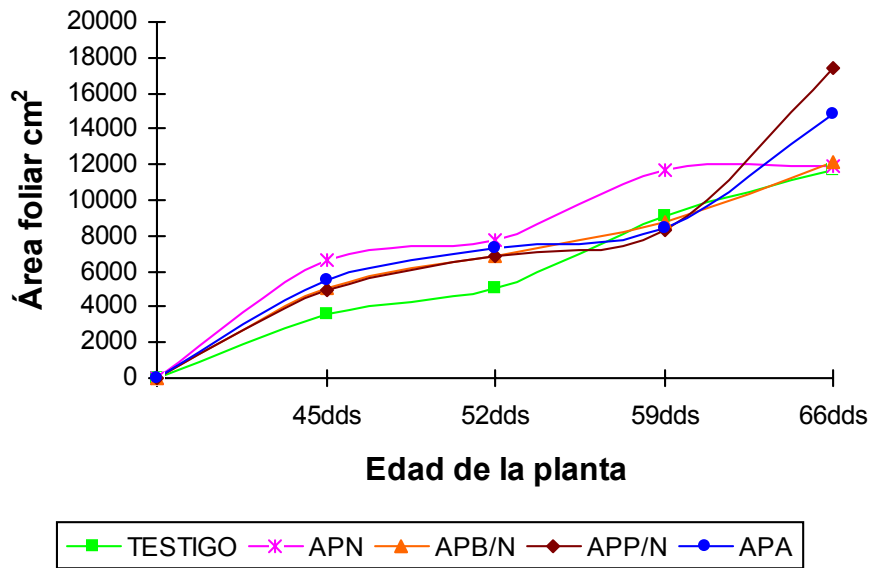
NS= No significancia.

Tratamiento con la misma literal en cada columna no difieren entre sí.

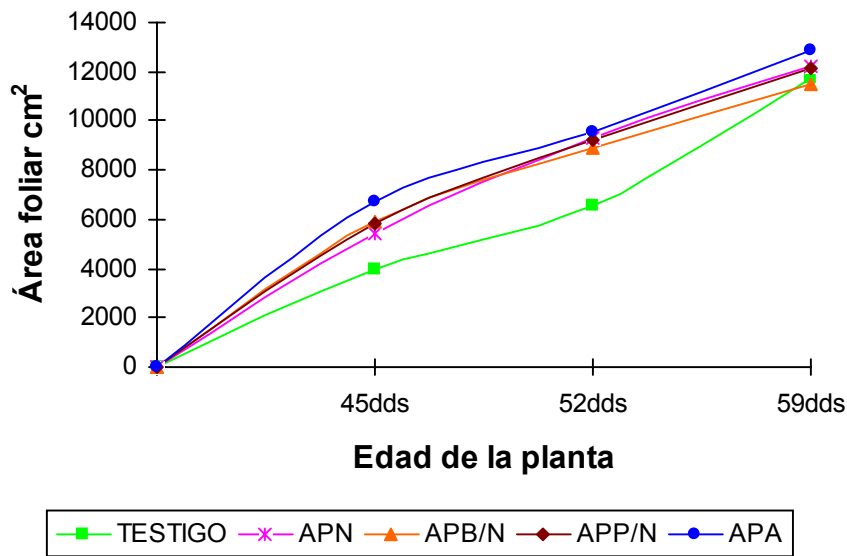
Para el ciclo 2005, en las dos primeras mediciones a los 45 dds y 52 dds hubo diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 28). Durante la primera medición el APA fue el que obtuvo mayor efecto con  $6747.3 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ , seguido por el APB/N con  $5893.8 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ , el testigo resultó con menor área foliar con  $3999.6 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ , lo que representa una ganancia del 68.69% comparando el APA con el testigo

En la segunda medición, el tratamiento que obtuvo mayor efecto corresponde al APA con  $9539.3 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ , seguido por el APN con  $9285.1 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ , lo que representa una ganancia del 45.55 y 41.67% con respecto al testigo y los tratamientos con menor respuesta fueron el APP/N y APB/N con  $9231.8$  y  $8903.2 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ .

En lo que respecta al último muestreo a los 59 dds, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 9), podemos apreciar que las medias para este ciclo nos indican que el APA fue el que obtuvo mayor valor de área foliar durante las tres mediciones, seguido por APB/N, APP/N, APN y testigo, encontrando una diferencia entre el APA y el testigo de 31.0%.



**Fig. 5 Comportamiento del área foliar en cuatro fechas de muestreo durante el ciclo 2004.**



**Fig. 6 Comportamiento del área foliar en tres fechas de muestreo durante el ciclo 2005.**

Los resultados obtenidos en esta variable coinciden con los de Padilla (2002), quien realizó un trabajo similar en el cultivo de papa encontrando que los acolchados incrementan el área foliar con respecto al suelo desnudo.

## Temperaturas del suelo y aire

Las temperaturas máximas y medias del suelo bajo acolchados tendieron a ser superiores al testigo (Cuadro 10). En el ciclo 2004 las temperaturas medias del suelo con APN promedió 1.5 °C más que la temperatura del testigo y cerca de 0.3°C más que los otros tratamientos acolchados. Las temperaturas máximas del suelo fueron para el APN con 23.5°C y las menores temperaturas para el testigo con 18.1 °C.

Como se puede apreciar, la temperatura de un suelo acolchado es mayor en comparación a la de un suelo descubierto, esto se logra mediante la barrera física que crean las películas plásticas, pero también depende de la pigmentación.

Robledo y Martín (1988), mencionan que las películas plásticas durante el día transmiten la energía del sol, creando un efecto de invernadero y en la noche ocurre un aislamiento entre el suelo y la atmósfera que esta en función del color y grosor del plástico, hecho que se asemeja a la presente investigación.

**Cuadro 10. Comparación de temperaturas máximas, mínimas y medias del suelo y aire en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.**

Tratamientos	Temperaturas (°C).					
	Suelo			Aire		
	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.
<b>Ciclo 2004</b>						
Testigo	21.6 c	18.1 c	19.9 c	-----	-----	-----
APN	23.5 a	19.3 a	21.4 a	-----	-----	-----
APB/N	23.1 b	18.8 b	20.8 b	-----	-----	-----
APP/N	23.0 b	19.3 a	21.1 ab	-----	-----	-----
APA	22.9 b	19.3 a	20.9 ab	-----	-----	-----
DMS (0.05)	0.2302	0.1989	0.6383	-----	-----	-----
CV (%)	0.6548	0.6809	1.9919	-----	-----	-----

### Ciclo 2005

Testigo	21.70 d	16.4 e	19.2 e	29.0 c	12.5 c	20.6 d
APN	27.10 a	21.5 a	22.8 a	31.4 a	12.7 b	21.4 a
APB/N	23.90 c	18.2 c	21.2 c	30.8 b	16.6 a	21.1 b
APP/N	25.40 b	18.9 b	22.3 b	30.8 b	12.1 d	21.1 b
APA	23.80 c	17.6 d	20.7 d	31.5 a	12.6 bc	20.9 c
DMS (0.05)	0.1289	0.1711	0.0.1711	0.4744	0.1319	0.1392
CV (%)	0.3431	0.5996	0.5228	1.0029	0.6438	0.4300

NS= No significancia.

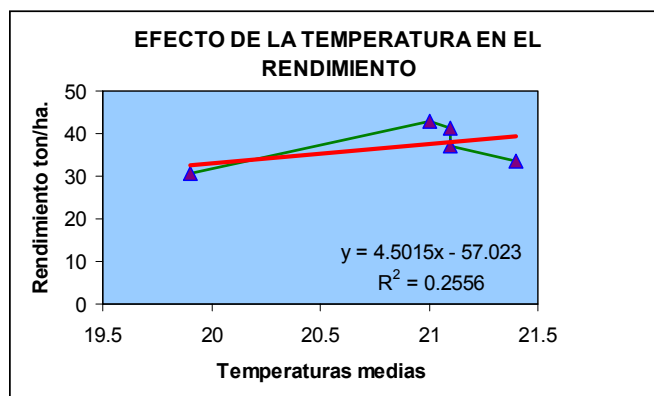
Tratamiento con la misma literal en cada columna no difieren entre sí.

En el ciclo 2005 la tendencia de las temperaturas en el suelo fue similar al ciclo 2004, encontrando diferencias altamente significativas. Las temperaturas medias del suelo con APN incrementaron la temperatura 3.6 °C mas que el testigo, seguido por el tratamiento APP/N con 22.3 °C. Las temperaturas máximas del suelo fueron alcanzadas por el APN con 27.10 °C, el testigo fue el que registró las menores temperaturas con 16.4°C, que al compararlo con el APN hay una diferencia de 5.1 °C.

Las temperaturas del aire tuvieron un comportamiento similar ya que los tratamientos con acolchados aumentaron mas la temperatura en comparación con el testigo, las temperaturas mínimas de aire fueron para el testigo y el APB/N fue superior por 4.1 °C, lo que significa que los tratamientos acolchados irradia temperatura hacia la parte de las hojas. Las temperaturas máximas del aire fueron alcanzadas por el APA con 31.5 °C, este plástico también tiene la característica de absorber radiación por lo tanto incrementa también la temperatura del suelo. Lo anterior puede ayudar a explicar que la comparación de la temperaturas del aire y temperaturas del suelo, ya que el aumento es mas marcado en temperatura del suelo.

Cebula (1995), realizó un experimento en el cual la temperatura del suelo fue en promedio 2 °C mas alta bajo los acolchados plásticos transparentes y negros a profundidades de 5 y 12 cm, dentro de un invernadero, también el número de hojas por planta y el área foliar fue mayor comparada con el testigo sin

acolchar, esta investigación coincide con los datos obtenidos en la presente investigación.



**Fig. 7 Efecto de las temperaturas medias del suelo en el rendimiento durante el ciclo 2004.**

### Tasa relativa de crecimiento

En el ciclo 2004, hubo diferencia significativa entre tratamientos en los tres muestreos, sin embargo, al comparar las medias (Cuadro 11), podemos apreciar que para el primer muestreo a los 45 dds, el testigo presentó la mayor TRC con  $0.055 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , el APA fue el que presentó los menores valores.

A los 52 dds el testigo también presentó la mayor TRC con  $0.08 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ . Los tratamientos con menor TRC fueron APP/N y APA. En el tercer muestreo a los 59 dds el APP/N fue superior con  $0.086 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , seguido por APA, el APN obtuvo el menor valor con  $0.09 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ . En el ciclo 2004 podemos observar que el testigo obtuvo la mayor TRC con un valor medio de  $0.053 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , seguido por APP/N  $0.052 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , el APN obtuvo la menor TRC con  $0.031 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ .

La TRC se define en cualquier instante de tiempo como el incremento del material vegetal presente y es el único componente del análisis de crecimiento que no requiere del conocimiento del tamaño del sistema asimilatorio (Beadle, 1998).

Durante el ciclo 2005, solo se efectuaron tres muestreos, por lo tanto solo se reportaron los muestreos a los 45 y 52 dds, en el primero no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 36), pero si en el segundo, en la comparación de medias podemos apreciar en el Cuadro 11, que para el segundo muestreo a

los 52 dds el testigo fue el que representó mayor TRC con 0.086 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, seguido por APA 0.053 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, APP/N 0.047 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, APN y el menor fue el APB/N 0.042 g g<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>.

Los datos obtenidos (Cuadro 11), coinciden con algunos comentarios de Salisbury y Ross, (1994), ya que mencionan que el crecimiento vegetal es extremadamente sensible a la temperatura. Un cambio de pocos grados da lugar a un cambio significativo en la tasa de crecimiento. Por lo anterior, se puede decir que cada especie o variedad posee, en cualquier estado determinado de su ciclo de vida y en cualquier conjunto determinado de condiciones de estudio, una temperatura mínima debajo de la cual no crece, un rango de temperatura óptima en la que crece con la mayor tasa de crecimiento y una temperatura máxima por encima de la cual no crecerá y con la que incluso puede morir.

**Cuadro 11. Comparación de medias de la tasa relativa de crecimiento en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.**

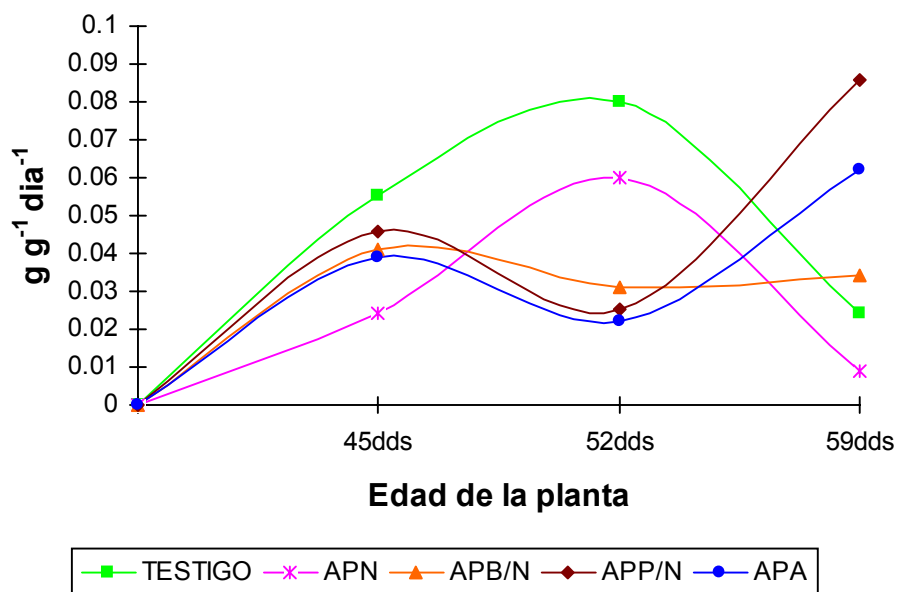
Tratamientos	Tasa relativa de crecimiento (g g <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )			
	45 dds	52 dds	59 dds	Media
<b>Ciclo 2004</b>				
Testigo	0.055 a	0.08 a	0.024 cd	0.053 a
APN	0.024 b	0.060 b	0.009 d	0.031 d
APB/N	0.041 ab	0.031 c	0.034 c	0.035 c
APP/N	0.046 ab	0.025 c	0.086 a	0.052 a
APA	0.039 ab	0.022 c	0.062 b	0.041 b
DMS (0.05)	0.029	0.016	0.022	0.0025
CV (%)	45.06	23.88	33.29	3.89
<b>Ciclo 2005</b>				
Testigo	0.070	0.086 a	-----	0.078 a
APN	0.084	0.043 b	-----	0.064 c
APB/N	0.067	0.042 b	-----	0.055 e



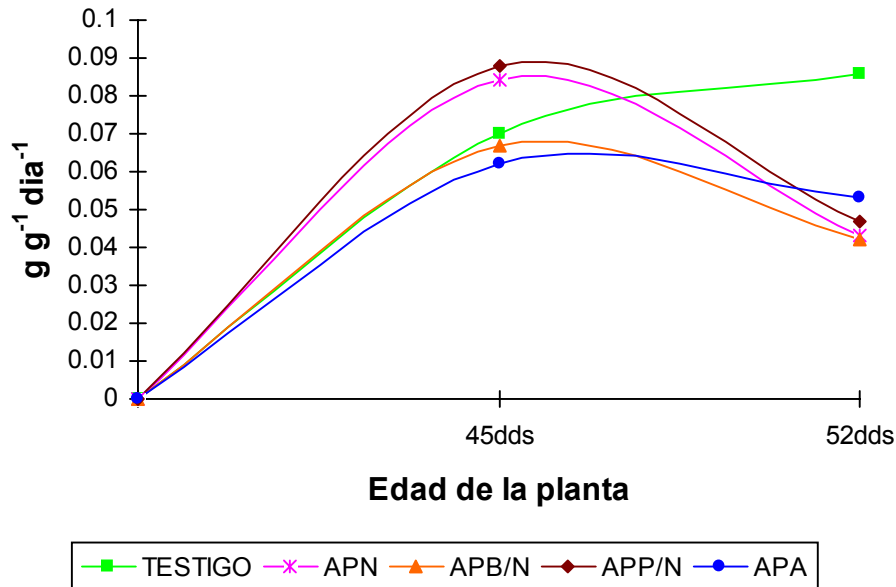
APP/N	0.088	0.047	ab	-----	0.068	b
APA	0.062	0.053	ab	-----	0.058	d
DMS (0.05)	NS	0.043		-----	0.0018	
CV (%)	30.46	51.06		-----	1.83	

NS= No significancia.

Tratamiento con la misma literal en cada columna no difieren entre sí.



**Fig. 8 Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento en tres fechas de muestreo durante el ciclo 2004.**



**Fig. 9 Comportamiento de la tasa relativa de crecimiento en dos fechas de muestreo durante el ciclo 2005.**

En la base de datos se pudo observar que la TRC es menor en los tratamientos con acolchado, debido a que en la fórmula empleada para obtener la TRC hay valores mas altos en los tratamientos acolchados, lo cual hace que la fórmula no sea muy representativa para la interpretación de los resultados, ya que en esta fórmula se utilizan valores de peso seco de la planta y los acolchados obtuvieron mayores pesos, sin embargo, esto no lo refleja en la TRC. Por lo cual decidí explicarlo de esta forma comparando el testigo con un acolchado APB/N.

$$TRC = \frac{(\ln PSP_2 - \ln PSP_1)}{(T_2 - T_1)} = \mathbf{g\ g^{-1}\ día^{-1}}$$

$$TRC\ testigo = \frac{(\ln 53.93 - \ln 36.85)}{(7)} = \frac{3.99 - 3.61}{7} = \frac{0.3776}{7} = \mathbf{0.055\ g\ g^{-1}\ día^{-1}}$$

$$TRC\ APB/N = \frac{(\ln 70.6 - \ln 58.83)}{(7)} = \frac{4.26 - 3.97}{7} = \frac{0.2870}{7} = \mathbf{0.041\ g\ g^{-1}\ día^{-1}}$$

**Tasa de asimilación neta**

La eficiencia fotosintética de las plantas se expresa en términos de la TAN, que es la cantidad de materia seca acumulada por unidad de hoja y por unidad de tiempo (Quero, 1997). La tasa de asimilación neta es la variable que involucra mas componentes de estudio en su calculo, tales como peso seco, área foliar y el intervalo entre muestreos.

Para la TAN en el ciclo 2004, los análisis de varianza para los dos últimos muestreos detectaron diferencias significativas (Cuadro 25). A los 45 dds el testigo superó estadísticamente a los tratamientos acolchados (Cuadro 12) registrando el mayor valor de TAN con  $0.00058 \text{ g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ . siendo el APN el que registró el menor valor con  $0.00024 \text{ g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ . A los 52 dds el testigo siguió siendo el de mayor valor de TAN con  $0.00085 \text{ g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ , seguido del APN  $0.00062 \text{ g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ , el menor valor fue para el APA  $0.00023 \text{ g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ . En lo que corresponde al muestreo a los 59 dds el APP/N obtuvo la mayor TAN  $0.00080 \text{ g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ , superando al APN y al testigo que fueron los que obtuvieron la menor TAN con  $0.00024$  y  $0.00010 \text{ g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ . Lo que significa que el testigo es mas eficiente en los primeros días de crecimiento y los acolchados y sobre todo el APP/N mejora su eficiencia en la TAN en los últimos muestreos.

**Cuadro 12. Comparación de medias de la tasa de asimilación neta en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.**

Tratamientos	Tasa de asimilación neta ( $\text{g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )			
	45 dds	52 dds	59 dds	Media
<b>Ciclo 2004</b>				
Testigo	0.00058 a	0.00085 a	0.00024 b	0.00056 a
APN	0.00024 b	0.00062 b	0.00010 b	0.00032 e
APB/N	0.00042 ab	0.00031 c	0.00062 b	0.00045 c
APP/N	0.00047 ab	0.00025 c	0.00080 a	0.00051 b
APA	0.00042 ab	0.00023 c	0.00062 a	0.00042 d
DMS (0.05)	0.0003	0.0002	0.0002	
CV (%)	47.20	23.48	36.49	3.93

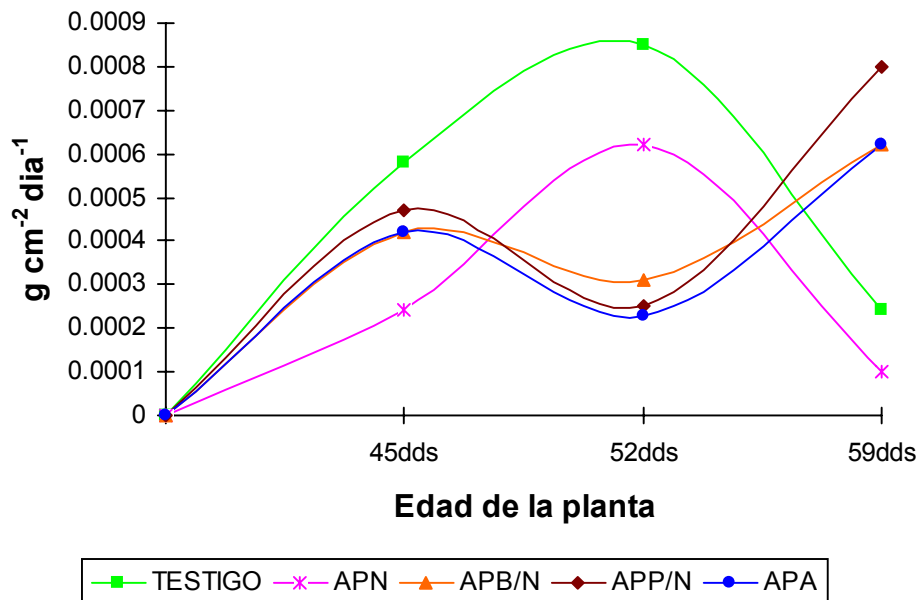
**Ciclo 2005**

Testigo	0.00050	0.00062	-----	0.00056 a
APN	0.00059	0.00038	-----	0.00049 b
APB/N	0.00046	0.00031	-----	0.00039 d
APP/N	0.00061	0.00037	-----	0.00048 b
APA	0.00042	0.00040	-----	0.00041 c
DMS (0.05)	NS	NS	-----	
CV (%)	31.30	55.43	-----	2.49

NS= No significancia.

Tratamiento con la misma literal en cada columna no difieren entre sí.

Durante el ciclo 2005, no se encontraron diferencias significativas en los dos muestreos, debido a como ya hemos estado mencionando que la incidencia de punta morada de la papa nos redujo el área foliar y por consecuencia el peso seco, sin embargo en la media (Cuadro 12) podemos apreciar que el testigo tuvo un comportamiento ligeramente superior a los acolchados.



**Fig. 10 Comportamiento de la tasa de asimilación neta en tres fechas de muestreo durante el ciclo 2004.**

## Relación área foliar

Este parámetro se define como la relación existente entre el área foliar y el peso seco total de la planta, y es un indicador de la productividad de un cultivo por unidad de superficie (Steward, 1969).

Durante el ciclo 2004, en el primer muestreo a los 45 dds no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 26). A los 52 dds el APP/N fue el que obtuvo la mayor RAF con  $100.23 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , el APB/N, APN y testigo fueron inferiores con valores de 99.55, 95.80 y  $94.67 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ . El APA fue el que obtuvo menor RAF con  $93.49 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ . A los 59 dds el APP/N siguió siendo superior a los demás acolchados siguiéndole el APB/N, el APN fue el que obtuvo el menor valor.

Los resultados reflejan valores superiores en el suelo acolchado respecto al testigo, lo que nos indica que los tratamientos con acolchados presentaron una mayor productividad en relación con las plantas cultivadas de manera tradicional.

**Cuadro 13. Comparación de medias de relación de área foliar en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.**

Tratamientos	Relación área foliar $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$			
	45 dds	52 dds	59 dds	Media
<b>Ciclo 2004</b>				
Testigo	95.94	94.67 c	99.60 bc	96.74 c
APN	96.81	95.80 bc	93.37 c	95.33 d
APB/N	97.29	99.55 ab	104.99 ab	100.61 b
APP/N	98.40	100.23 a	108.62 a	102.42 a
APA	92.90	93.49 c	98.86 bc	95.08 e
DMS (0.05)	NS	4.26	6.91	0.0218
CV (%)	4.64	2.86	4.44	0.014
<b>Ciclo 2005</b>				

Testigo	138.94	137.96	-----	138.45 e
APN	141.87	135.86	-----	138.87 d
APB/N	146.11	140.18	-----	143.15 a
APP/N	147.40	133.27	-----	140.34 c
APA	147.85	136.80	-----	142.33 b
DMS (0.05)	NS	NS	-----	0.029
CV (%)	4.75	5.98	-----	0.013

NS= No significancia.

Tratamiento con la misma literal en cada columna no difieren entre sí.

En lo que respecta al ciclo de producción de 2005, no se encontraron diferencias significativas en los dos muestreos a los 45 y 52 dds. Sin, embargo en la media (Cuadro 13) podemos observar que el APB/N fue superior  $143.15 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , el testigo registró la menor RAF con  $138.45 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , estos resultados parece ser se ven reflejados en el rendimiento total.

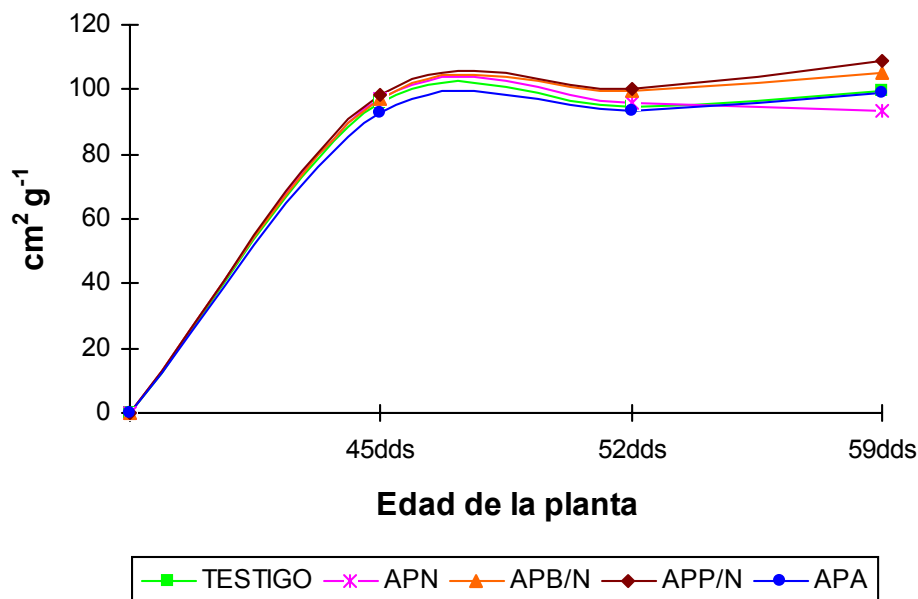


Fig. 1.1 Comportamiento de la relación área foliar en tres fechas de muestreo durante el ciclo 2004.

## Rendimiento

El rendimiento total durante el ciclo 2004 mostró diferencias altamente significativas (Cuadro 32), resultando el APB/N ser el mas rendidor con 42.90 t ha<sup>-1</sup>, seguido por APA con 41.28 t ha<sup>-1</sup>, APP/N con 37.03 t ha<sup>-1</sup>, APN con 33.44 t ha<sup>-1</sup>, y el testigo en último lugar, con 30.64 t ha<sup>-1</sup>. El APB/N aumento el rendimiento en 40.61% comparado con el testigo, El APA lo aumento en 34.72%, el APP/N 20.85%, el APN 9.13%.

Los rendimientos superiores en papa de primera calidad se obtuvieron con el APB/N con 11.81 t ha<sup>-1</sup>, APA con 9.91 t ha<sup>-1</sup>, APN con 7.31 t ha<sup>-1</sup>, APP/N con 7.10 t ha<sup>-1</sup>, y el testigo 3.64 t ha<sup>-1</sup>. El APB/N incremento el rendimiento de primera respecto al testigo en 224.45%. Los mayores rendimientos de papa de segunda calidad correspondieron a APB/N, APP/N y APA con 15.97, 12.96 y 12.03 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El mayor rendimiento de papa rezaga lo obtuvo el testigo con 11.50 t ha<sup>-1</sup>, esto significa que el efecto de los acolchados fue aumentar la calidad.

**Cuadro 14. Comparación de medias de rendimiento en papa cv. Gigant con acolchado de diversos colores, en los ciclos 2004 y 2005.**

Tratamientos	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>					
	Total	Primera	Segunda	Tercera	Rezaga	
<b>Ciclo 2004</b>						
Testigo	30.64 d	3.64 b	7.09 c	8.41	11.50 a	
APN	33.44 cd	7.31 ab	10.56 bc	9.54	6.03 b	
APB/N	42.90 a	11.81 a	15.97 a	10.24	4.89 b	
APP/N	37.03 bc	7.10 ab	12.96 ab	9.82	7.15 ab	
APA	41.28 ab	9.91 a	12.03 b	12.49	6.86 ab	
DMS (0.05)	5.80	5.18	3.70	NS	4.65	
CV (%)	10.17	42.32	20.51	36.99	41.42	
<b>Ciclo 2005</b>						
Testigo	5.88 bc	0.0 b	0.32 b	1.59 b	3.98 ab	
APN	4.78 c	0.0 b	0.49 b	1.60 b	2.68 b	
APB/N	13.58 a	0.49 a	3.76 a	5.15 a	4.18 ab	

APP/N	8.65	b	0.0	b	1.12	b	2.92	b	4.60	a
APA	13.18	a	0.38	ab	3.37	a	5.35	a	4.10	ab
DMS (0.05)	3.81		0.39		1.66		2.11		1.61	
CV (%)	26.87		145.98		59.75		41.29		26.81	

NS= No significancia.

Tratamiento con la misma literal en cada columna no difieren entre sí.

En el ciclo 2005, la tendencia en rendimiento fue similar, pero debido al problema de la punta morada que ya he estado mencionando, no obtuvimos los rendimientos esperados en comparación con el ciclo de producción del 2004, sin embargo el comportamiento fue similar pero a menor escala de producción, resultando el APB/N el mas rendidor con  $13.58 \text{ t ha}^{-1}$ , le siguen los tratamientos APA, APP/N, testigo y APN con  $13.18$ ,  $8.65$ ,  $5.88$  y  $4.78 \text{ t ha}^{-1}$  respectivamente, la producción con acolchados se incrementó en 230.95%, 224.41%, 147.10% en los tratamientos APB/N, APA y APP/N, respectivamente.

Los rendimientos de papa de primera y segunda calidad solo se lograron obtener con los APB/N y APA. El APN fue inferior al testigo en rendimiento total, debido a que los ataques mas severos de punta morada se encontraban en los tratamientos con APN y el testigo, donde se realizaron algunos muestreos de infestacion de insectos vectores de esta enfermedad.

Los resultados del presente estudio concuerdan con lo que menciona Padilla (2002), quien estudió el efecto de los acolchados plásticos en las variables agronómicas en el cultivo de papa e indica que los APB/N, APB y APP/N fueron los que obtuvieron mayor rendimiento con  $29.36$ ,  $23.24$  y  $23.12 \text{ t ha}^{-1}$ , en comparación con el testigo que obtuvo  $18.18 \text{ t ha}^{-1}$ .



## V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron efecto estadístico significativo en peso seco de la planta y área foliar, encontrándose que los acolchados APN y APA en combinación con el riego por goteo son los que registraron mayores valores.

En la variable altura de planta no se encontraron diferencias entre tratamientos en los primeros muestreos.

Las altas temperaturas en la zona radicular tienen un efecto negativo, ya que se logró observar que el APN fue el que incrementó más la temperatura en el suelo, quemando los tubérculos que se encuentran en la parte más superficial además de reducir el rendimiento. Encontramos que la temperatura media y el acolchado que más favoreció al rendimiento fue de 21°C con APB/N.

La TRC y TAN tienden a ser superiores en el testigo en los primeros muestreos, disminuyendo con el paso del tiempo. En los últimos muestreos de TRC y TAN del ciclo 2004 los acolchados superan al testigo. El análisis de crecimiento es una herramienta útil para detectar etapas importantes de desarrollo en el crecimiento de las plantas, sin embargo, es importante prestar mucha atención en preguntarse el porqué el testigo puede presentar mayores valores de índices de crecimiento que los tratamientos acolchados, si estos tienen mayor área foliar y peso seco, siendo estas dos variables las que se aplican en la fórmula de TRC y TAN.

La RAF, que es un indicador de la productividad de un cultivo por unidad de superficie, la relación que existe entre área foliar y peso seco. Los mejores resultados se obtuvieron con los APP/N y APB/N.

El rendimiento que es nuestro principal objetivo se logró incrementar hasta un 40.61%, obtenido con los tratamientos APB/N y APA con una producción de 42.90 y 41.28 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, durante el ciclo P-V 2004. Durante el ciclo P-V 2005, se presentó la enfermedad punta morada de la papa disminuyendo considerablemente el rendimiento, sin embargo, los tratamientos APB/N y APA lograron ser los mas rendidores, incrementando la producción respecto al testigo hasta un 230.95%.

Con respecto a la hipótesis establecida se concluye que los acolchados plásticos tienen un efecto microambiental en el desarrollo de las plantas, efecto que permite lograr incrementos en la productividad de las plantas de papa (*Solanum tuberosum* var. Gigant.).

El estudio sugiere la utilización de acolchado plástico blanco sobre negro, y no caer en el error de utilizar el plástico negro, ya que afecta la calidad de los tubérculos.

## VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, L.J. 1979. Plásticos fotodegradables en agricultura. Revista de Plásticos Modernos 38 (278):205.
- Agroguías. 1998. Cultivo de melón con cobertura plástica de suelo. VII Congreso nacional de ciencias hortícolas. Buenos Aires, Argentina.
- Alonso, A. F. 1996. El cultivo de la patata. Editorial Mundiprensa. Madrid, España.
- Aviña, G., M.E. 1995. Fenología, fenometría y rendimiento en calabacita con acolchado plástico, cubiertas flotantes y Ethrel. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Barkley, F.A. 1973. Dateline Classification of Organisms. North Eastern. University. Boston, U.S.A.
- Barrera, F.L. 1997. Respuesta del Cultivo de calabacita (*C. pepo* L.) cv. Gray Zucchini, al Acolchado plástico con Riego por Goteo en tres Fechas de Siembra. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Beadle C. L. 1998. Análisis del crecimiento vegetale coombs, J. O. Halls, S.P. Long y J. M. Scurlock (Editores). Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Colegio de postgraduados. Chapingo, Méx.
- Benavides, M, A. 1999. Agroplásticos. Control microambiental, control metabólico y morfogenesis. UAAAN. Departamento de Horticultura. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. Editorial AGT. México, D.F.

- Bogle, R. C. 1989. Comparison of Subsurface Trickle and Furrow Irrigation on Plastic Mulched and Bare Soil for Tomato Production. *Journal of the American Society Horticultural Science*. 114 (1): 40-43. Texas, EU.
- Cebula, S. 1995. Black and transparent plastic mulches in greenhouses production of sweet pepper. Conditions and vegetative growth of plants. *Folia Horticulturae*.
- Cortés, M.J.M. 2002. Efecto del acolchado plástico de diferentes colores en la fotosíntesis y rendimiento en el cultivo de papa. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Cruz M, J. M. 2001. Ácidos húmicos y fúlvicos en papa en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- EPA (Exportadora de Plásticos Agrícolas, S.A. de C. V.). 1991. La química y tecnología de plásticos en relación con la plasticultura y el calentamiento solar de la tierra.
- Fisher, M. y Tieszen, L. L. 1982. Productividad primaria y análisis de crecimiento. *Desierto y Ciencia*. CIQA. Pp. 26- 27.
- Flipps, G. 1993. Melons demonstrate drip under plastic efficiency. *Texas A & M University. Irrigation Journal*.
- García, A, N. R. 2004. Efecto del acolchado plástico de diferentes colores en el crecimiento vegetativo y rendimiento en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en tres ciclos. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- García, C. A. 1996. Evaluación de películas fotoselectivas para acolchado de suelos en el cultivo de pepino. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- García, C. I, y S. G. Briones .1986. Diseño y Evaluación de riego por aspersión y goteo. UAAAN. Departamento de Riego y Drenaje. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- García, G. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). UNAM. México
- García, V, M. A. 1994. Desarrollo y rendimiento del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) híbrido “Laguna” con diferentes tratamientos acolchados fotodegradables. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Garcidueñas, R. M. 1993. Fisiología vegetal aplicada. Editorial McGraw-Hill. Cuarta Edición. México, D.F.
- Gruelach, A. N y E. J. Adams. 1970. Introducción a la Botánica Moderna. Editorial Limusa. Primera Edición. México, D.F.
- Hawkes, J.G. 1990. The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources. Smithsonian Institution Press. Washington D.C.
- Ibarra, J. L y Rodríguez. 1986. Manual de plásticos 1. CIQA; Saltillo, Coahuila. México.
- Ibarra, L.; Rodríguez, A. 1991. Acolchado de Suelos con películas plásticas. Editorial Limusa. pp. 138.
- Lammont, W. J. 1991. Agua y Suelo. Horticultura y Riego por Goteo. Agricultura de las Américas. United States of America. p. 8-16.
- La papa en el Comercio de los Alimentos. Boletín de la papa 2 (17), 2000. Obtenido el 28 de Agosto del 2002 en <http://www.redepapa.org/boletinveintitres.html>

- León, C, G. 2002. Evaluación de los componentes de rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Gigant bajo dos condiciones de fertilización. Tesis Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Martín, R. P. 1970. La Planta Viviente. Editorial Continental. México, D.F.
- Munguia, L. J. 1983. El acolchado del suelo y la practica del riego en el cultivo de espinaca ( *Spinacea oleracea* L. Var. Vitroflay). Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Padilla, R. J.C. 2002. Efecto del acolchado plástico de diversos colores en las variables agronómicas y rendimiento del cultivo de papa. Via temperatura del suelo. Tesis Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Papaseit, P., J. Badiola y E. Armengol. 1997. Los plásticos y la Agricultura. Barcelona, España.
- Postel, S. Water and agriculture. In: Gleick, P. ed. Water in crisis New York, Oxford University Press.
- Productores de hortalizas, mayo 2004. (Fuentes: Anuario estadístico de la producción agrícola 2002. Secretaria de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación – Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. (SAGARPA- SIAP) Julio 2003. Base de datos estadísticos de la FAO. [http:// faostat.fao.org](http://faostat.fao.org)
- Quero, S. G. 1997. Efecto del acolchado plástico y cubiertas flotantes en el desarrollo y rendimiento de melón (*Cucumis melo* L.). Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Roberts, B. W. and W.C. Horn. 1993. Inexpensive sand filters for drip irrigation systems. HortTechnology 3(1) p. 85-89
- Robledo, P. F. y L. U. Martín. 1988. Aplicaciones de los plásticos en la agricultura. Acolchados de suelos con filmes plásticos 2ª. Editorial Mundiprensa. Madrid, España.

- Rojas, P.L. y S.G. Briones.1990. Sistemas de riego. División de Ingeniería. Departamento de Riego y Drenaje, impreso en los talleres de la UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Rousselle, P. Robert, Y. Crosnier, J. C. 1999. La patata producción, mejora, plagas y enfermedades. Ediciones Mundiprensa. Barcelona, España.
- Salisbury, F.B. y Ross, C. W.1994. Fisiología vegetal. Editorial Iberoamericana. México. D.F.
- Soltani, N, L. Anderson, and A. R. Hamson. 1995. Growth analysis of watermelon plants grown with mulches and rowcovers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 1001- 1009.
- Steward, F. C. 1969. Growth and organization in plants. Addison Wesley Publishing Company. 654p.
- Tapia, D.,J.L. 2004. Efecto de acolchados plásticos y extractos de gobernadora en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de un cultivar de melon ( *Cucumis melo* L.) Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, saltillo, Coahuila. México.
- Tecnologías llave en mano. División agrícola. Tomo I. INIFAP SAGAR Series 1997 y 1998.
- Trejo, S. L. 1999. El acolchado y las cubiertas flotantes en el desarrollo y rendimiento del pepino ( *Cucumis sativus* L.) Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- T-Tape. 2000. introducción al riego por goteo. Revista informativa. Carroll Road, San Diego, California. U.S.A.
- Valadez, L. A. 1998. Producción de hortalizas. Editorial LIMUSA. México, D.F.
- Warren, W. J. 1980. Analysis of growth, photosynthesis and light interpretation for simple plants and stands. Ann. Bot.

Weiss, D. 1995. Cubiertas de plástico para invernadero como filtro lumínico para controlar el desarrollo vegetativo. Memorias del Simposium Internacional de Tecnologías Agrícolas con Plásticos, León, Guanajuato, 5-7 Octubre.

Yucel, S. H., Pala., S., Cali., A., Erkilic y R. Albajes. 2000. Combination of *Trichoderma spp.* And soil solarization to control root diseases of cucumber in greenhouses conditions. IOBC- WPRS Working Group. "Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate". Proceedings of meeting, Antalya, Turquia. 23 (1): 78-81.

### **Paginas de internet**

- 1) [http://www.agrohispana.com/escuela/verdoc.asp?Documento=papa007&Id\\_Tema=114](http://www.agrohispana.com/escuela/verdoc.asp?Documento=papa007&Id_Tema=114)
- 2) <http://www.conpapa.org.mx/produccion.htm>
- 3) <http://www.infoagro.com/hortalizas/patata.asp>
- 4) <http://www.gro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/CPapaBibliografia.html#Bibliografia>
- 5) <http://www.redepapa.org/boletinveintitres.html>
- 6) [http://www.spudman.com/pages/2002/issue02\\_01/02\\_01\\_plastic.html](http://www.spudman.com/pages/2002/issue02_01/02_01_plastic.html)

## **VII. APENDICE**



**Cuadro 15. Cuadrados medios de los análisis de varianza para área foliar, Ciclo2004.**

F.V	GL	Área Foliar 45 dds	Area Foliar 52 dds	Area Foliar 59 dds	Area Foliar 66 dds
Trat.	4	4850019.99 **	4197442.04 **	7552391.52 **	24891837.17 **
Bloques	3	273662.97 NS	142861.18 NS	401596.33 NS	8439438.12 NS
Error Exp.	12	599438.33	511575.50	406997.93	2850280.78
CV		15.0	10.56	6.89	12.43

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 16. Cuadrados medios de los análisis de varianza para peso seco de la hoja, Ciclo 2004.**

F.V	GL	Peso Seco de Hoja 45 dds	Peso Seco de Hoja 52 dds	Peso Seco de Hoja 59 dds	Peso Seco de Hoja 66 dds
Trat	4	121.83**	111.10**	194.96**	903.66**
Bloques	3	9.80 NS	8.73 NS	10.49 NS	383.80*
Error Exp	12	14.01	13.50	10.57	71.02
CV		14.53	10.61	6.92	11.98

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro17. Cuadrados medios de los análisis de varianza para peso seco del tallo, Ciclo 2004.**

F.V	GL	Peso Seco de Tallo 45 dds	Peso Seco de Tallo 52 dds	Peso Seco de Tallo 59 dds	Peso Seco de Tallo 66 dds
Trat	4	155.63**	116.12**	315.09**	288.37*

Bloques	3	26.25 NS	8.11 NS	29.15 NS	59.81 NS
Error Exp	12	14.37	16.22	22.23	53.31
CV		13.63	11.24	9.72	12.38

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 18. Cuadrados medios de los análisis de varianza para peso seco de la planta,**

**Ciclo 2004.**

F.V	GL	Peso Seco de Planta 45 dds	Peso Seco de Planta 52 dds	Peso Seco de Planta 59 dds	Peso Seco de Planta 66 dds
Trat	4	550.37**	432.86**	980.91 **	1238.63**
Bloques	3	60.57 NS	17.63 NS	71.48 NS	722.12 NS
Error Exp	12	46.03	56.93	50.84	218.85
CV		12.66	10.71	7.47	11.44

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 19. Cuadrados medios de los análisis de varianza para altura de la planta, Ciclo 2004.**

F.V	GL	Altura de planta 45 dds	Altura de planta 52 dds	Altura de planta 59 dds	Altura de planta 66 dds
Trat	4	12.00 NS	7.53 NS	11.33 NS	144.08 *
Bloques	3	29.48 NS	39.58 NS	73.82 **	153.91 *
Error Exp	12	13.36	33.05	9.19	27.96
CV		4.55	6.66	3.20	5.24

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 20. Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento, Ciclo 2004.**

F.V	GL	Rendimiento
Trat	4	106.42 **
Bloques	3	81.73 *
Error Exp	12	14.08
CV		10.13

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 21. Cuadrados medios de los análisis de varianza para temperaturas máximas del suelo, Ciclo 2004.**

F.V	GL	tmax
Trat	4	2.07 **
Bloques	3	0.02400
Error Exp	12	0.02233
CV		0.6548

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 22. Cuadrados medios de los análisis de varianza para temperaturas mínimas del suelo, Ciclo 2004.**

F.V	GL	tmin
Trat	4	1.11 **
Bloques	3	0.0066
Error Exp	12	0.01666
CV		0.6809

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 23. Cuadrados medios de los análisis de varianza para temperaturas medias del suelo, Ciclo 2004.**

F.V	GL	tmed
Trat	4	1.27 **
Bloques	3	0.1533
Error Exp	12	0.1716
CV		1.9919

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 24. Cuadrados medios de los análisis de varianza para la tasa relativa de crecimiento, Ciclo 2004.**

F.V	GL	Tasa Relativa de Crecimiento 45 dds	Tasa Relativa de Crecimiento 52 dds	Tasa Relativa de Crecimiento 59 dds
Trat	4	0.00054 NS	0.0026 **	0.0038 **
Bloques	3	0.00042 NS	0.000026 NS	0.00070 NS
Error Exp	12	0.00034	0.00011	0.00020
CV		45.06	23.88	33.29

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 25. Cuadrados medios de los análisis de varianza para la tasa de asimilación neta, Ciclo 2004.**

F.V	GL	Tasa de Asimilación Neta 45 dds	Tasa de Asimilación Neta 52 dds	Tasa de Asimilación Neta 59 dds
Trat	4	0.00000006 NS	0.00000029 **	0.00000033 **
Bloques	3	0.00000004 NS	0.0 NS	0.00000007 NS
Error Exp	12	0.00000004	0.00000001	0.00000002
CV		47.20	23.48	36.49

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 26. Cuadrados medios de los análisis de varianza para la relación de área foliar, Ciclo 2004.**

F.V	GL	Relación Área Foliar 45 dds	Relación Área Foliar 52 dds	Relación Área Foliar 59 dds
Trat	4	17.31 NS	35.80 *	138.64 **
Bloques	3	19.57 NS	8.15 NS	6.72 NS
Error Exp	12	19.93	7.66	20.12
CV		4.64	2.86	4.44

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 27. Cuadrados medios de los análisis de varianza para área foliar, Ciclo 2005.**

F.V	GL	Área Foliar 45 dds	Área Foliar 52 dds	Área Foliar 59 dds
Trat.	4	4058158.22 *	5976971.09 *	1145994.02 NS

Bloques	3	5118182.68 *	7703925.63 *	6150251.41NS
Error Exp.	12	908435.69	1339015.32	4540721.94
CV		17.09	13.30	17.64

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 28. Cuadrados medios de los análisis de varianza para peso seco de la hoja,  
Ciclo 2005.**

F.V	GL	Peso Seco de Hoja 45 dds	Peso Seco de Hoja 52 dds	Peso Seco de Hoja 59 dds
Trat	4	37.53 *	50.61 **	16.19 **
Bloques	3	62.78 NS	82.86 *	86.34 **
Error Exp	12	9.16	16.97	63.64
CV		14.17	12.59	17.64

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro29. Cuadrados medios de los análisis de varianza para peso seco del tallo,  
Ciclo 2005.**

F.V	GL	Peso Seco de Tallo 45 dds	Peso Seco de Tallo 52 dds	Peso Seco de Tallo 59 dds
Trat	4	25.13 NS	108.79 **	74.36 NS
Bloques	3	23.57 NS	52.47 NS	84.02 NS
Error Exp	12	9.75	16.40	122.53
CV		19.69	13.78	24.27

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 30. Cuadrados medios de los análisis de varianza para peso seco de la planta, Ciclo 2005.**

F.V	GL	Peso Seco de Planta 45 dds	Peso Seco de Planta 52 dds	Peso Seco de Planta 59 dds
Trat	4	119.21 *	306.54 **	155.33 NS
Bloques	3	163.34 *	245.81 *	337.39 NS
Error Exp	12	30.44	54.03	338.93
CV		14.83	11.83	20.27

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 31. Cuadrados medios de los análisis de varianza para altura de la planta, Ciclo 2005.**

F.V	GL	Altura de planta 45 dds	Altura de planta 52 dds	Altura de planta 59 dds
Trat	4	75.67 **	110.29 **	25.22 NS
Bloques	3	17.48 NS	24.65 NS	54.05 *
Error Exp	12	10.70	11.22	15.04
CV		5.180	4.25	4.43

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 32. Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento, Ciclo 2005.**

F.V	GL	Rendimiento
Trat	4	65.88 **
Bloques	3	8.18 NS

Error Exp	12	6.12
CV		26.87

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 33. Cuadrados medios de los análisis de varianza para temperaturas máximas de suelo y aire, Ciclo 2005.**

F.V	GL	tmaxs	tmaxa
Trat	4	16.19 **	4.05 **
Bloques	3	0.4533	0.0498
Error Exp	12	0.0070	0.0948
CV		0.3431	1.0029

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 34. Cuadrados medios de los análisis de varianza para temperaturas mínimas de suelo y aire, Ciclo 2005.**

F.V	GL	tmins	tmina
Trat	4	14.47 **	13.82 **
Bloques	3	0.0040	0.0040
Error Exp	12	0.01233	0.0073
CV		0.59965	0.6438

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.



**Cuadro 35. Cuadrados medios de los análisis de varianza para temperaturas medias de suelo y aire, Ciclo 2005.**

F.V	GL	tmeds	tmeda
Trat	4	8.01 **	0.35 **
Bloques	3	0.0040	0.0098
Error Exp	12	0.01233	0.00816
CV		0.5228	0.4300

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 36. Cuadrados medios de los análisis de varianza para la tasa relativa de Crecimiento, Ciclo 2005.**

F.V	GL	Tasa Relativa de Crecimiento 45 dds	Tasa Relativa de Crecimiento 52 dds
Trat	4	0.00052 NS	0.0013 NS
Bloques	3	0.0015 NS	0.00087 NS
Error Exp	12	0.0005	0.00076
CV		30.46	51.06

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 37. Cuadrados medios de los análisis de varianza para la tasa de asimilación neta, Ciclo 2005.**

F.V	GL	Tasa de Asimilación Neta 45 dds	Tasa de Asimilación Neta 52 dds
Trat	4	0.00000003	0.00000007

		NS	NS
Bloques	3	0.00000007	0.00000005
		NS	NS
Error Exp	12	0.00000003	0.00000005
CV		31.30	55.43

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

**Cuadro 38. Cuadrados medios de los análisis de varianza para la relación de área foliar,**

**Ciclo 2005.**

F.V	GL	Relación Área Foliar 45 dds		Relación Área Foliar 52 dds	
Trat	4	59.98	NS	26.08	NS
Bloques	3	119.61	NS	36.65	NS
Error Exp	12	47.026		66.88	
CV		4.75		5.98	

NS= No significancia

\*\* Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

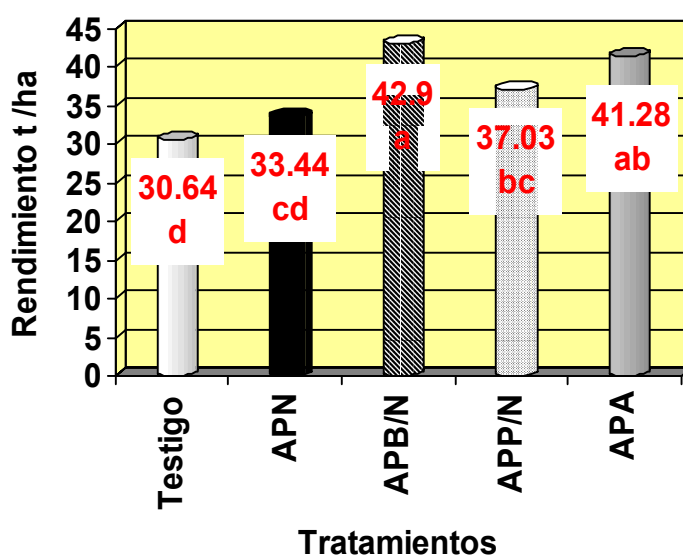


Fig. 12 Efecto de los acolchados en el rendimiento total del cultivo de papa durante el ciclo 2004.

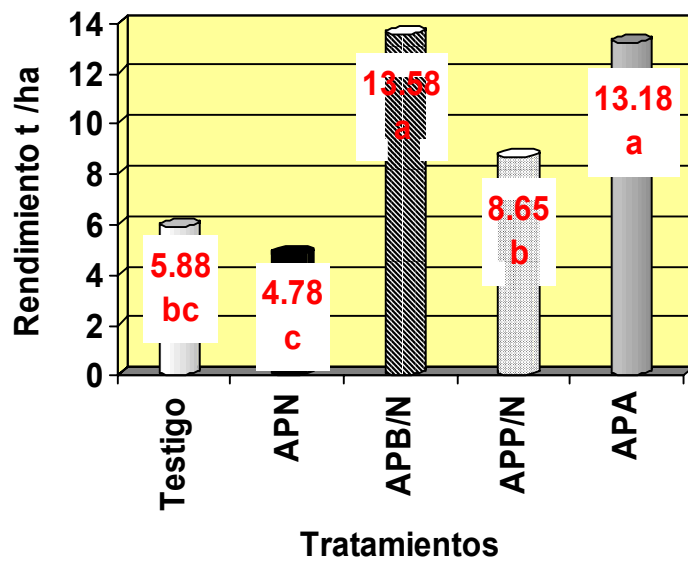


Fig. 13 Efecto de los acolchados en el rendimiento total del cultivo de papa durante el ciclo 2005.