

EFFECTO DEL ACOLCHADO EN LA TEMPERATURA
SUPERFICIAL DEL SUELO Y SU RELACION CON
EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO
DE MELON (Cucumis melo L.)

RAFAEL MARTINEZ FLORES

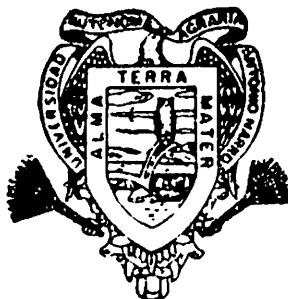
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE Universidad Autónoma Agraria
MAESTRO EN CIENCIAS "ANTONIO NARRO"
EN RIEGO Y DRENAJE



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

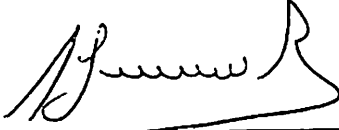
Buenavista, Saltillo, Coah.


ABRIL DE 1997


Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de


MAESTRO EN CIENCIAS EN
RIEGO Y DRENAJE

COMITE PARTICULAR

Asesor principal: 
Dr. Alejandro Zermeño González

Asesor : 
M.C. Juan P. Munguía López

Asesor : 
Dr. Raúl Rodríguez García


Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Abril de 1997

DEDICATORIAS

Con profundo respecto y agradecimiento a mis padres:

Amalia Flores Monrroy
Aurelio Martínez Rubio

Quienes motivaron mi superación, cimentando en mí sus anhelos, ilusiones y esperanzas, alentandome en los momentos difíciles para lograr de mí lo que se realiza hoy. Que DIOS los cuide siempre.

A mi esposa Ma. Elena Rodríguez Luna por su apoyo y comprensión y a mi Bebé José Oswaldo Martínez Rodríguez que son dueños de la gran parte de mi deseo de superación; y por el estímulo que en mí representan para seguir adelante en mis metas trazadas.

A mis hermanos: y sobrinos:

| | |
|------------|---------------|
| Luisa | Juan Diego |
| Cristina | Aurelio |
| Lidia | Victor Hugo |
| Leovigildo | Anai |
| Marcelino | Fredy (Lucas) |

Por el gran cariño y respecto que nos une y por el apoyo incondicional que me han brindado.

A todos mis familiares que han influido en forma directa o indirecta en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado y por las responsabilidades que tiene con sus becados.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por aceptarme en sus aulas y contribuir una vez mas en mis conocimientos agronómicos.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), por su gran apoyo otorgado para la realización del presente trabajo de investigación.

Mi más profundo agradecimiento a mis asesores el Dr. Alejandro Zermeño González, MC. Juan P. Munguía López y al Dr. Raúl Rodríguez García, de quienes desinteresadamente tuve la ayuda desde la programación, conducción y revisión del presente trabajo de investigación.

Al MC. Juan P. Munguía López por su valioso apoyo para la realización de este presente investigación en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).

A todo los maestros quienes influyeron en mi formación profesional.

Al todo el personal del Departamento de Riego y Drenaje.

A mi cuñado y amigo Margarito Cortes Vite, por su valioso apoyo y comprensión.

A todos mis compañeros y amigos que de una o otra contribuyeron en mi carrera profesional.

A DIOS por todas las satisfacciones que me ha dado a lo largo de mi vida y así tener la oportunidad de terminar una carrera profesional. Gracias SEÑOR

A todos mil GRACIAS

COMPENDIO

Efecto del acolchado en la temperatura superficial del suelo y su relación con el desarrollo y rendimiento del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.).

POR

RAFAEL MARTINEZ FLORES

MAESTRIA

RIEGO Y DRENAJE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. ABRIL 1997.

Dr. Alejandro Zermeño González - Asesor -

Palabras claves: *Cucumis melo* L., melón, abatimientos, acolchado, espesor, temperaturas del suelo, perfil del suelo.

El presente experimento se realizó con el cultivo de melón, durante el período de primavera-verano de 1996. Se evaluaron 10 tratamientos, con el objetivo de determinar la influencia de los acolchados en la temperatura del perfil superficial del suelo en dos abatimientos de la humedad aprovechable y su relación con el desarrollo y rendimiento del cultivo. Los acolchados evaluados fueron: polietileno negro de 37.5 μm (PEN de 37.5 μm), polietileno negro de 20.0 μm (PEN de 20.0 μm), polietileno transparente de 37.5 μm (PET de 37.5 μm), polietileno transparente de 20.0 μm (PET de 20.0 μm) y un

tratamiento sin acolchado; estos fueron evaluados a 40 y 60 por ciento de consumo de la humedad aprovechable. Se tomaron temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad. El efecto en el desarrollo del cultivo se analizó con mediciones agronómicas como: índice de área foliar, longitud de guías, materia seca y rendimiento de fruto.

Los tratamientos desarrollados con el 60 por ciento de abatimiento presentaron temperaturas del suelo superiores que los tratamientos desarrollados con el 40 por ciento. El PET de 37.5 μm en las profundidades de 25, 50 y 100 mm, fue el que registró mayores temperaturas que en el resto de los tratamientos; esto se observó tanto en el 60 por ciento como en el 40 por ciento de consumo de la humedad. Las temperaturas en los perfiles superficiales del suelo, presentaron gradientes de hasta 6°C entre los 25 y 50 mm de profundidad; y 3°C entre los 50 y 100 mm de profundidad.

Los acolchados plásticos ocasionaron una considerable precocidad en el cultivo de melón, de tal forma que toda las mediciones agronómicas presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Sin embargo, entre abatimientos no se observaron diferencias significativas. En los rendimientos se observaron, rendimientos ligeramente superiores en el 40 por ciento de consumo de la humedad aprovechable del suelo. Se encontró que el tratamiento con mayor rendimiento en el 40 por ciento de consumo de la humedad, fue el PEN de 20.0 μm con 75.877 ton/ha, superando en un 98 por ciento al tratamiento sin acolchado en este abatimiento. Mientras que en el 60 por ciento de consumo de la humedad, el tratamiento de mayor producción fue el PEN de 37.5 μm con 66.612 ton/ha, un 84 por ciento superior al tratamiento sin acolchado para este abatimiento.

ABSTRACT

The effect of plastic mulch on the soil temperature and its relations with the yield and development of muskmelon crop (*Cucumis melo L.*).

By

RAFAEL MARTINEZ FLORES

MASTER OF SCIENCE

IRRIGATION AND DRAINAGE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. APRIL 1997.

Dr. Alejandro Zermeño González - Advisor -

Key words: *Cucumis melo L.*, muskmelon, depletion, mulch, thickness, soil temperature, soil profile.

The present study was performed on a muskmelon crop, during the period of spring-summer of 1996. 10 treatments were evaluated with the objective of determining the influence of plastic mulches in the temperature of the soil profile in two depletions of the soil moisture and their relationships with the yield and development of the crop. The mulches evaluated were: black polyethylene of 37.5 μm (PEN of 37.5 μm), black polyethylene of 20.0 μm (PEN of 20.0 μm), transparent polyethylene of 37.5 μm (PET of

37.5 μm), transparent polyethylene of 20.0 μm (PET of 20.0 μm), and a treatment with no plastic mulch; these were evaluated at 40 and 60 percent of consumption of the soil moisture. Soil temperature at 25, 50 and 100 mm depth were taken. The effect of the plastic mulch on the crop growth was evaluated by measuring the leaf area index, guides length, dry matter and yield of fruits.

The treatments developed on the 60 percent of moisture depletion presented soil temperatures higher than those developed on the 40 percent of depletion. The PET of 37.5 μm in the 25, 50 and 100 mm depths, registered the highest soil temperatures than the rest of the treatments; this was observed in the 60 percent as well as in the 40 percent of soil moisture depletion. The temperatures at the soil profile presented gradients of 6°C between 25 and 50 mm depth; and 3°C between 50 and 100 mm depth.

The plastic mulches produced a considerable high precocity on the crop so that the growth measurements presented differences highly significant between the treatments. However, between depletions significant differences were not observed. Yields were slightly higher at the 40 percent of soil moisture depletion. It was found that the treatment with the higher yield at the 40 percent of soil moisture depletion was the PEN of 20.0 μm with 75, 877 ton/ha which was 98 percent higher than the treatment without plastic mulch at the same soil moisture depletion. While at the 60 percent of soil moisture depletion, the treatment of greater production was the PEN of 37.5 μm with 66.612 ton/ha, 84 percent higher than the treatment without plastic mulch in the same soil moisture depletion.

INDICE DE CONTENIDO

| | Página |
|--|---------------|
| INDICE DE FIGURAS | xi |
| INDICE DE CUADROS | xiii |
| INTRODUCCION | 1 |
| Hipótesis | 4 |
| REVISION DE LITERATURA | 5 |
| Descripción y requerimientos ambientales del cultivo de melón | 5 |
| Generalidades del acolchado de suelos | 7 |
| Características, físicas, químicas y mecánicas de las películas plásticas ... | 9 |
| Influencia del tiempo de exposición de los acolchados plásticos sobre sus características espectrales | 12 |
| Impacto de las películas plásticas sobre el suelo superficial y el ambiente de la planta | 16 |
| Temperaturas del suelo bajo películas plásticas | 16 |
| Humedad del suelo bajo películas plásticas | 18 |
| Influencia del acolchado sobre la fertilización | 20 |
| Efecto del acolchado plástico en el desarrollo y rendimiento de los cultivos | 21 |
| MATERIALES Y METODOS | 24 |
| Localización y características del sitio experimental | 24 |
| Establecimiento del experimento | 27 |
| Equipo y toma de datos | 30 |
| Mediciones agronómicas | 33 |

| | |
|---|---------------|
| RESULTADOS Y DISCUSION | 34 |
| Temperaturas diurnas del suelo | 34 |
| Temperaturas del suelo respecto a los contenidos de humedad | 34 |
| Temperaturas del suelo en los acolchados plásticos | 47 |
| Temperaturas en las profundidades del suelo | 48 |
| Desarrollo y rendimiento del cultivo de melón | 55 |
| CONCLUSIONES | 75 |
| RESUMEN | 77 |
| LITERATURA CITADA | 81 |

INDICE DE FIGURAS

| | Página |
|--|---------------|
| 3.1. Curvas de retención de humedad del suelo del área experimental de los estratos 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad | 26 |
| 3.2. Croquis y dimensiones del área experimental: (a). distribución de los 10 tratamientos para las mediciones de las temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en cada tratamiento, (b). distribución experimental de los tratamientos para análisis de las mediciones agronómicas del cultivo de melón | 28 |
| 3.3. Gráficas de la calibración del dispersor de neutrones para el control de los riegos, de los estratos 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad | 31 |
| 4.1. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los primeros 10 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 % de consumo de la humedad aprovechable | 39 |
| 4.2. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas, en los primeros 10 días después de siembra. Para riegos aplicados al 60 % de consumo de la humedad aprovechable | 40 |
| 4.3. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los 20 a 30 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 % de consumo de la humedad aprovechable | 41 |
| 4.4. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas a los 20 a 30 días después de siembra. Para riegos aplicados al 60 % de consumo de la humedad aprovechable | 42 |
| 4.5. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los 40 a 50 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 % de consumo de la humedad aprovechable | 43 |
| 4.6. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los 40 a 50 días después de siembra. Para riegos aplicados al 60 % de consumo de la humedad aprovechable | 44 |
| 4.7. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los 60 a 70 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 % de consumo de la humedad aprovechable | 45 |

| | |
|--|----|
| 4.8. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los 60 a 70 días después de siembra. Para riegos aplicados al 60 % de consumo de la humedad aprovechable | 46 |
| 4.9. Índice de área foliar del cultivo de melón en diferentes películas plásticas, para riegos aplicados al 40 % y 60 % de consumo de la humedad aprovechable | 58 |
| 4.10. Longitud de guías del cultivo de melón en diferentes películas plásticas, para riegos, aplicados al 40 % y 60 % de consumo de la humedad aprovechable | 61 |
| 4.11. Producción de materia seca del cultivo de melón en diferentes películas plásticas, para riegos aplicados al 40 % y 60 % de consumo de la humedad aprovechable | 64 |
| 4.12. Rendimiento comercial de melón acumulados (de 3 cosechas parciales en cada punto de intersección) en diferentes películas plásticas para riegos aplicados al 40 % y 60 % de consumo de la humedad aprovechable | 68 |
| 4.13. Rendimiento comercial de melón acumulado de 11 cortes, en diferentes películas plásticas para riegos aplicados al 40 % y 60 % de consumo de la humedad aprovechable | 69 |
| 4.14. Rendimientos totales de fruto de melón comercial; y de calidad exportación, nacional y rezaga, en diferentes películas plásticas, para riegos aplicados al 40 % y 60 % de la humedad aprovechable | 74 |

INDICE DE CUADROS

Página

| | |
|---|----|
| 2.1. Propiedades espectrales de los acolchados plásticos en respuesta a la radiación global de onda corta. La reflectancia(r), transmitancia (t) y absortancia (a) fueron calculados de mediciones en la banda de onda de 0.3 a 1.1 μm (datos según Ham et al. 1991) | 14 |
| 2.2. Modificación de las características espectrales en reflectancia, transmitancia y absortancia de onda corta para plásticos nuevos y usados (cuatro meses de uso en campo, datos segun Kluitenberg et al. 1991) | 15 |
| 3.1 Características fisico-químicas del suelo del área experimental | 25 |
| 4.1. Temperaturas medias del suelo y desviaciones estandar a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los primeros 10 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 % y 60% de consumo de la humedad aprovechable del suelo | 51 |
| 4.2. Temperaturas medias del suelo y desviaciones estándar a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas de los 20 a 30 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 % y 60% de consumo de la humedad aprovechable del suelo | 52 |
| 4.3. Temperaturas medias del suelo y desviaciones estándar a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas de los 40 a 50 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 % y 60% de consumo de la humedad aprovechable del suelo | 53 |
| 4.4. Temperaturas medias del suelo y desviaciones estándar a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas de los 60 a 70 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 % y 60% de consumo de la humedad aprovechable del suelo | 54 |
| 4.5. Índice de área foliar del cultivo de melón en cinco muestreos después de siembra | 57 |
| 4.6. Longitud de guías (m) del cultivo de melón en cuatro muestreos después de siembra (promedio de dos plantas por tratamiento) | 60 |
| 4.7. Producción de materia seca del cultivo de melón en diferentes periodos después de siembra (g/pta) | 63 |

| | |
|---|----|
| 4.8. Rendimientos parciales de fruto comercial de melón cosechados en 11 cortes, en toneladas por hectárea | 67 |
| 4.9. Rendimientos totales de fruto de melón en toneladas por hectárea | 72 |

INTRODUCCION

(El melón (*Cucumis melo* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica en México, debido a la gran demanda de mano de obra para su manejo y generación de divisas, por su alta comercialización tanto en el mercado nacional como el extranjero. Este cultivo se caracteriza por desarrollarse en climas templados ya que es una planta que requiere grandes cantidades de agua para su desarrollo. Sin embargo, en la región norte de México, su producción se ve afectado en las zonas semiáridas, por factores climáticos adversos tales como: bajas temperaturas y escasez de agua que caracteriza a este tipo de regiones.)

Por consiguiente en las distintas regiones donde se cultivan las hortalizas se ha notado que el uso de las películas plásticas como acolchado pueden contribuir eficientemente en la producción agrícola por lo que su utilización se ha incrementado a través de los años. Las películas plásticas en el campo proporcionan precocidad en las cosechas, incremento en los rendimientos, frutos de mejor calidad y mayor eficiencia en el uso del agua; estas ventajas son obtenidos por estos materiales por el control que proporcionan en plagas y enfermedades, control de malezas, incrementar las temperaturas del suelo, conservar mayor cantidad de agua evitando la pérdida por evaporación directa del suelo. Por esto el uso de estos materiales puede ser una alternativa para reducir algunos problemas de manejo en los cultivos agrícolas.

Los acolchados plásticos afectan principalmente el microclima superficial del campo por la modificación de la radiación puesta en la superficie del suelo y la supresión de la evaporación del agua del suelo (Liakatas et al., 1986; Tanner 1974). Estos factores de microclima afectan fuertemente la temperatura superficial del suelo y la humedad del suelo en la zona radicular, el cual en consecuencia influyen en el crecimiento y productividad de las plantas. Investigaciones han mostrado que la fenología, rendimiento y calidad de ciertos cultivos pueden ser aumentados solo por las temperaturas y aspectos de humedad que proporcionan los acolchados (Bhella, 1988; Maiero et al., 1987; Wien y Minotti., 1988). Otros han encontrado que la calidad de la radiación reflejada de ciertos acolchados pueden tener un efecto sobre la superficie del suelo en el crecimiento de las plantas (Decoteu et al., 1988, 1989). En simulaciones numéricas se ha encontrado que la radiación reflejada y emitida de la superficie del acolchado tiene un efecto en la temperatura de la hoja y el uso del agua en la planta (Ham et al., 1991).

El efecto de un acolchado plástico sobre la temperatura superficial del suelo y el balance de la radiación es determinado principalmente por las propiedades óptica del material. Estos acolchados pueden transmitir, absorber o reflejar una porción de la radiación incidente en cada longitud de onda. Por ejemplo, un acolchado plástico puede transmitir casi toda la radiación en una longitud de onda, mientras que otras absorben fuertemente o reflejan la radiación (Loy et al., 1989).

Por otra parte, el suelo puede considerarse como un buen depósito de almacenamiento de calor en el sistema suelo-planta-atmosfera. Algo de la energía radiante

recibida durante cada día es conducido dentro del depósito (suelo), y durante la noche algo es conducido de vuelta a la superficie del suelo donde este calor sale al aire o es irradiado a un cielo frío o dosel de las plantas. La cantidad de calor almacenado en el depósito del suelo determina la temperatura del suelo, el cual en consecuencia afecta marcadamente el crecimiento de las plantas. Así mismo la mayoría de las modificaciones del ambiente aéreo de las plantas también afectan la proporción en la cual el calor es conducido o almacenado en el suelo.

En el presente estudio un experimento de campo fue realizado utilizando diferentes películas plásticas de polietileno (PE) como acolchado para determinar los objetivos siguiente sobre el cultivo de melón:

- Determinar la influencia de las películas plásticas sobre el perfil superficial de temperaturas del suelo.
- Determinar el comportamiento del perfil de temperaturas del suelo en dos abatimientos de la humedad aprovechable del suelo y su relación con el desarrollo y rendimiento del melón.

Hipótesis

Para este experimento se plantea la hipótesis que con el uso de las películas plásticas se tiene mayores calentamientos, por consiguiente mayores incrementos de temperaturas en la superficie del suelo, resultando en una significativa precocidad en el desarrollo y rendimiento del melón.

REVISION DE LITERATURA

Descripción y requerimientos ambientales del cultivo de melón

El cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) presenta características importantes de rusticidad. Es una planta que tolera ciertos niveles de salinidad, temperaturas desde medias hasta altas y elevada luminosidad. Cada región tiene un potencial de producción, sin embargo sus limitantes varían y se deben considerar para tener niveles altos de rendimientos. Además, por su origen de climas templados, cálidos y luminosos, suele presentar en condiciones normales de cultivo una vegetación exuberante, con tallos poco consistentes y tiernos, que adquieren su mayor desarrollo en estaciones secas y calurosas.

La planta desarrolla raíces abundantes y rastreras, con un crecimiento acelerado entre los 30 y 40 cm de profundidad del suelo, donde alcanza su mayor densidad, superando raras veces 100 cm de profundidad.

El melón para un buen desarrollo requiere calor y una humedad no excesiva. Este cultivo no madura bien los frutos y pierden calidad en regiones húmedas y con poca insolación.

El desarrollo vegetativo de la planta queda detenido cuando la temperatura del aire es inferior a 13°C, helándose a 1°C. En cuanto a temperaturas óptimas, las ideales son : 28°C a 32°C para la germinación. de 20°C a 23°C para la floración y de 25°C a 30°C para el desarrollo. En el primer desarrollo de la planta, la humedad relativa debe ser del 65-75 por ciento, en la floración del 60-70 por ciento, y en la fructificación del 55-65 por ciento.

Por otra lado, las plantas de melón necesitan bastante agua en el período de crecimiento y durante la maduración de los frutos. Estas necesidades están ligadas al clima local y a la insolación. La falta de agua en el cultivo da lugar a menores rendimientos, tanto en cantidad como en calidad. También es muy importante la cantidad de horas luz, necesitando un mínimo de 15 horas luz al día, aumentando la calidad y producción si la iluminación es de más horas.

La temperatura del suelo al nivel de las raíces durante el período de crecimiento del melón deben ser superior a los 10°C, siendo preferible una temperatura mayor, puesto que la absorción de agua por parte de las raíces aumenta. Si la temperatura del suelo es demasiado baja o la del aire demasiado alta, se puede provocar un déficit de agua en las plantas, que se manifiesta por una decoloración de las hojas contiguas a los frutos, un desecamiento de los ápices de los frutos (ombigo) y, finalmente, marchitez de las plantas.

En cuanto a suelos, aun sin ser muy exigentes, el melón da mejores resultados cuando el suelo es rico, profundo, mullido, bien aireado, bien drenado, consistente y no

muy ácido (con pH ideal de 6 y 7); tolerando suelos ligeramente calcáreos. Es exigente en cuanto a la capacidad de retención de agua por parte del suelo, ya que los encharcamientos producen podredumbres en los frutos, por lo que es necesario que el suelo tenga un buen drenaje.

Generalidades del acolchado de suelos

En la agricultura se pueden usar estructuras o sistemas para modificar el medio ambiente superficial. Un sistema para modificar el medio ambiente superficial de los cultivos son los acolchados. En sus inicios, consistió en la colocación sobre el suelo de residuos orgánicos en descomposición (paja, hojas secas, cañas, hiervas, cartón, 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. Los avances en la química provocaron que estos materiales se sustituyeran por el polietileno, cuando este fue desarrollado como una película plástica alrededor de 1938 (Splittstoesser y Brown, 1991); Los primeros plásticos producidos ya en una escala comercial en 1939, incluyendo el polietileno (PE) fueron el policloruro de vinilo (PVC) y etil vinil acetato (EVA). Con el desarrollo de varios tipos de plásticos de PE revolucionó la protección de cultivos, Emmert, 1957, y Hall y Besemer, 1972, fueron entre los primeros en describir los principios de la tecnología de los plásticos para su uso en invernaderos, como acolchados y como cubiertas flotantes. El uso extensivo del PE es

debido a su fácil proceso, excelente resistencia química, alta durabilidad, flexibilidad y libre de olores y toxicidad. Posteriormente, con el uso de los plásticos en la agricultura el acolchado de suelos volvió a cobrar auge debido a sus efectos positivos, mayores que los se obtenía con la utilización de materiales orgánicos (Ibarra y Rodríguez, 1991).

En general la plasticultura es una tecnología del uso de los plásticos como acolchado en la agricultura. La técnica del acolchado de suelos consiste en colocar una película plástica sobre el terreno a cultivar, cubriendo el terreno en forma parcial o total, esto forma una capa impermeable que ayuda a conservar una mayor cantidad de agua, evitando así la pérdida de agua por evaporación directa e incrementando la temperatura del suelo formando así un microclima. En el acolchado total, la parcela del cultivo queda cubierta totalmente. Este tipo de acolchado es muy común para el empleo de riego por debajo del plástico (riego por goteo, riego con manguera perforada, etc.) mientras que el acolchado parcial como su nombre lo indica, solo fracciones del terreno son acolchados (Gutiérrez, 1985). Dentro de este tipo existen los siguientes usados comúnmente.

Acolchado en plano: en este tipo de acolchado para que exista mayores posibilidades de lograr un óptimo desarrollo de los cultivos se debe cumplir las siguientes condiciones; cuando se utilicen plásticos que permiten el paso de la radiación solar, la película deberá quedar bien adherido al suelo para evitar en lo posible el desarrollo de malezas, y efectuar el método de riego por debajo del plástico o en forma externa siempre y cuando que no perturbe la influencia del plástico.

Acolchado en surcos y camas: este método consiste en colocar el plástico sobre los lomos de los surcos o camas de los cultivos, sujetados con tierra los bordes del plástico estos quedan sujetos al terreno enterrándolos unos 10 cm aproximadamente. Si la siembra o el transplante se realiza posteriormente a la colocación del plástico solo es preciso realizar pequeñas perforaciones al plástico y a distancia conveniente para posteriormente depositar la semilla o plántulas.

Acolchado en hileras de plantas: en este se coloca plástico de poca anchura sobre las líneas donde van las plantas, con este acolchado solo se pretende adelantar el cultivo en sus primeras fases de desarrollo. En este caso es similar al acolchado en surcos y en camas pequeñas, acolchando cada una de ellas una fila o hilera de plantas (Gutiérrez, 1985).

Características físicas, químicas y mecánicas de las películas plásticas

Lamont (1993) menciona que el color de un acolchado determina su comportamiento de energía radiada y su influencia en el microclima cerca de las plantas. Los colores determinan la temperatura de la superficie del acolchado y fundamentalmente la temperatura del suelo. Los plásticos de color negro, absorben parte de la energía solar que llega a ellos y los plásticos se calientan.

Schales y Sheldrake (1963) resumen que las temperaturas del suelo bajo un acolchado plástico depende de las propiedades térmicas (reflectividad, absorptividad o transmitancia) del material en particular. Por ejemplo, el acolchado plástico negro es un cuerpo negro opaco que absorbe y radia; absorbiendo más ultravioleta, visible y longitudes de onda infrarrojos de la radiación solar entrante y re-radiando la energía absorbido en forma de radiación térmica o radiación infrarrojo de longitud de onda larga. Mucha de la energía solar absorbido por el acolchado plástico negro se pierde hacia la atmósfera a través de radiación y convección forzada.

En general, durante el día el plástico negro permite la absorción de energía en un 50 por ciento aproximadamente; un mismo valor de energía es reflejada, por lo que el calor en torno al follaje de la planta es considerable, redundando en un mejor desarrollo de la misma. Con este tipo de plástico el suelo se calienta menos que con el transparente, y aunque impide la condensación nocturna la pérdida de energía es innegable. Por la noche la opacidad relativa (cerca del 50 por ciento) del plástico a la radiación terrestre podría ocasionar que la temperatura al nivel de las plantas pueda ser menor que en un suelo no acolchado durante los períodos críticos. La opacidad del plástico negro con respecto a algunos valores de radiaciones visibles impiden la fotosíntesis, lo que ocasionan que las malas hierbas no se desarrollen. La absorción de la temperatura por el plástico negro cuando está expuesto al intenso brillo del sol presenta el inconveniente que el tejido de la planta puede ser quemado al estar en contacto con el plástico (Ibarra y Rodríguez 1991).

Sin embargo en el plástico transparente, las fluctuaciones de las temperaturas entre el día y la noche son pronunciadas; en un día el efecto del invernadero está a su nivel máximo siendo transmitido aproximadamente el 80 por ciento de la radiación al suelo. En la noche la permeabilidad del plástico a la radiación de longitud de onda infrarroja significa que la pérdida de energía térmica de la radiación terrestre sea considerable. Cuando el brillo del sol durante el día es fuerte, causa una sustancial evaporación del agua del suelo, y su condensación en la cara inferior del plástico es contenida hasta cierto punto. Por lo anterior, se puede afirmar que la temperatura en turno al follaje es muy poco modificada, debido a que el efecto de radiación solar reflejada del plástico es mínima.

Por lo tanto, por la noche en tiempo claro, la radiación de longitud de onda infrarroja emitido por el suelo modera la caída en temperaturas registradas en el nivel de la parte foliar, este representa una ventaja durante el período crítico en que se advierte una helada. El efecto desaparece cuando la condensación del agua en la cara interior del plástico es suficiente para obstruir la salida de la mayoría de la radiación terrestre. El inconveniente del plástico transparente es que favorece el crecimiento de malezas, que compiten con el cultivo por la obtención de nutrientes y humedad (Ibarra y Rodríguez, 1991). Además que los plásticos transparentes se degradan más rápido como resultado de la exposición directa de la radiación solar, particularmente a los rayos ultravioleta. Este fenómeno es llamado envejecimiento. La vida de estos plásticos pueden ser aumentados si no son usados durante los meses más calientes del año (Splittstoesser y Brown, 1991).

Garnaud (1974) señala que la transferencia es el grado de permeabilidad del plástico a la radiación. La mayoría de los materiales plásticos no son transparentes a la radiación visible, ya que estos plásticos no permiten a simple vista ver claramente a través de ellos, pueden ser descritos por lo tanto como translúcidos. Desde un punto de vista práctico, el vidrio y el plástico son similares en la calidad de luz transmitida. Una de las características físicas de los materiales transparentes es su alta transmitancia de radiación solar y térmica. El polietileno tiene más alta transparencia a los rayos ultravioletas (UV) (longitudes de onda menores de $0.38 \mu\text{m}$), seguido por el PVC y vidrio. Los materiales de vidrio y plástico son igualmente transparentes a la radiación térmica de onda corta infrarrojo ($0.78\text{-}2.50 \mu\text{m}$). Las hojas de vidrio y PVC (1 mm espesor) obstruyen la radiación de onda larga, mientras que otros materiales plásticos incluyendo el polietileno negro (PEN), muestran una transparencia al infrarrojo (2.50 a $3.00 \mu\text{m}$) alcanzando de un 30 por ciento para películas de PVC y cerca de 80 por ciento para PE.

Influencia del tiempo de exposición de los acolchados plásticos sobre sus características espectrales

Las propiedades fotométricas y temperaturas superficiales de los acolchados plásticos influyen en el ambiente superficial de las plantas. En un primer experimento de laboratorio realizado por Ham et al. (1991), para medir la media de las propiedades ópticas como transmitancia, reflectancia y absortancia de onda corta de diferentes materiales de acolchados plásticos (cuadro 2.1). Así mismo, la emisividad térmica de cada plástico fue también medido. La reflectancia de onda corta de los diferentes materiales

alcanzaron de 0.4 a 48 por ciento, y emisividad entre 0.32 y 0.92. Las temperaturas superficiales de algunos acolchados alcanzaron los 64.3°C bajo un cielo claro y excedieron la temperatura del aire por 25°C aproximadamente en períodos críticos. La temperatura superficial de los acolchados frecuentemente difirieron por 20°C cerca del medio día. Un modelo de balance de energía en una hoja fue desarrollado para simular el efecto de las características espectrales y térmicas del acolchado sobre el ambiente de la hoja. Los datos fotométricas y temperaturas superficiales de los diferentes acolchados fueron usados como entrada al modelo. Los resultados simulados indicaron que las diferencias en las propiedades del acolchado pueden causar temperaturas diferentes en la hoja por 2°C y variar el uso del agua diario por 10 por ciento. Resultados preliminares sugieren que los acolchados con alta reflectancia de onda corta y emisividades térmicas mayores pueden incrementar el estrés de la hoja más que los acolchados con altas temperaturas superficiales. Por lo tanto, la influencia de las propiedades ópticas de los acolchados sobre el medio ambiente superficial de las plantas deben ser considerados cuando se utilicen y desarrollen plásticos para la agricultura (Ham et al. 1991).

La evaluación de la influencia de un acolchado plástico sobre el suelo y el ambiente del cultivo requiere de la caracterización de las propiedades ópticas de las películas plásticas sobre una porción del espectro electromagnético. Las propiedades ópticas como la reflectancia, absortancia y transmitancia para ambos radiación de onda corta y onda larga son necesarios para hacer balances de energía en las películas plásticas (Hopen, 1965).

Cuadro 2.1. Propiedades espectrales de los acolchados plásticos en respuesta a la radiación global de onda corta. La reflectancia (r), transmitancia (t) y absorptancia (a) fueron calculados de mediciones en la banda de onda de 0.3 a 1.1 μm (datos según Ham et al. 1991).

| ACOLCHADOS | PROPIEDADES ESPECTRALES (%) | | | EMISIVIDAD APARENTE |
|-------------------------|-----------------------------|-------|-------|---------------------|
| | r | t | a | |
| 1. Plateado Reflectivo | 39.10 | 0.40 | 60.50 | 0.32 |
| 2. Fotodegradable F131 | 4.10 | 11.50 | 84.40 | 0.90 |
| 3. Embosado | 23.40 | 49.80 | 26.80 | 0.80 |
| 4. Fotodegradable NT-20 | 0.40 | 22.90 | 76.70 | 0.91 |
| 5. Película café AL-OR | 12.70 | 33.50 | 53.80 | 0.89 |
| 6. Embosado negro | 3.50 | 0.70 | 95.80 | 0.92 |
| 7. Blanco sobre negro | 47.90 | 1.30 | 50.80 | 0.92 |
| 8. Embosado claro | 10.6 | 84.50 | 4.90 | 0.90 |

Sin embargo, las propiedades ópticas de los acolchados plásticos cambian durante el uso regular como resultado de la degradación y la presencia de las películas al suelo y agua. Por lo que, un segundo experimento de campo, fue diseñado por Kluitenberg et. al. (1991), para examinar cambios en las propiedades ópticas de estos diferentes acolchados plásticos (cuadro 2.1), causados por degradación durante el uso rutinario de campo (como resultado del envejecimiento).

Los resultados son reportados para las propiedades ópticas en el rango de 0.40-1.00 μm (cuadro 2.2). La mayoría de los acolchados expuestos a los cambios adversos no cambian en reflectancia, pequeños (3-7 por ciento) o no incrementos en transmitancia, y pequeños o no incrementos en absorptancia después de cuatro meses expuestos en el

campo. La reflectancia y transmitancia (cuadro 2.2), fueron realizados en laboratorio de muestras tomadas en campo; y la absortancia fue determinado por diferencia o como un residuo ($a_s = 1 - r_s - t_s$). Es importante señalar que el valor negativo en la absortancia, puede ser debido a un error en la determinación de la reflectancia o transmitancia; ya que un plástico puede o no reflejar, transmitir o absorber, por lo tanto los valores más bajos que pueden tener es igual a cero.

Cuadro 2.2. Modificación de las características espectrales en reflectancia, transmitancia y absortancia de onda corta para plásticos nuevos y usados (cuatro meses de uso en campo, datos según Kluitenberg et al. 1991).

| ACOLCHADOS | r_s | | t_s | | a_s | |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Nuevos | Usados | Nuevos | Usados | Nuevos | Usados |
| 1. Plateado Reflectivo | 44 | 22 | 0 | 0 | 56 | 78 |
| 2. Fotodegradable F131 | 6 | 6 | 12 | 9 | 82 | 85 |
| 3. Embosado | 26 | 25 | 48 | 53 | 26 | 22 |
| 4. Fotodegradable NT-20 | 6 | 7 | 23 | 16 | 72 | 77 |
| 5. Película café AL-OR | 16 | 16 | 36 | 34 | 48 | 50 |
| 6. Embosado negro | 6 | 6 | 0 | 1 | 94 | 93 |
| 7. Blanco sobre negro | 50 | 51 | 1 | 1 | 49 | 48 |
| 8. Embosado claro | 12 | 12 | 89 | 86 | -1 | 2 |

Impacto de las películas plásticas sobre el suelo superficial y el ambiente de la planta.

Temperaturas del suelo bajo películas plásticas

ESCRITO

El efecto del acolchado sobre las temperaturas del suelo está fuertemente influenciado por el tipo del plástico (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 amplio (el acolchado total del suelo es lo ideal). Por lo que varios tipos de materiales son usados en años recientes para modificar las condiciones del microclima del suelo.

Zapata et al., (1989) indican que la influencia del acolchado sobre las temperaturas del suelo se realiza por la transmisión al mismo de las calorías del sol recibidas por el plástico durante el día. El plástico detiene el paso de las radiaciones calóricas del suelo hacia la atmósfera en un cierto grado que depende de las características del plástico.

Unger (1978) describió cambios del microclima causado por los acolchados de paja, papel, películas de polietileno transparente y películas de aluminio. Sus resultados indicaron que la película de polietileno transparente como el más efectivo de estos en incrementar las temperaturas del suelo, como éstos eliminan la evaporación y producen el

efecto de invernadero. La película de aluminio por otra parte, debido a su alta reflectividad y baja emisividad reduce las temperaturas del suelo.

Splittstoesser y Brown, (1991) señalan que generalmente la temperatura del suelo se incrementa por varios grados bajo películas transparentes durante el día. Este incremento puede variar (2 a 10°C), de acuerdo a la estación, tipo de suelo, cantidad e intensidad lumínica y la humedad del suelo. Mientras que en la noche la diferencia de temperaturas entre el suelo cubierto y el suelo desnudo es menor (2 a 4°C).

Dubois (1978) y Splittstoesser (1990) señalan que bajo plásticos de calor negro, las temperaturas del suelo pueden ser más altas de 10 a 15°C que en el suelo desnudo, mientras que en algunos casos este puede ser ligeramente menor que en el suelo desnudo. Por otra parte bajo películas blancas las temperaturas del suelo son más bajas que en suelos no cubiertos. Este tipo de películas son usados comúnmente en regiones con alto nivel de radiación solar, ya que esta reduce la transmisión de la radiación solar al suelo. Estos resultados dan un incremento de cantidad de luz reflejada de las hojas más bajas a las hojas de las partes medias de las plantas.

Lamont (1993) de acuerdo a un experimento realizado señala que las temperaturas del suelo bajo acolchado plástico negro durante el día son generalmente de 2.8°C más altos a una profundidad de 5 cm y 1.7°C más altos a una profundidad de 10 cm comparado al suelo desnudo; y las temperaturas del suelo durante el día bajo

acolchado plástico claro son generalmente de 4.4 a 7.8°C más altas a una profundidad de 5 cm y de 3.3 a 5°C más altos a una profundidad de 10 cm comparado al suelo desnudo.

Humedad del suelo bajo películas plásticas

Al igual que con la temperatura del suelo, los efectos del acolchado sobre la humedad del suelo se logra solamente si el acolchado es lo suficientemente amplio respecto a la planta. Este efecto positivo no se determina sólo por la mayor cantidad de agua disponible bajo el acolchado, si no además por su buena distribución sobre el perfil horizontal y vertical del suelo. Por lo tanto, al efectuar adecuadamente el suministro de agua de riego se explota al máximo las características del acolchado respecto a la humedad del suelo, manteniendo un régimen hídrico constante óptimo en el campo.

Schales y Sheldrake (1966) señalan que el alto grado de impermeabilidad de las cubiertas plásticas al vapor de agua, impiden la evaporación del agua del suelo. Por lo tanto, toda las reservas de agua son disponibles para el uso de la planta y consecuentemente el suministro de nutrientes es también constante.

Hanlon y Hochmuth (1989) reportan que los acolchados plásticos reducen la pérdida de agua por el alto grado de impermeabilidad al vapor de agua del suelo. El uso del riego por goteo en conjunto con el acolchado plástico reducen la pérdida de humedad de los suelos y decrecen los requerimientos de los riegos. Esta relación tiene ahorros de agua de un 45 por ciento comparado con los sistemas de aspersión.

Garnaud (1974) reporta que el movimiento de agua en el suelo varía con el gradiente de temperatura el cual se desarrolla bajo diferentes tipos de plásticos. El plástico transparente el cual tiene un efecto relativamente grande de calentamiento sobre la superficie del suelo, causa la evaporación de una gran cantidad de agua la cual se condensa sobre la superficie del suelo. La capa de la superficie del suelo seco de baja profundidad es la más importante, en la cual la capilaridad ascendente de agua es acelerada. Mientras que un plástico negro reduce la variación en temperaturas y tiene mucho menos efecto en el movimiento de agua en el suelo que el plástico transparente.

La influencia del acolchado sobre la estructura del suelo es benéfico para el desarrollo de las raíces de las plantas hortícolas, ya que se hacen más numerosas y adquieren más longitud en sentido horizontal, como consecuencia de que la planta encuentra humedad suficiente a poca profundidad y su sistema radicular se desarrolla lateralmente sin tener que buscar el agua a mayores profundidades (Zapata et al., 1989).

Martínez (1985) en un estudio de campo realizado en el cultivo de melón bajo condiciones de la Comarca Lagunera sin y con acolchado plástico negro, reportó que los tratamientos con acolchado estuvieron siempre bajo condiciones de una mayor humedad en el suelo que en promedio fue de 10.8 por ciento superior al testigo sin plástico en una profundidad de 0-30 cm.

Influencia 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 en sentido positivo o negativo sobre la nitrificación.

La influencia del acolchado sobre la fertilidad del suelo, que al elevarse la temperatura bajo el plástico y mantener la humedad del suelo, se favorece la nitrificación y al estar el suelo protegido por estos plásticos impermeables el suelo de cultivo no se lava con las precipitaciones excesivas y los elementos fertilizantes no son arrastrados a las capas profundas (Zapata et al 1989). Por lo tanto, los suelos cubiertos con plástico retienen mayor nivel de minerales solubles. El nivel constante de humedad, temperaturas más altas y mejor aireación del suelo todo a favor de la mayor población microbiana en el suelo, así asegurando más una nitrificación completa.

Hopen (1965) reporta que el CO_2 liberado por las raíces o descomposición de la materia orgánica en el suelo, es acumulado debajo del acolchado plástico. Si el plástico es perforado queda concentrado cerca a cada planta. Estos crean un “efecto de chimenea”, resultando en niveles más altos de CO_2 para el brotamiento activo de las hojas cerca de las plantaciones. Este pequeño aumento en CO_2 alrededor del follaje puede proveer el crecimiento más acelerado de los cultivos.

Por lo tanto, los acolchados plásticos ayudan en la retención de nutrientes dentro de la zona de raíces, permitiendo el uso mas eficiente de los fertilizantes para los cultivos agrícolas (Hanlon y Hochmuth, 1989).

Efecto del acolchado plástico en el desarrollo y rendimiento de los cultivos

Los plásticos usados como acolchado en los cultivos hortícolas proveen muchas ventajas favorables para el usuario como los mencionados anteriormente; modifican la temperatura y humedad del suelo, madurez temprana de los cultivos, mejor calidad de frutos, control de malezas, impedir la inmigración de enfermedades transportados por los insectos; y posiblemente alterar la fotobiología de las plantas e incremento de rendimientos. También el uso conjunto de otros componentes tales como: sistemas de riego y en esta la aplicación de fertilizantes logrando una máxima eficiencia conjunta de los recursos.

El uso de los plásticos modifica el patrón ambiental de los cultivos mostrando así el por que, el uso de estos en la agricultura en regiones de escasa precipitación ya que permiten hacer un mayor uso y manejo del agua, y en regiones de bajas temperaturas permiten mantener el cultivo con temperaturas favorables debido a la capacidad de retener el calor y manejar así un microclima entre suelo-planta-atmosfera (Robledo y Martín, 1971). Por lo que el uso de los plásticos como acolchado en áreas donde la producción de hortalizas es limitada por las temperaturas bajas, en los inicios y por toda

la estación del cultivo estos tienen como resultado un aumento en los rendimientos. Este incremento puede ser atribuido por un incremento en la temperatura del suelo y no a un incremento de humedad del suelo (Dinkel, 1966).

En un estudio realizado por Battikhi y Ghawi (1987), sobre los efectos de los plásticos de acolchado con riego por goteo en el cultivo de melón, se encontró que no hay diferencias significativas entre el acolchado transparente, negro y sin acolchado con respecto a la cantidad de riegos, déficit de humedad del suelo, suministro total de agua, pérdida por percolación y evaporación. Así mismo, en peso de raíces, densidad y distribución (horizontal y vertical). Sin embargo, en los rendimientos de fruto, el acolchado transparente produjo 14.2 toneladas por hectárea y resultó con diferencia significativa con respecto al acolchado negro con 28.7 toneladas por hectárea, y más bajo en suelo sin acolchado con rendimiento de 6 toneladas por hectárea presentando diferencia significativa con acolchado plástico transparente y acolchado negro.

Varios reportes publicados han documentado sobre el mayor desarrollo y aumento de rendimientos en el acolchado claro comparado al acolchado de PE negro para cultivos tales como maíz (Dinkel, 1966; Harris 1965; Hopen, 1965), melón (Schales y Sheldrake, 1966), y berenjena. Así que en los acolchados de transmisión cercano al infrarrojo (NIR) que transmiten solo de 30 a 50 por ciento de la radiación solar total comparado al 87 a 93 por ciento para acolchado claro, en otoño estos acolchados y el acolchado negro en términos de desarrollo aumentan la estación de calentamiento de los cultivos. Muchas especies de cultivos responden al acolchado claro bajo condiciones

apropiados de cultivo, también responden mejor a los acolchados de transmisión NIR; en general, las mejores respuestas de desarrollo son obtenidos con calendarios de plantación temprana cuando las temperaturas del suelo son marginales para el desarrollo de los cultivos en cuestión.

Datos de un reporte de 1990 por Loy y Wells, proporcionan información en la predicción de respuesta de cultivos con acolchados de transmisión-NIR. Comparando temperaturas del suelo y transmisión de radiación solar a través de acolchado negro, claro y tres experimentos de diferentes acolchados de transmisión de NIR en niveles de transmisión solar. Entre los cinco acolchados las temperaturas del suelo fueron progresivamente más altas conforme incrementó los niveles de transmitancia solar total. La relación de la temperatura del suelo a la transmitancia solar entre los tres acolchados el IRT fue lineal. Sin embargo, la relación entre el acolchado negro (cero transmitancia), las tres películas IRT, y la película Claro (86 por ciento transmitancia) no fue lineal por que la película negra absorbe energía solar la cual es entonces transferido al suelo a través de radiación y conducción; mientras que las películas claras transmiten más radiación solar y los acolchados de transmisión NIR conducen y transmiten radiación solar al suelo.

En general, los efectos de los acolchados sobre el desarrollo de las plantas es aprovechada principalmente durante los primeros cuatro a seis semanas de desarrollo de las plantas. Las tasas de producción de hojas en plantas de melón, proporciona una buena contribución de los efectos de promoción de desarrollo de los diferentes perfiles de temperaturas del suelo proporcionado con acolchado negro, claro y transmisión de NIR.

MATERIALES Y METODOS

Localización y características del sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo agrícola del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al Noreste de Saltillo, Coahuila, con coordenadas geográficas de 25° 27' de Latitud Norte y 101° 02' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich con una altitud de 1610 m.

El clima de Saltillo de acuerdo con la clasificación climática de Köppen, y modificado por García (1973) para la República Mexicana, se define como seco estepárico. En general la temperatura y la precipitación pluvial media anual es de 18°C y 368 mm respectivamente. Los meses más lluviosos son de Julio a Septiembre, concentrándose la mayor parte en el mes de Julio. La evaporación promedio mensual es de 178 mm registrándose la más alta en los meses de Mayo y Julio con 236 y 234 mm respectivamente.

Para conocer las propiedades físico-químicas del suelo, antes de establecer el experimento se tomaron en la parcela muestras de suelo de cuatro estratos de 0-20, 20-40, 40-60 y 60-80 cm de profundidad para su análisis, que se realizó en el laboratorio de calidad de aguas y rehabilitación de suelos del Departamento de Riego y Drenaje de la

Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, presentando las siguientes características concentrados en el cuadro 3.1 y figura 3.1 con las curvas de retención de humedad de los estratos 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad que son los estratos manejados para el llevar el control de los abatimientos de la humedad del suelo.

Cuadro 3.1. Características físico-químicas del suelo del área experimental.

| CARACTERISTICAS DEL SUELO | E S T R A T O S (cm) | | | |
|---|----------------------|-----------|----------|---------|
| | 0-20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 |
| pH (Saturación) | 6.96 | 7.08 | 7.28 | 7.39 |
| Materia Orgánica (%) | 1.73 | 1.45 | 0.41 | 0.34 |
| Nitrógeno Total (%) | 0.08 | 0.07 | 0.02 | 0.01 |
| Fósforo Aprov. (kg/Ha) | 45 | 30.1 | 9.9 | 7.6 |
| Carbonatos totales (%) | 29.1 | 30.8 | 36.8 | 34.7 |
| % Arcilla | 42.4 | 46.4 | 24.4 | 18.4 |
| % Limo | 37.6 | 39.6 | 25.6 | 31.6 |
| % Arena | 20.0 | 14.0 | 50.0 | 50.0 |
| Textura | Arcilloso | Arcilloso | M. A. A. | Migajón |
| C. E. (dS/m) | 6.27 | 6.15 | 3.58 | 3.20 |
| Na ⁺ (meq/lto) | 35.67 | 34.0 | 8.4 | 8.0 |
| Ca ⁺ (meq/lto) | 28.8 | 27.2 | 16.0 | 12.8 |
| Mg ⁺⁺ (meq/lto) | 28.8 | 39.6 | 25.2 | 24.8 |
| Cl ⁻ (meq/lto) | 16.8 | 15.4 | 11.2 | 9.8 |
| SO ₄ ⁼ (meq/lto) | 55.05 | 44.4 | 26.9 | 31.2 |
| CO ₃ ⁼ (meq/lto) | 1.5 | 1.5 | 0.5 | 0.5 |
| HCO ₃ ⁻ (meq/lto) | 3.0 | 3.0 | 2.0 | 2.0 |
| DA. Kg/m ³ | 1280 | 1560 | 1550 | 1540 |

M A. A: Migajón Arcillo-Arenoso

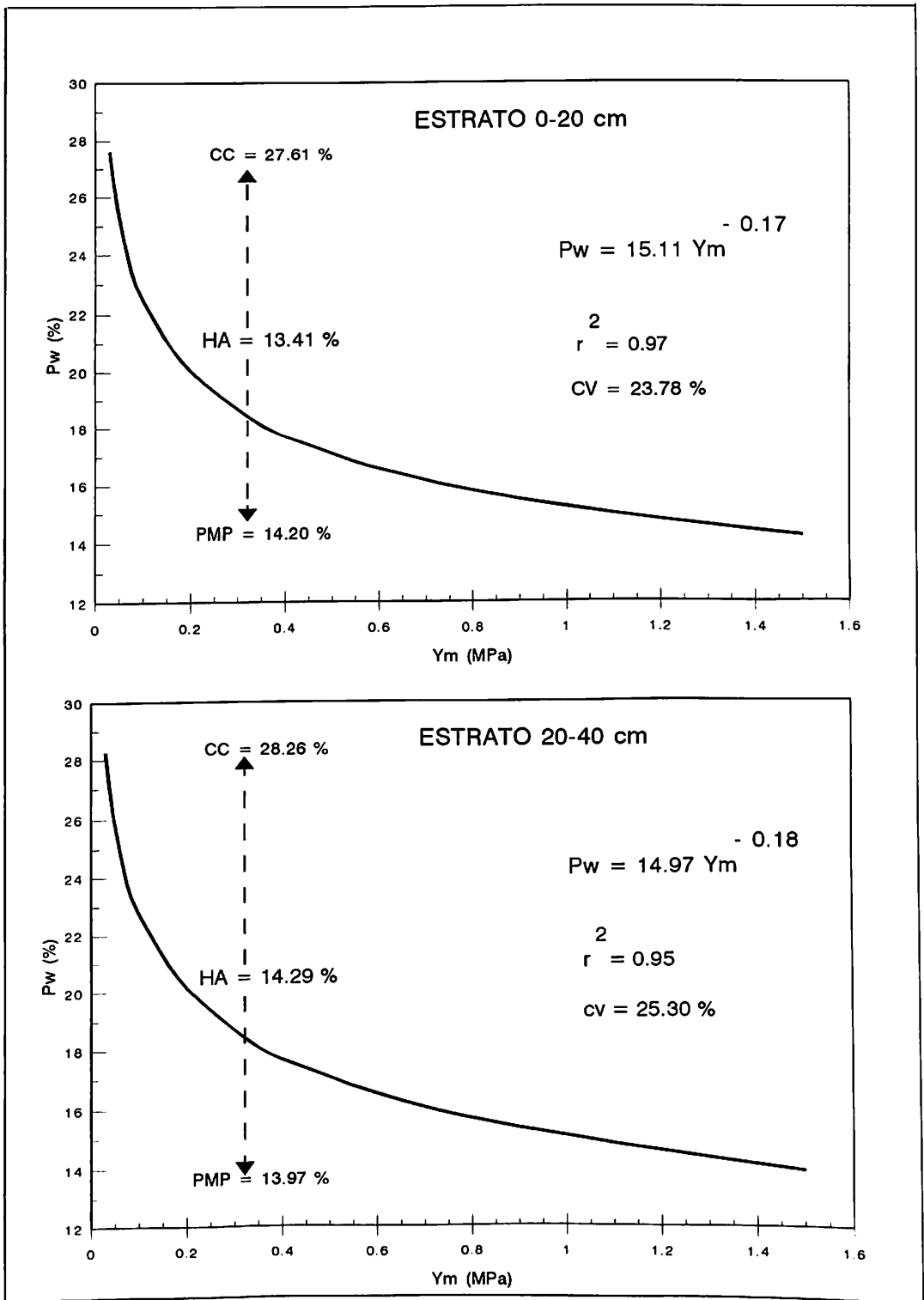


Figura 3.1. Curvas de retención de humedad del suelo del área experimental de los estratos 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad.

Establecimiento del experimento

Se estableció un lote experimental con riego por goteo con una superficie de 2250 m², en el cual se realizaron las siguientes preparaciones del terreno: barbecho, rastra, nivelación y dimensionamiento del terreno para el trazo de las unidades experimentales. Por lo que en esta se trazaron camas meloneras de 1.8 m de ancho por 8.0 m de largo.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar en parcelas divididas con cuatro repeticiones y 10 tratamientos dando un total de 40 unidades experimentales. Se manejaron dos abatimientos de la humedad aprovechable del suelo a 40 por ciento y 60 por ciento a una profundidad de 40 cm (comprendidos en dos estratos de 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad como muestran las curvas de retención de humedad en la figura 3.1), siendo estas las parcelas grandes (Factor A); y los tratamientos evaluados fueron; a) polietileno negro de 37.5 micras de espesor (PEN de 37.5 μm), b) polietileno negro de 20.0 micras de espesor (PEN de 20.0 μm), c) Polietileno transparente de 37.5 micras de espesor (PET de 37.5 μm), d) polietileno transparente de 20.0 micras de espesor (PET de 20.0 μm) y e) sin acolchado, estos fueron las parcelas chicas en cada abatimiento (Niveles del factor B). Cada tratamiento en estudio consistió de tres camas meloneras. La distribución de los tratamientos, dimensiones de los dos abatimientos experimentales son presentados en los croquis de la figura 3.2 (Croquis inferior de la figura).

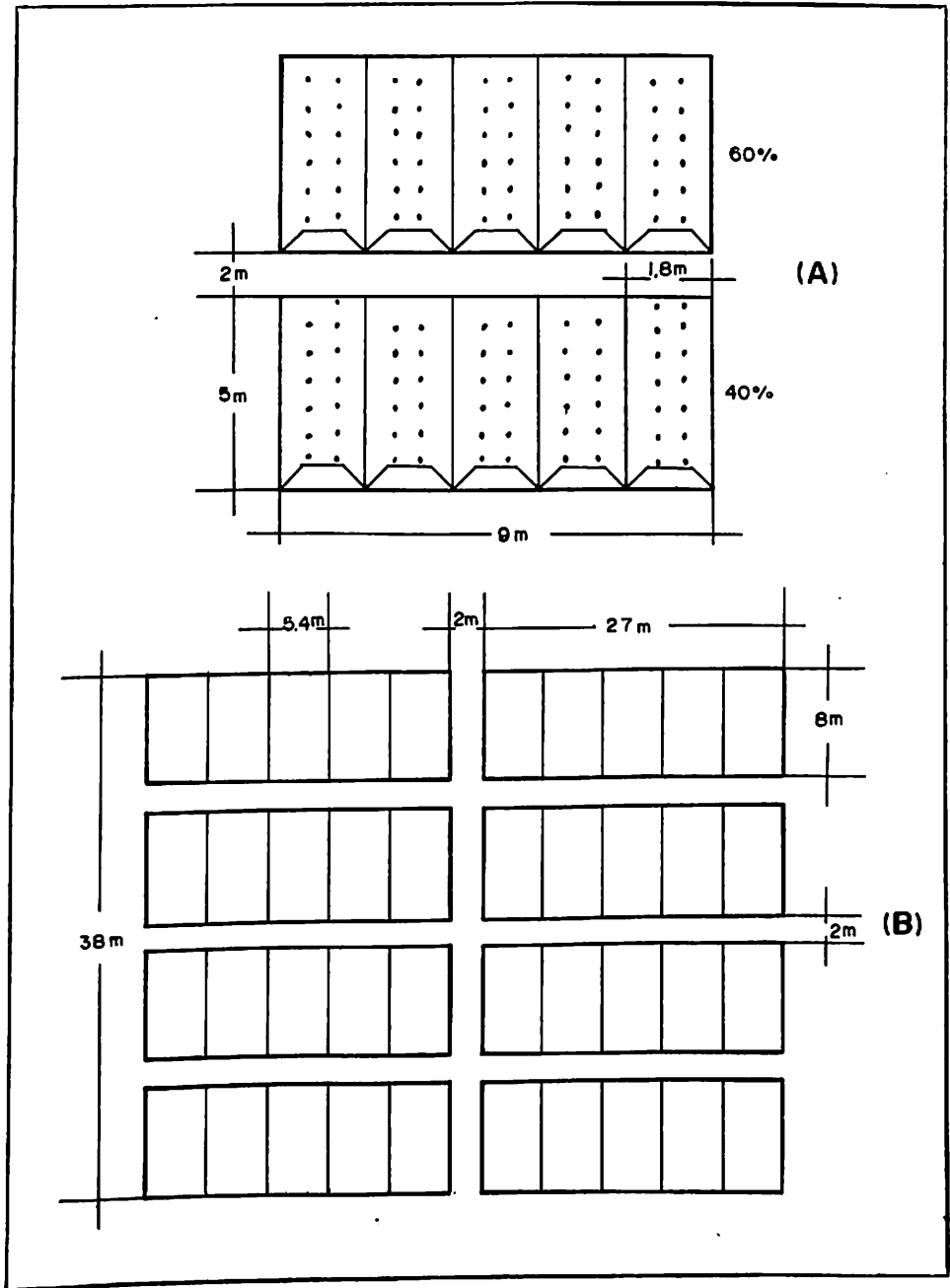


Figura 3.2. Croquis y dimensiones del área experimental: (a). distribución de los 10 tratamientos para las mediciones de las temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad; y (b). distribución experimental de los tratamientos para el análisis de las mediciones agronómicas del cultivo de melón.

Para la fertilización se utilizó la fórmula de 120-60-60 kg/ha. de Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente, utilizando como fuente de fertilizante Urea y Triple 17. Aplicando en forma manual todo el fertilizante antes de la siembra, depositando a 5 cm de profundidad aproximadamente en la parte media a lo largo de la cama.

Para el sistema de riego se utilizaron cintas de riego de la marca T-Tape (modelo 508-20-250-2300 m) de polietileno de 16 milésimas de espesor, con goteros cada 20 cm de espaciamiento con un gasto de 250 LPH por cada 100 metros de cinta, a una presión de operación de 0.55 bar a 0.85 bar (8 a 12 PSI), utilizando una presión de operación media de 0.70 bar (10 PSI).

En la parcela las cintas de riego se colocaron por debajo del acolchado plástico de 8 m de largo en el centro de las camas, una vez instaladas se conectaron a las líneas de distribución y estas a su vez a un hidrante conectado al cabezal del sistema (se realizaron dos instalaciones de líneas distribuidoras para cada abatimiento).

El acolchado se realizó en forma manual antes de siembra, utilizando películas de polietileno de color negro y transparente con dos espesores para ambas películas de polietileno de 20 y 37.7 micras de espesor respectivamente. Este se realizó cubriendo en forma total las camas colocando una tira de plástico de 1.50 m de ancho por 8 m de largo, para cubrir dos hileras de plantas sobre la cama (0.8 m x 8.0 m), esto sujetado con tierra los bordes del plástico al terreno enterrados 10 cm de profundidad

aproximadamente. Posteriormente se procedió a perforar el plástico con un tubo caliente de 2 pulgadas de diámetro según el marco de plantación en cada cama.

Antes de la siembra se aplicó un riego pesado igual en todo los tratamientos en cada abatimiento solo para obtener un mayor porcentaje de emergencia y posteriormente el intervalo de riegos fue cada tres días aplicando la lámina abatida según al abatimiento manejado correspondiente. La siembra del cultivo de melón (Cucumis melo L.), se realizó en forma directa y manual el 15 de mayo de 1996 depositando de dos a tres semillas por golpe a 5 cm de profundidad, para después aclarar a una sola planta. La variedad utilizada fue el híbrido Cruiser F1 (Cantaloupe). La siembra se efectuó sobre las camas a doble hilera con un marco de plantación de 60 cm entre hileras y 35 cm entre plantas, resultando una población de 32,000 plantas por hectárea.

Equipo y toma de datos

En el centro a lo largo y ancho de la cama central de cada tratamiento fue colocado un tubo de aluminio de 2 pulgadas de diámetro de 1.5 m de largo para el acceso de la sonda radioactivo del dispersor de Neutrones (503 DR. Hydroprobe[®]. Moistore Dept Gauge, CPN); previamente calibrado en un cajete de 2 m x 2 m de relación de conteo contra porcentaje de contenido de humedad, como se muestra en la figura 3.3. Esto para llevar el control de los riegos para cada abatimiento con la ecuación correspondiente para cada estrato de suelo; obteniendo el contenido de humedad en por ciento en función de la relación de conteo.

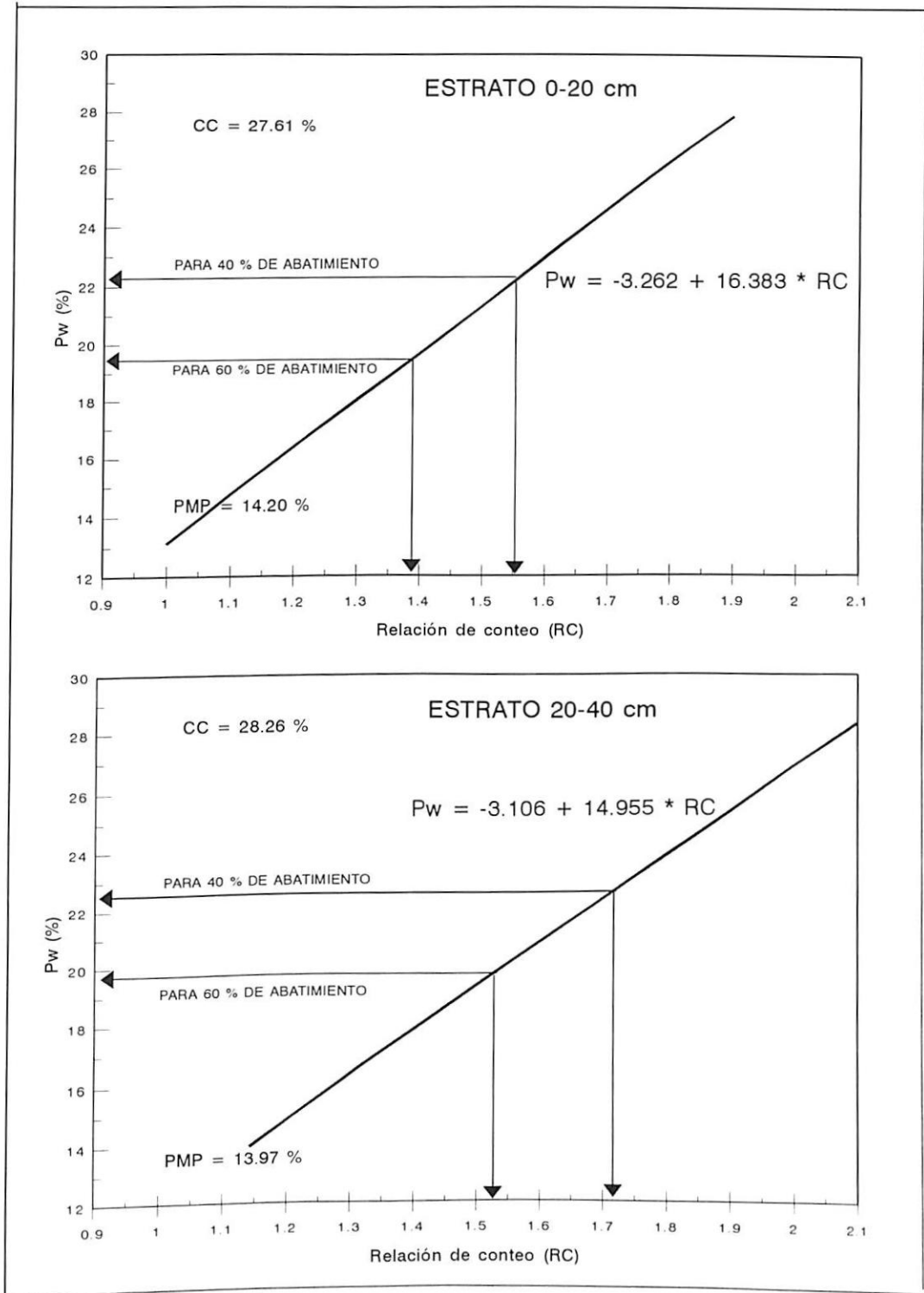


Figura 3.3. Gráficas de la calibración del dispersor de neutrones para el control de los riegos, de los estratos 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad.

La lámina aplicada en cada intervalo de riego fue según la lámina consumida en cada abatimiento manejado, llevando a 22.25 por ciento de contenido de humedad en el estrato 0-20 cm y 22.54 por ciento de contenido de humedad en el 20-40 cm para el abatimiento a 40 por ciento de la humedad aprovechable del suelo; a 19.56 por ciento y 19.69 por ciento de contenido de humedad en el estrato 0-20 cm y 20-40 cm respectivamente para el abatimiento a 60 por ciento de la humedad aprovechable del suelo (figura 3.3). Esto fue aplicado en todo los tratamientos con y sin película plástica en ambos abatimientos.

Para medir las temperaturas del suelo en la parte este del área experimental, se establecieron 10 camas meloneras de 1.8 m x 5 m, distribuidos los 10 tratamientos (una cama por tratamiento) como se aprecia en la figura 3.2 (croquis superior). Las condiciones de manejo fue igual que el área experimental grande. Las temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm debajo de la superficie de cada tratamiento fueron medidos usando 30 thermocouples de Copper-Constantan (Solid State Thermocouple, Campbell Scientific Inc.). Todo los thermocouples con extensiones fueron llevados a un 21X MICROLOGGER (Campbell Scientific Inc.) con ocho canales ampliado a un MULTIPLEXER (AM25T, Campbell Scientific. Inc.) de 25 canales, estas programadas para tomar lecturas a cada 10 segundos para registrar la media de cada 30 minutos. Estas variables de temperatura del suelo fueron tomadas consecutivamente durante todo el ciclo del cultivo.

Mediciones agronómicas

También fueron realizados mediciones de crecimiento de la planta tales como: longitud de guías, materia seca, índice de área foliar y rendimiento del cultivo de melón. La longitud de guías, materia seca, e índice de área foliar fueron tomadas de la media de dos plantas de muestreo seleccionadas por tratamiento, en intervalo de cada 10 días.

La medición de la longitud de guías fue iniciado a los 51 días después de siembra incluyendo toda las guías del cultivo; para la materia seca total fue iniciado a los 27 días después de siembra secados en estufas térmicas a 60°C por un período de 48 horas; y el índice de área foliar (IAF) tomando todas las hojas frescas de las muestras de materia seca antes de secado, esta fue medida en un medidor de área (Porta-Trace. Gagne, inc.).

Para la cosecha de frutos de melón se tomó la cama central de cada tratamiento eliminando 0.50 m en los extremos de las camas centrales, para evitar el efecto de orillera en los rendimientos. Esta actividad se realizó en forma manual con una frecuencia de cada tres días, igual para todo los tratamientos en ambos abatimientos, cuando el fruto presentó un 80 por ciento de madurez fisiológica. Estas cosechas se iniciaron a los 79 días después de siembra dando un total de 11 cortes durante todo el período de cosecha. Los frutos se clasificaron en tres categorías: de exportación, nacional y rezaga; tomando como calidad de exportación 27 unidades de frutos de melón con un peso de 40 kilogramos, como calidad nacional 36 unidades de frutos de melón con un peso de 40 kilogramos y como rezaga son aquellos frutos que no tienen valor comercial.

RESULTADOS Y DISCUSION

Temperaturas diurnas del suelo

Los registros continuos de temperaturas del suelo a intervalos de 30 minutos y a 25, 50 y 100 mm de profundidad en cada tratamiento, medidos en los abatimientos a 40 y 60 por ciento de la humedad aprovechable del suelo, son mostrados gráficamente en las figuras 4.1 a la 4.8. Para su análisis solo se presentan intervalos espaciados a cada 10 días llegando hasta los 70 días después de siembra. Por lo tanto, para un mejor entendimiento de los resultados obtenidos, estos son discutidos primeramente haciendo la comparación de temperaturas entre los mismos tratamientos en los abatimientos, entre tratamientos en cada abatimiento, diferencias entre las profundidades en cada tratamiento y por último la influencia de las temperaturas del suelo obtenidos en cada tratamiento en el desarrollo y rendimiento del cultivo de melón.

Temperaturas del suelo respecto a los contenidos de humedad

Las figuras 4.1 y 4.2 muestran el comportamiento de las temperaturas del suelo (en los primeros 10 días después de siembra), medidos a 25, 50 y 100 mm de profundidad para el 40 y 60 por ciento de abatimiento respectivamente. Particularmente en la figura

4.1, se nota que a 25 mm de profundidad (línea sólida delgada), se registraron mayores temperaturas respecto a los 50 mm y 100 mm de profundidad (línea sólida gruesa y línea discontinua respectivamente); mientras que durante la noche la mayor profundidad (100 mm), es la profundidad que presenta mayores temperaturas respecto a las profundidades superficiales (50 mm y 25 mm de profundidad). Esto se observa tanto en los acolchados como en el tratamiento sin acolchado. Note también que el PET de 37.5 μm es la que presenta mayores temperaturas que el resto de los tratamientos, y que el tratamiento sin acolchado presentó las más bajas. Todo lo anterior, se observa muy similar en el 60 por ciento de abatimiento (figura 4.2); pero debido a la menor humedad disponible en el suelo en estas gráficas se nota claro, que las temperaturas más altas en todo los tratamientos fueron obtenidas en el 60 por ciento de abatimiento de la humedad aprovechable, excepto el tratamiento de PET de 20.0 μm de espesor. El tratamiento de PET de 20.0 μm presentó temperaturas mas altas en el 40 por ciento de abatimiento, esto probablemente se debe a un mal manejo en la operación del sistema de riego (puede ser que en este tratamiento hubo taponamientos en las líneas de riego, ya que en vez de tener un contenido de humedad de 22.40 por ciento para este abatimiento al 40 por ciento, este presentó un contenido de humedad del suelo de 20.43 por ciento), respecto a las demás tratamientos en este abatimiento.

En las películas de PET de 37.5 μm de espesor dependiendo de las condiciones climáticas, en el abatimiento al 40 por ciento alcanzó de 45 a 47 °C en algunos días, mientras que en el 60 por ciento de abatimiento superó los 50°C en algunos días. En las películas de PET de 20.0 μm debido a lo mencionado anteriormente (mal operación del

agua de riego), presentó temperaturas cerca de los 45 °C en mas días en el 40 por ciento de abatimiento que, en el 60 por ciento de abatimiento; pero las diferencias obtenidas en las medias en este período fueron insignificantes entre los abatimientos de este tratamiento (cuadro 4.1).

Para las películas de PEN de 37.5 μm las diferencias entre abatimientos son marcadamente visibles superando ligeramente los 30°C en las horas picos en el abatimiento al 40 por ciento, mientras que en el 60 por ciento de abatimiento alcanzó los 35°C. Para el PEN de 20.0 μm en las figuras 4.1 y 4.2, se nota que el acolchado plástico en el 40 por ciento de abatimiento es el que presenta temperaturas más altas; sin embargo en el cuadro 4.1 de temperaturas medias obtenidas en este mismo período, se aprecia claramente como el plástico al 60 por ciento de abatimiento es consistente con temperaturas altas. El PEN de 20.0 μm en el 40 por ciento de abatimiento gráficamente se nota que es el que presenta temperaturas más altas que el plástico al 60 por ciento de abatimiento; esto puede ser debido a que así como presenta temperaturas altas presenta también temperaturas más bajas, como lo muestran sus desviaciones estándar (mayores), respecto al acolchado al 60 por ciento de abatimiento con mayores temperaturas y desviaciones estándar más bajas (cuadro 4.1)

Se observa que el comportamiento del testigo (sin acolchado), es similar al de los acolchados, que aunque no tuvo ninguna cobertura plástica presentó temperaturas del suelo ligeramente superiores el tratamiento desarrollado en el 60 por ciento de

abatimiento; esto es debido solo al mayor calentamiento que presentaron los suelos respecto al decremento del contenido de humedad del suelo.

Las figuras 4.3 y 4.4 muestran las temperaturas del suelo de los 20 a los 30 días después de siembra.. Note que presentan tendencias muy similares que los mencionados anteriormente, consistiendo con mayores incrementos de temperaturas del suelo en todo los tratamientos en el 60 por ciento de abatimiento respecto a los tratamiento al 40 por ciento de abatimiento. El PEN de 20.0 μm de espesor muestra un comportamiento inverso con temperaturas más altas en el 40 por ciento de abatimiento, esto puede ser de igual forma debido a un mal manejo del agua de riego (taponamiento en las líneas de riego en este abatimiento, ya que en vez de tener un contenido de humedad de 22.40 por ciento, presentó solo un 21.43 por ciento), invirtiendo los abatimientos en este lapso de tiempo (cuadro 4.2).

Los efectos favorables de los acolchados plásticos son consistentes en el resto del desarrollo del cultivo, pero decayendo gradualmente las amplitudes de onda de las temperaturas del suelo. Las mayores amplitudes de onda de las temperaturas del suelo en los primeros 41 días después de siembra aproximadamente es debido a que en este período de desarrollo, el cultivo de melón no tenía cobertura completa de follaje que cubriera el acolchado plástico; por consiguiente el acolchado estaba aparentemente expuesto a una mayor incidencia de radiación, y por lo tanto mayor influencia de los acolchados hacia el perfil superficial del suelo y esto a su vez hacia la zona radicular del cultivo. Mientras que en las menores amplitudes de onda de las temperaturas del suelo

aproximadamente a los 42 días después de siembra en adelante como se nota en las figuras 4.5 y 4.6, y 4.7 y 4.8 en ambos abatimientos (de 40 a 50 y de 60 a 70 días después de siembra), es debido a que en este período los acolchados por su precocidad presentaron una mayor cobertura foliar impidiendo la máxima exposición de los mismos plásticos a la radiación solar; por lo tanto los acolchados presentaron menor influencia hacia el perfil superficial del suelo y hacia la zona radicular del cultivo. En estas etapas de mayor cobertura foliar en los acolchados, las temperaturas del suelo obtenidas en el suelo desnudo fueron muy similares a las temperaturas del suelo en los acolchados.

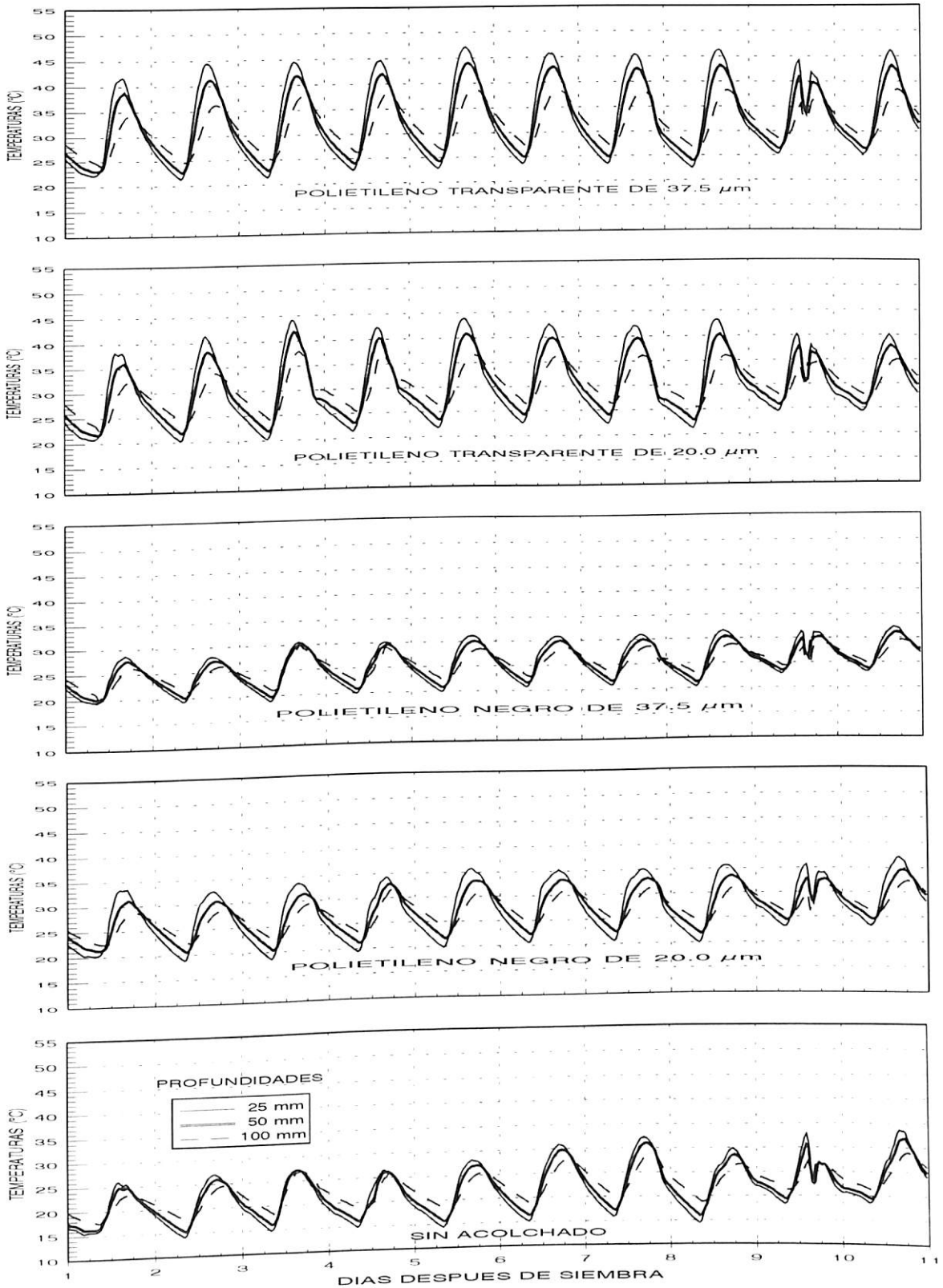


Figura 4.1. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los primeros 10 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40% de consumo de la humedad aprovechable.

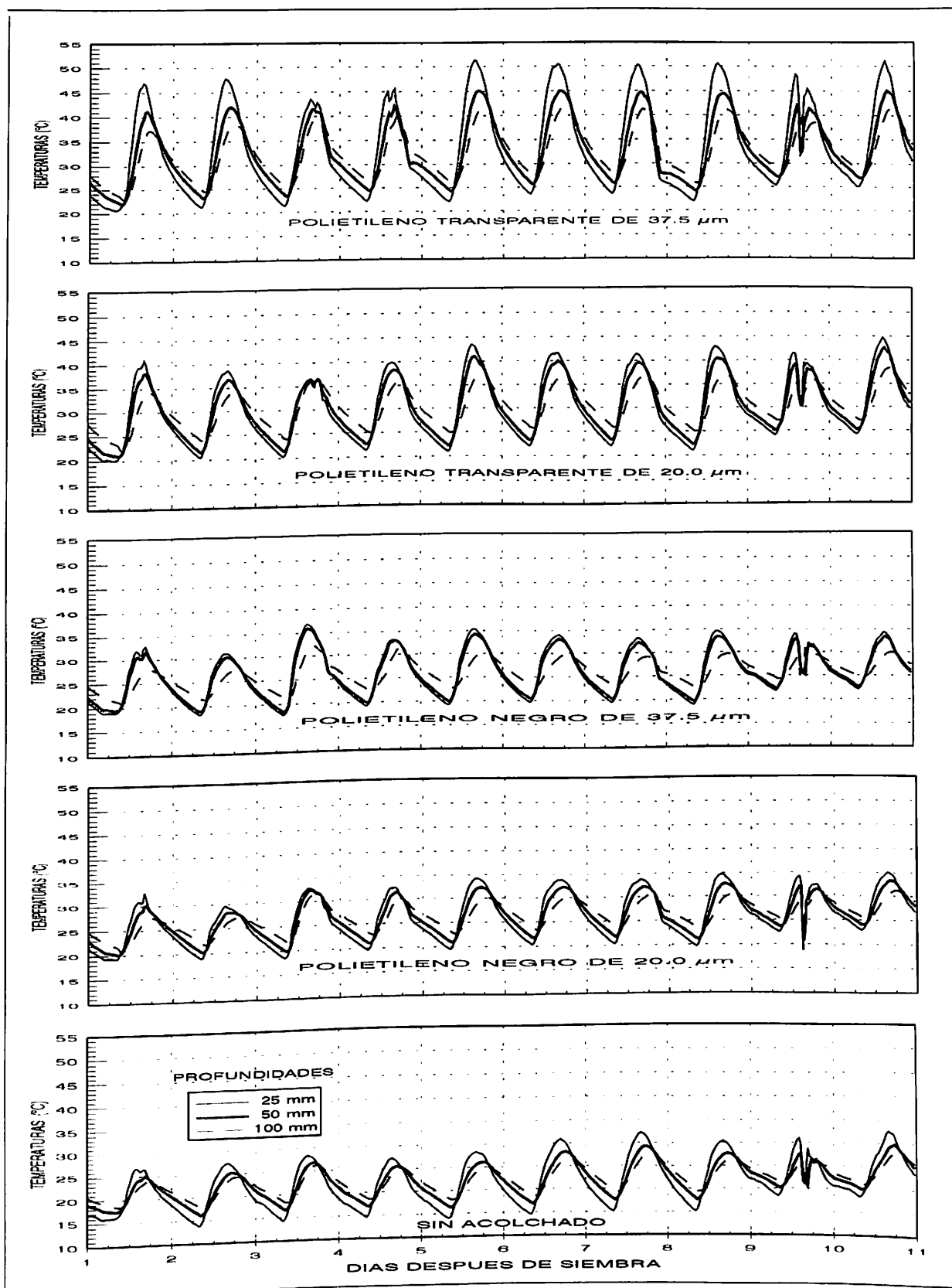


Figura 4.2. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas, en los primeros 10 días después de siembra. Para riegos aplicados al 60% de consumo de la humedad aprovechable.

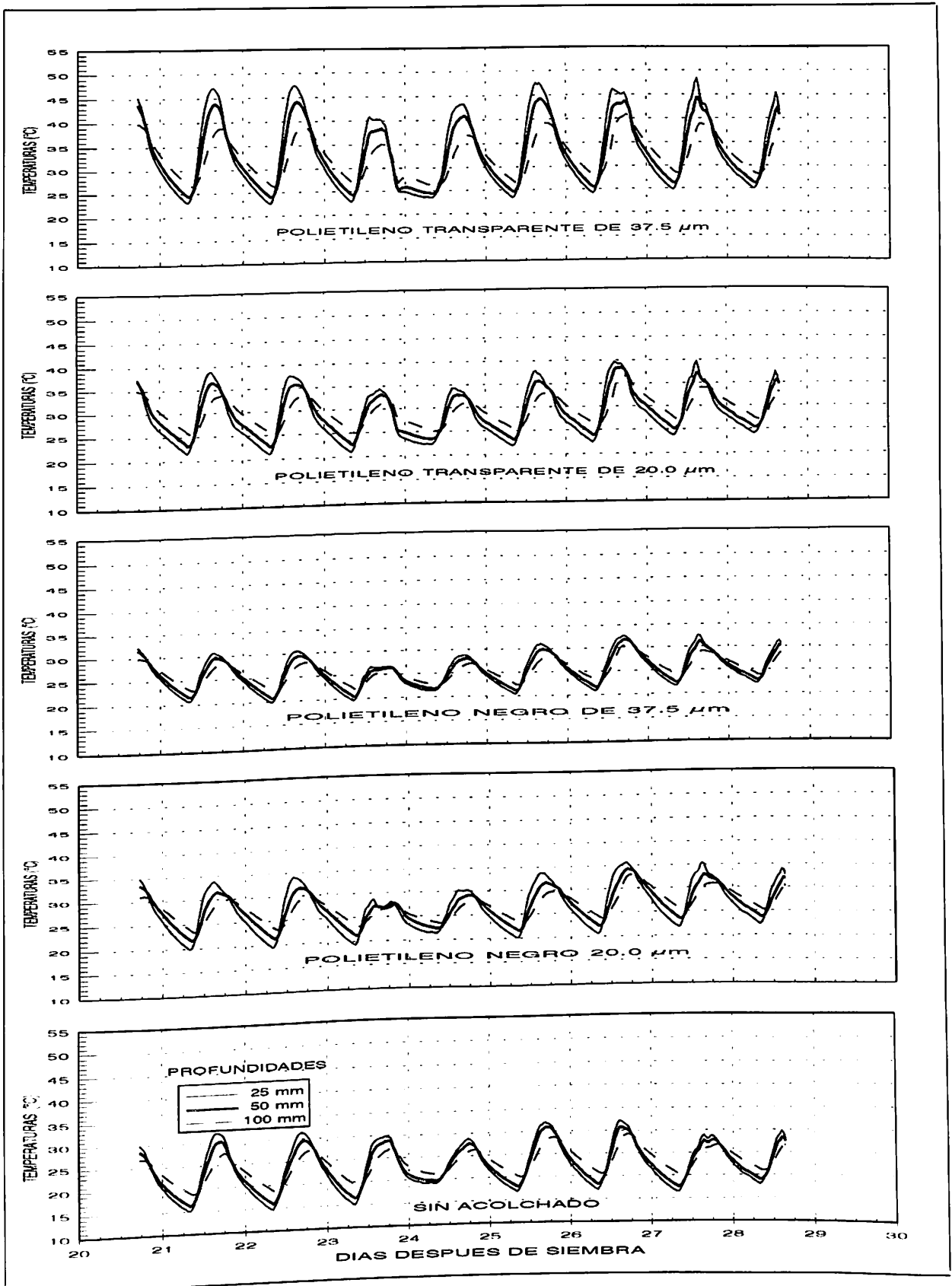


Figura 4.3. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas de los 20 a 30 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40% de consumo de la humedad aprovechable.

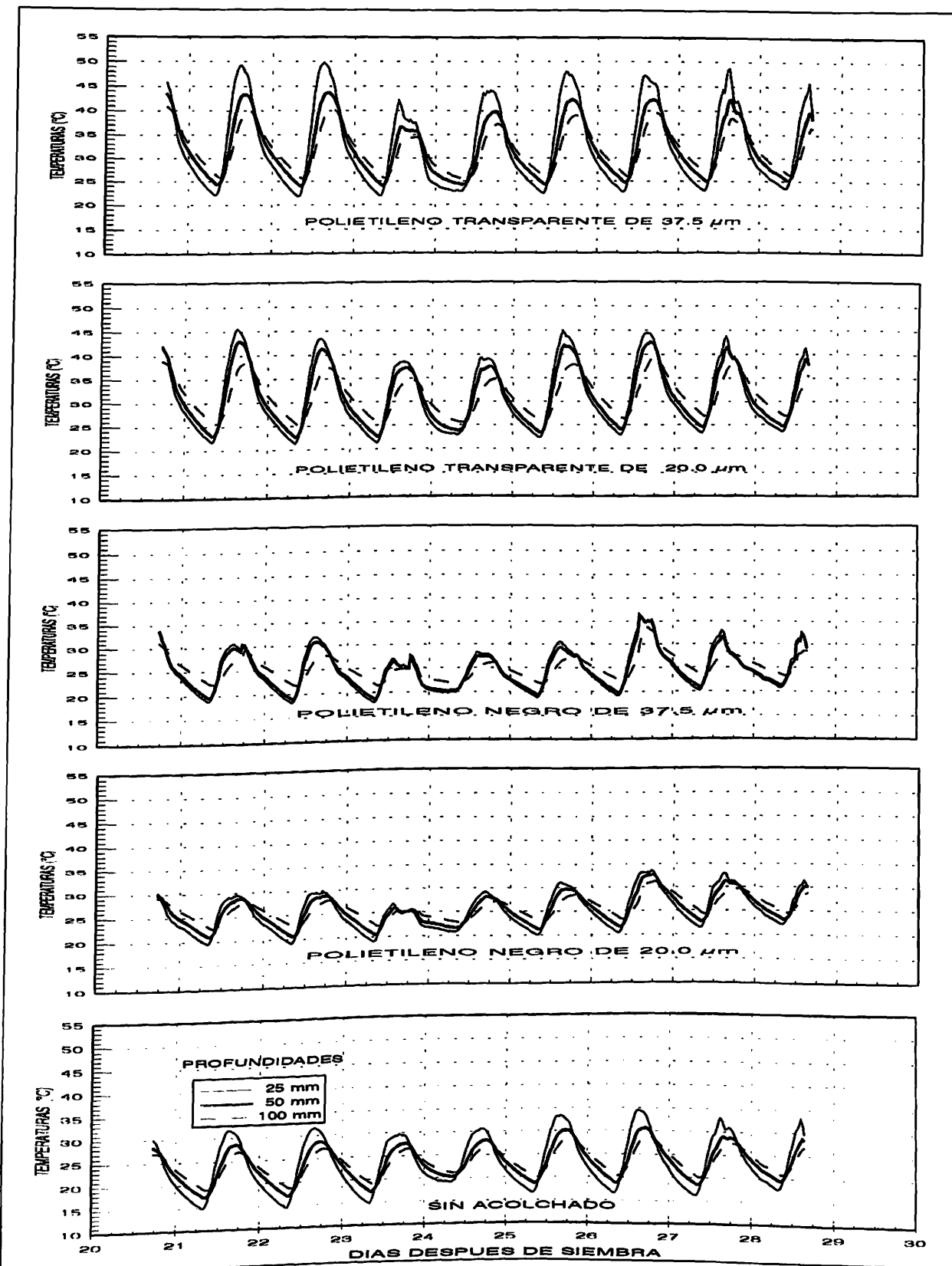


Figura 4.4. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas a los 20 a 30 días después de siembra. Para riegos aplicados al 60% de consumo de la humedad aprovechable.

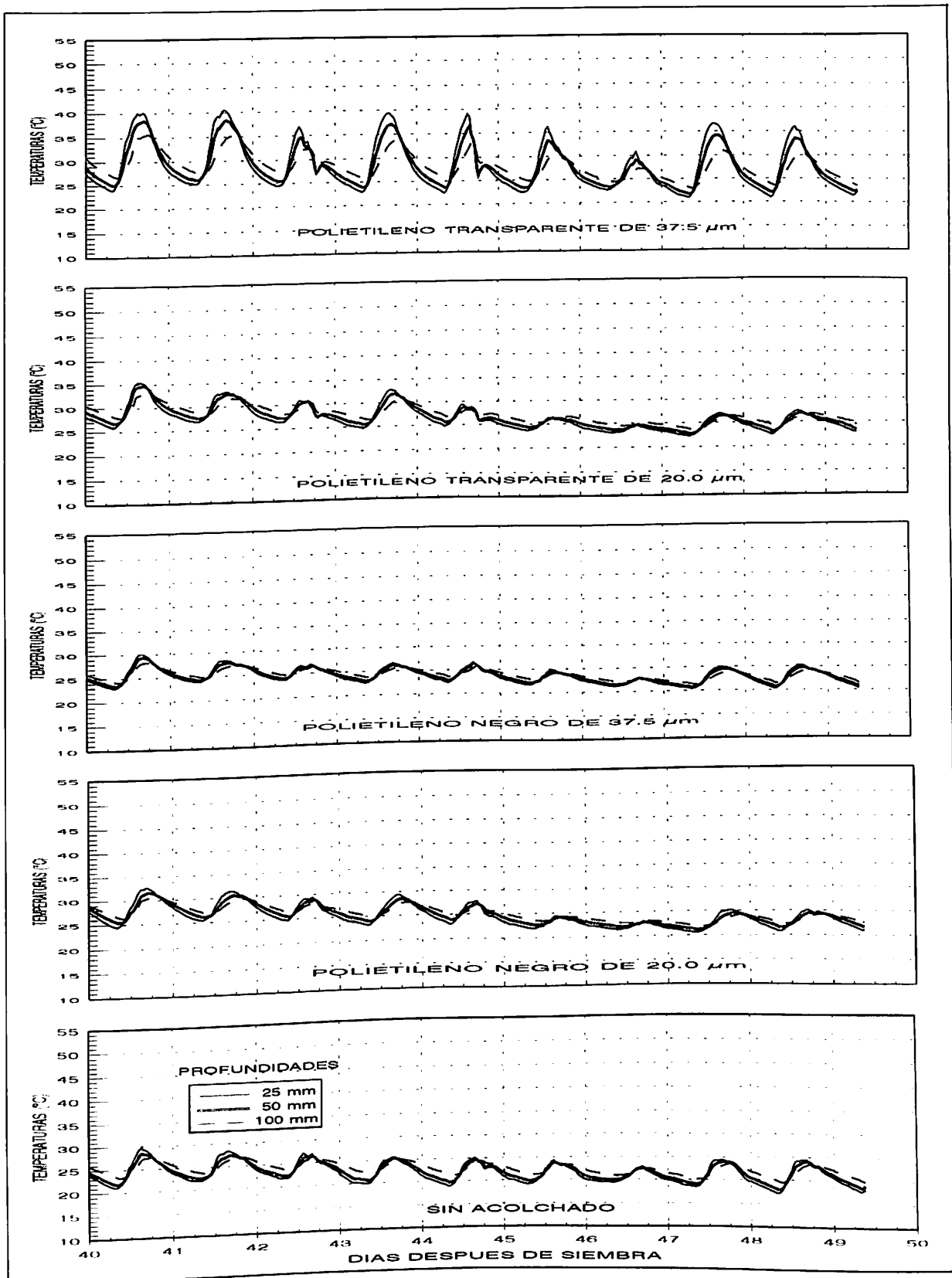


Figura 4.5. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los 40 a 50 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40% de consumo de la humedad aprovechable.

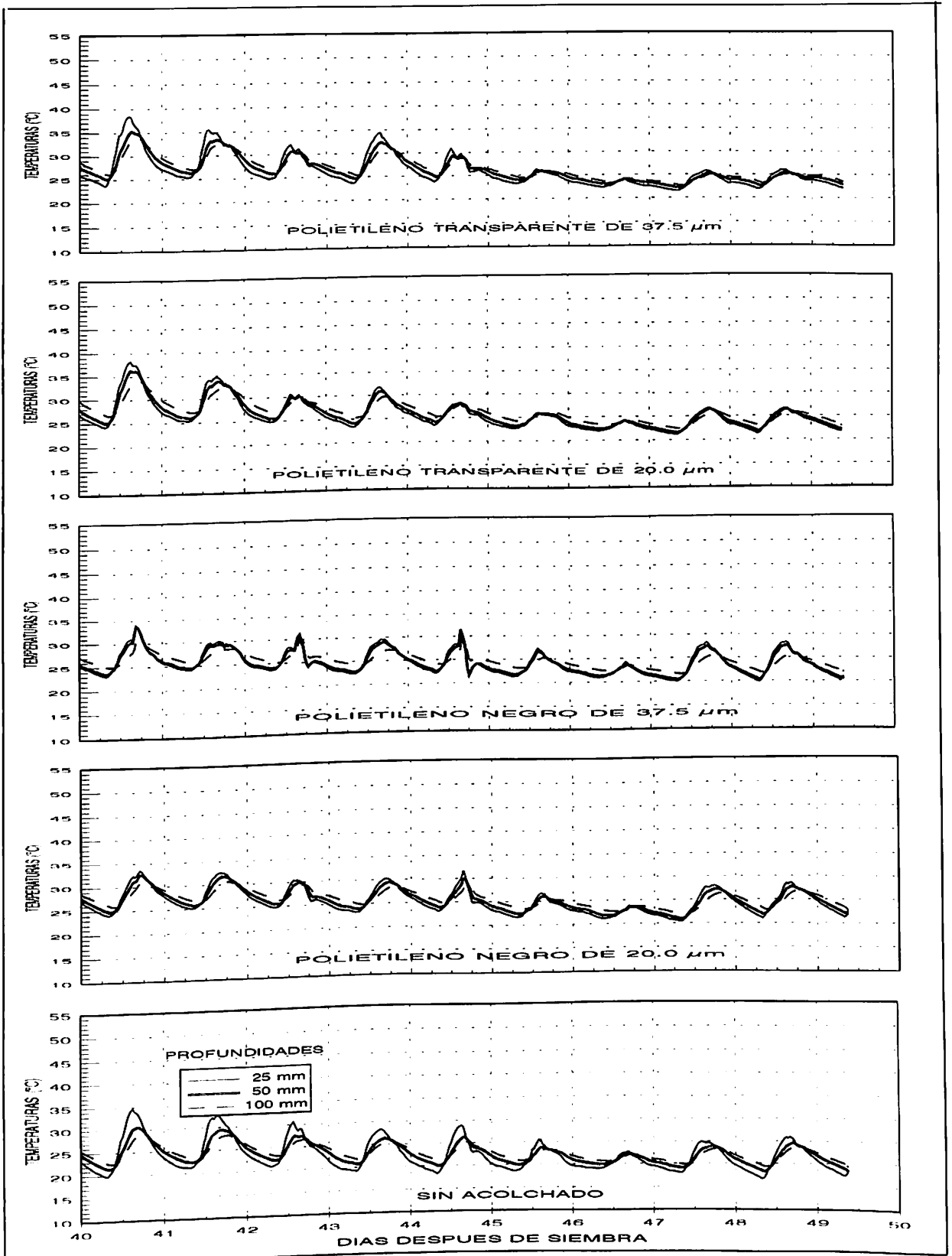


Figura 4.6. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los 40 a 50 días después de siembra. Para riegos aplicados al 60% de consumo de la humedad aprovechable.

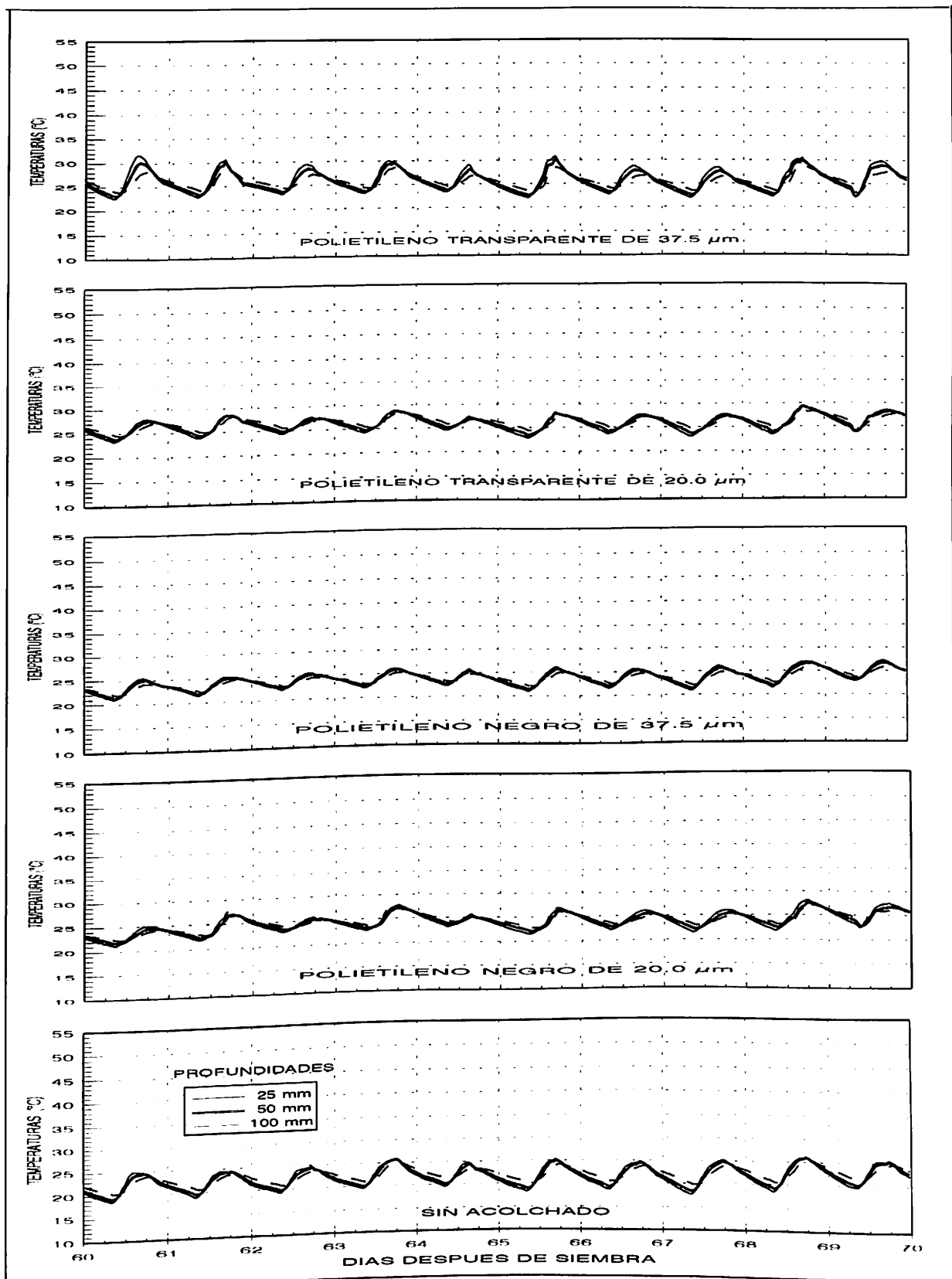


Figura 4.7. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los 60 a 70 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40% de consumo de la humedad aprovechable.

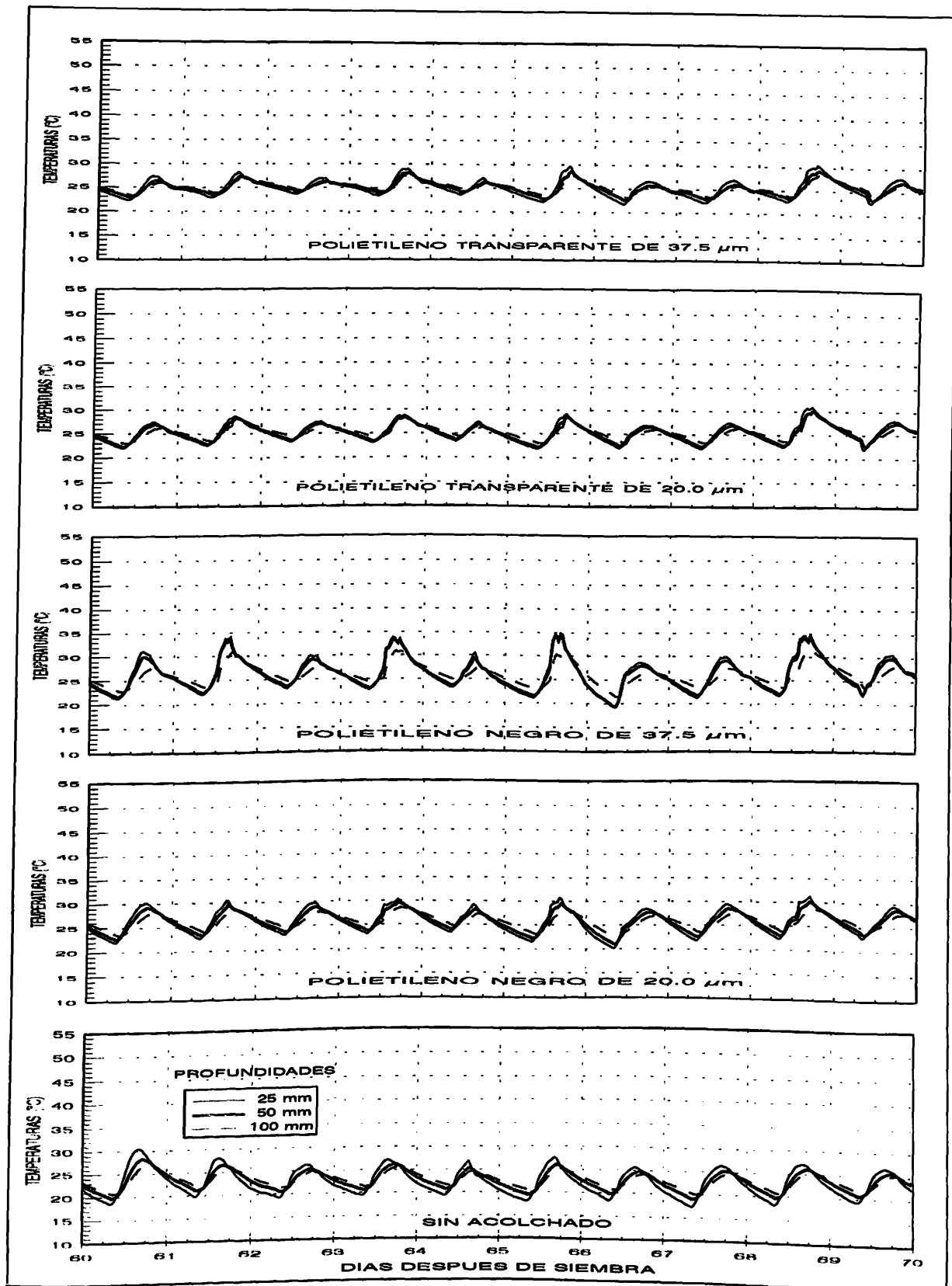


Figura 4.8. Temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los 60 a 70 días después de siembra. Para riegos aplicados al 60% de consumo de la humedad aprovechable.

Temperaturas del suelo en los acolchados plásticos

En la comparación de las fluctuaciones de las temperaturas del suelo en los diferentes tratamientos, es claro notar que en las películas de PE transparentes debido a su característica espectral de mayor transmitancia, presentaron mayores temperaturas del suelo respecto a las películas de PE negro con características espectrales de mayor absorción y reflectancia; y con temperaturas del suelo mucho más inferiores en el tratamiento sin acolchado (figura 4.1).

La película de PET de 37.5 μm en el 40 por ciento de abatimiento (figura 4.1), es la que presenta mayores temperaturas del suelo alcanzando los 47°C en las horas picos, seguido por el PET de 20.0 μm con temperaturas del suelo ligeramente inferiores a 44°C. Las películas de PE de color negro presentan temperaturas del suelo, marcadamente inferiores respecto a las películas de PE transparentes. El PEN de 20.0 μm presentó temperaturas del suelo de 35°C y con temperaturas del suelo más bajas respecto a las películas antes mencionadas, el PEN de 37.5 μm con 31°C. Por último el tratamiento sin acolchado, debido a que no presentó ninguna cobertura plástica que favorezca el incremento en la temperatura del suelo; este presentó temperaturas mucho más inferiores de todo los tratamientos alcanzando apenas los 30°C en las horas picos de los días (40 por ciento de abatimiento). Un comportamiento muy similar presentó el 60 por ciento de abatimiento (figura 4.2), pero con temperaturas del suelo ligeramente superiores en cada uno de los tratamientos, que los obtenidos en los tratamientos del 40 por ciento de abatimiento.

En general, el PET de 37.5 μm es el que proporciona mayores temperaturas del suelo respecto al PET de 20.0 μm de espesor. Mientras que en las películas de color negro presenta mayores temperaturas el PEN de 20.0 μm respecto al PEN de 37.5 μm de espesor, inverso a las películas transparentes. Lo anterior indica que, en los acolchados transparentes a mayor espesor de la película mayores temperaturas, esto puede ser que la película de menor espesor, tiene mayor escape de radiación de onda larga del suelo respecto a la película de mayor espesor. Mientras que en los acolchados de color negro sucede lo inverso, a mayor espesor de la película presenta menores temperaturas respecto a la película de menor espesor; esto puede ser que en la película de color negro al decrementarse su espesor decremanta sus propiedades espectrales de reflectancia y absortancia (como se observa en el cuadro 2.2 de la revisión de literatura, la película que presenta mayor absortancia presenta menor transmitancia y reflectancia e inversamente proporcional), e incrementa su transmitancia causando mayores temperaturas en el suelo.

Temperaturas en las profundidades del suelo

Los patrones de temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en las diferentes tratamientos se observan muy claro en los primeros días después de siembra mostrados gráficamente en las figuras 4.1 a la 4.4. Donde se puede notar que a los 25 mm de profundidad (línea negrilla delgada), debido a la exposición más cercana a los cambios climáticos en la superficie, es la profundidad que presenta mayores amplitudes de onda en las temperaturas del suelo (mayores desviaciones estándar, cuadros 4.1 y 4.2), seguido a los 50 mm de profundidad (línea negrilla gruesa), con amplitudes de onda menores

(desviaciones estándar menores respecto a los 25 mm de profundidad). A pesar de la diferencia tan pequeña en profundidades (25 a 50 mm) dependiendo de las condiciones climáticas, contenido de humedad del suelo y tipo de plástico se puede encontrar gradientes de temperaturas de hasta 6°C aproximadamente, como se observa en la figura 4.2 en el PET de 37.5 μm en algunos días en las horas picos. Mientras que en los 100 mm de profundidad (línea discontinua) con menores amplitudes de onda (con desviaciones estándar mucho menores) indicando temperaturas más bajas respecto a las primeras profundidades antes mencionadas.

En los cuadros 4.1 al 4.4, se presenta las temperaturas medias obtenidas de los datos de las gráficas de temperaturas antes mencionadas. Se nota como en los primeros días después de siembra, cuando los acolchados tienen mayor influencia hacia el perfil superficial del suelo, las temperaturas promedios diarios en las tres profundidades (25, 50 y 100 mm), son mayores en el PET de 37.5 μm que en el resto de los tratamientos. Esto se observa tanto en el 60 por ciento como en el 40 por ciento de consumo de la humedad del suelo. Además, en estos cuadros se puede confirmar mejor como en todo los tratamientos las temperaturas del suelo son más altos en los 25 mm de profundidad con desviaciones estándar mayores, seguido por la profundidad de 50 mm con desviaciones ligeramente menores y por último con temperaturas y desviaciones mucho más bajas en los 100 mm de profundidad del suelo.

Estos decrementos de temperaturas respecto a las profundidades significa que los plásticos tienen mayores efectos en la parte superficial del suelo decrementando

gradualmente a mayores profundidades. Así mismo, en los cuadros también se presenta en algunos tratamientos menores temperaturas en la superficie, estos son debidos a que en estos períodos se presentaron descensos de temperaturas en el aire causando una inversión térmica (menores temperaturas a 25 mm que a 100 mm de profundidad). Esto indica que durante el día el flujo de calor es de la superficie hacia el interior del suelo, mientras que por la noche, el flujo de calor es desde el interior del suelo hacia la superficie.

También se reafirma en estos cuadros de temperaturas medias del suelo, lo mencionado anteriormente sobre los cambios de influencia de los acolchados con el desarrollo foliar del cultivo de melón. Se nota como en los primeros dos cuadros en todo los tratamientos en los inicios de desarrollo del cultivo presentan desviaciones estándar mayores indicando mayores temperaturas en la superficie del suelo. Sin embargo, en el cuadro 4.4 con mayor cobertura foliar alcanzando (60 a 70 días después de siembra), los acolchados presentan temperaturas mucho más bajas con desviaciones estándar menores, muy similares a los obtenidos en el tratamiento sin acolchado, con temperaturas ligeramente inferiores respecto a los suelos acolchados.

Cuadro 4.1. Temperaturas medias del suelo y desviaciones estandar a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas en los primeros 10 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 y 60 % de consumo de la humedad aprovechable del suelo.

| TRATAMIENTOS | PROFUNDIDAD (mm) | A B A T I M I E N T O S 40 % | | 60 % | |
|---------------------|---------------------|---------------------------------|------|-------|------|
| | | Media | Sx | Media | Sx |
| PET de 37.5 μ m | 25 | 32.63 | 7.56 | 33.32 | 9.01 |
| | 50 | 32.26 | 6.14 | 32.74 | 6.49 |
| | 100 | 31.64 | 3.97 | 32.46 | 4.48 |
| PET de 20.0 μ m | 25 | 30.33 | 6.76 | 30.27 | 6.79 |
| | 50 | 30.36 | 5.39 | 30.31 | 5.75 |
| | 100 | 30.23 | 3.56 | 30.44 | 3.96 |
| PEN de 37.5 μ m | 25 | 25.58 | 3.56 | 26.17 | 4.96 |
| | 50 | 25.55 | 3.03 | 26.15 | 4.45 |
| | 100 | 25.51 | 2.22 | 26.08 | 2.60 |
| PEN de 20.0 μ m | 25 | 26.30 | 5.07 | 27.42 | 4.60 |
| | 50 | 26.37 | 3.78 | 27.34 | 3.65 |
| | 100 | 26.43 | 2.65 | 27.18 | 2.58 |
| SIN ACOLCHADO | 25 | 21.95 | 4.92 | 21.98 | 4.83 |
| | 50 | 22.17 | 4.12 | 22.19 | 3.40 |
| | 100 | 22.43 | 2.56 | 22.62 | 2.85 |

Cuadro 4.2. Temperaturas medias del suelo y desviaciones estandar a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas de los 20 a 30 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 y 60 % de consumo de la humedad aprovechable del suelo.

| TRATAMIENTOS | PROFUNDIDAD (mm) | A B A T I M I E N T O S | | | |
|--------------------------------------|---------------------|-------------------------|------|-------|------|
| | | 40 % | | 60 % | |
| | | Media | Sx | Media | Sx |
| PET de 37.5 μm | 25 | 32.59 | 8.43 | 33.14 | 7.71 |
| | 50 | 32.08 | 5.94 | 32.80 | 6.26 |
| | 100 | 31.83 | 4.40 | 32.36 | 4.10 |
| PET de 20.0 μm | 25 | 28.78 | 5.23 | 31.17 | 7.00 |
| | 50 | 29.12 | 4.22 | 31.24 | 5.92 |
| | 100 | 29.54 | 2.85 | 31.27 | 3.97 |
| PEN de 37.5 μm | 25 | 24.72 | 4.18 | 25.58 | 3.39 |
| | 50 | 24.78 | 3.82 | 25.61 | 2.88 |
| | 100 | 25.21 | 2.46 | 25.69 | 2.08 |
| PEN de 20.0 μm | 25 | 26.72 | 4.43 | 25.22 | 3.66 |
| | 50 | 26.87 | 3.32 | 25.49 | 2.95 |
| | 100 | 26.98 | 2.40 | 25.87 | 2.09 |
| SIN ACOLCHADO | 25 | 23.02 | 4.87 | 23.51 | 5.45 |
| | 50 | 23.09 | 4.03 | 23.50 | 3.63 |
| | 100 | 23.55 | 2.63 | 23.61 | 2.61 |

Cuadro 4.3. Temperaturas medias del suelo y desviaciones estandar a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas de los 40 a 50 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 y 60 % de consumo de la humedad aprovechable del suelo.

| TRATAMIENTOS | PROFUNDIDAD (mm) | A B A T I M I E N T O S | | | |
|---------------------------|---------------------|-------------------------|------|-------|------|
| | | 40 % | | 60 % | |
| | | Media | Sx | Media | Sx |
| PET de 37.5 μm | 25 | 28.26 | 5.19 | 26.10 | 3.61 |
| | 50 | 28.16 | 4.21 | 26.35 | 2.98 |
| | 100 | 28.23 | 2.94 | 26.62 | 2.68 |
| PET de 20.0 μm | 25 | 25.76 | 3.42 | 26.58 | 2.91 |
| | 50 | 26.01 | 3.09 | 26.89 | 2.69 |
| | 100 | 26.49 | 2.62 | 27.39 | 2.31 |
| PEN de 37.5 μm | 25 | 23.93 | 2.03 | 24.54 | 2.85 |
| | 50 | 24.01 | 1.84 | 24.60 | 2.61 |
| | 100 | 24.23 | 1.58 | 25.02 | 1.43 |
| PEN de 20.0 μm | 25 | 24.82 | 2.88 | 25.36 | 2.98 |
| | 50 | 25.05 | 2.60 | 25.56 | 2.63 |
| | 100 | 25.36 | 2.34 | 25.89 | 1.19 |
| SIN ACOLCHADO | 25 | 22.21 | 2.63 | 22.60 | 3.73 |
| | 50 | 22.46 | 2.26 | 22.85 | 2.65 |
| | 100 | 23.12 | 1.86 | 23.14 | 2.14 |

Cuadro 4.4. Temperaturas medias del suelo y desviaciones estandar a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas de los 60 a 70 días después de siembra. Para riegos aplicados al 40 y 60 % de consumo de la humedad aprovechable del suelo.

| TRATAMIENTOS | PROFUNDIDAD (mm) | A B A T I M I E N T O S | | | |
|---------------------------|---------------------|-------------------------|------|-------|------|
| | | 40 % | | 60 % | |
| | | Media | Sx | Media | Sx |
| PET de 37.5 μm | 25 | 25.15 | 1.79 | 25.84 | 2.35 |
| | 50 | 25.16 | 1.35 | 25.81 | 1.95 |
| | 100 | 25.30 | 1.13 | 25.76 | 1.34 |
| PET de 20.0 μm | 25 | 25.28 | 1.89 | 25.99 | 1.53 |
| | 50 | 25.27 | 1.64 | 26.15 | 1.32 |
| | 100 | 25.37 | 1.37 | 26.31 | 0.99 |
| PEN de 37.5 μm | 25 | 23.93 | 1.49 | 26.26 | 3.38 |
| | 50 | 23.92 | 1.28 | 26.21 | 3.11 |
| | 100 | 23.91 | 0.94 | 26.12 | 2.07 |
| PEN de 20.0 μm | 25 | 24.25 | 1.63 | 25.91 | 2.45 |
| | 50 | 24.28 | 1.32 | 25.90 | 2.00 |
| | 100 | 24.44 | 1.20 | 25.91 | 1.44 |
| SIN ACOLCHADO | 25 | 21.93 | 2.10 | 22.67 | 2.87 |
| | 50 | 22.08 | 1.83 | 22.95 | 2.02 |
| | 100 | 22.39 | 1.25 | 23.12 | 1.52 |

Desarrollo y rendimiento del cultivo de melón

Es importante mencionar que la película de PET de 37.5 μm debido a una granizada en el inicio del período de desarrollo del cultivo y debido posiblemente también al manejo cultural de campo, esta película tuvo rompimientos considerables en algunas áreas de la parcela experimental; por lo que en este tratamiento, estos daños físicos pueden causar efectos negativos en el desarrollo y producción del cultivo de melón. En general, en todas las variables medidas en el cultivo de melón, los suelos con acolchado reflejaron efectos positivos significantes respecto al tratamiento de suelo sin acolchado. Las variables medidas como: índice de área foliar, materia seca, longitud de guías y rendimiento de fruto son discutidos por separado.

Índice de área foliar (IAF): los efectos favorables de los acolchados plásticos respecto al tratamiento testigo sin acolchado en los dos abatimientos, son observados en la figura 4.9. Es claro notar como en todo los muestreos los acolchados desarrollaron una cobertura foliar superior presentando una diferencia altamente significativa entre los tratamientos y mientras que entre los abatimientos no presentaron diferencias significativas en todo los muestreos (Cuadro 4.5).

En la gráfica superior de la figura 4.9, las películas de PET y PEN de 20.0 μm presentaron una tendencia muy similar siendo los plásticos que presentaron en el último muestreo una mayor cobertura foliar, esto puede ser debido a los incrementos mayores obtenidos en temperatura del suelo respecto al PEN de 37.5 μm de espesor. Esta película

de PEN de 37.5 μm comenzó con mayor cobertura en los inicios de desarrollo del cultivo decayendo en los últimos dos muestreos a los 58 y 68 días después de siembra, esto es debido probablemente a que este acolchado fue el que presentó temperaturas del suelo más bajas respecto a los otros acolchados; y el PET de 37.5 μm presentó una cobertura más baja respecto a los demás acolchados. Este plástico aunque fue el que presentó mayores temperaturas, no desarrolló mayor cobertura foliar, debido a que probablemente los excesos de temperaturas del suelo causaron efectos dañinos al cultivo; ya que el cultivo de melón según la literatura revisada las temperaturas máximas son de 35°C o también puede ser debido a los rompimientos causados del plástico en los inicios del desarrollo del cultivo. Por lo tanto, en el testigo debido a que no tuvo ninguna protección ni incremento adicional de temperaturas, fue el que presentó una cobertura foliar, mucho más bajo que los tratamientos con acolchado plástico en ambos abatimientos.

La tendencia de respuesta de todo los tratamientos son muy similares para la parcela de menor humedad (gráfica inferior), aunque estadísticamente no presentaron diferencias significativas entre los abatimientos en todo los muestreos. Pero gráficamente se nota claro que en la parcela de mayor humedad (gráfica superior), presentaron coberturas foliares ligeramente mayores en todo los tratamientos que las coberturas obtenidos en los tratamientos de menor humedad (gráfica inferior), como se puede apreciar numéricamente en el cuadro 4.5.

Cuadro 4.5. Índice de área foliar del cultivo de melón en cinco muestreos después de siembra.

| TRATAMIENTOS | DIAS | DESPUES | DE | SIEMBRA | |
|------------------------------|-------|---------|--------|---------|-------|
| | 27 | 37 | 48 | 58 | 68 |
| 40% | | | | | |
| 1. PEN de 37.5 μm | 0.044 | 0.333 | 2.633. | 3.348 | 3.655 |
| 2. PEN de 20.0 μm | 0.058 | 0.286 | 2.282 | 3.452 | 4.679 |
| 3. PET de 37.5 μm | 0.045 | 0.224 | 1.147 | 3.160 | 3.486 |
| 4. PET de 20.0 μm | 0.045 | 0.287 | 2.304 | 3.407 | 4.999 |
| 5. Sin acolchado | 0.022 | 0.111 | 0.686 | 1.288 | 2.281 |
| 60% | | | | | |
| 1. PEN de 37.5 μm | 0.056 | 0.333 | 2.525 | 3.096 | 3.162 |
| 2. PEN de 20.0 μm | 0.050 | 0.376 | 2.629 | 3.314 | 3.347 |
| 3. PET de 37.5 μm | 0.044 | 0.245 | 1.329 | 2.002 | 2.500 |
| 4. PET de 20.0 μm | 0.055 | 0.300 | 2.598 | 3.573 | 3.702 |
| 5. Sin acolchado | 0.019 | 0.111 | 0.598 | 1.061 | 2.107 |
| Significancia (S) | | | | | |
| Abatimientos (A) | NS | NS | NS | NS | NS |
| Acolchados (B) | ** | ** | ** | ** | ** |

** . Altamente significativo al 1% de probabilidad

NS. No significativo

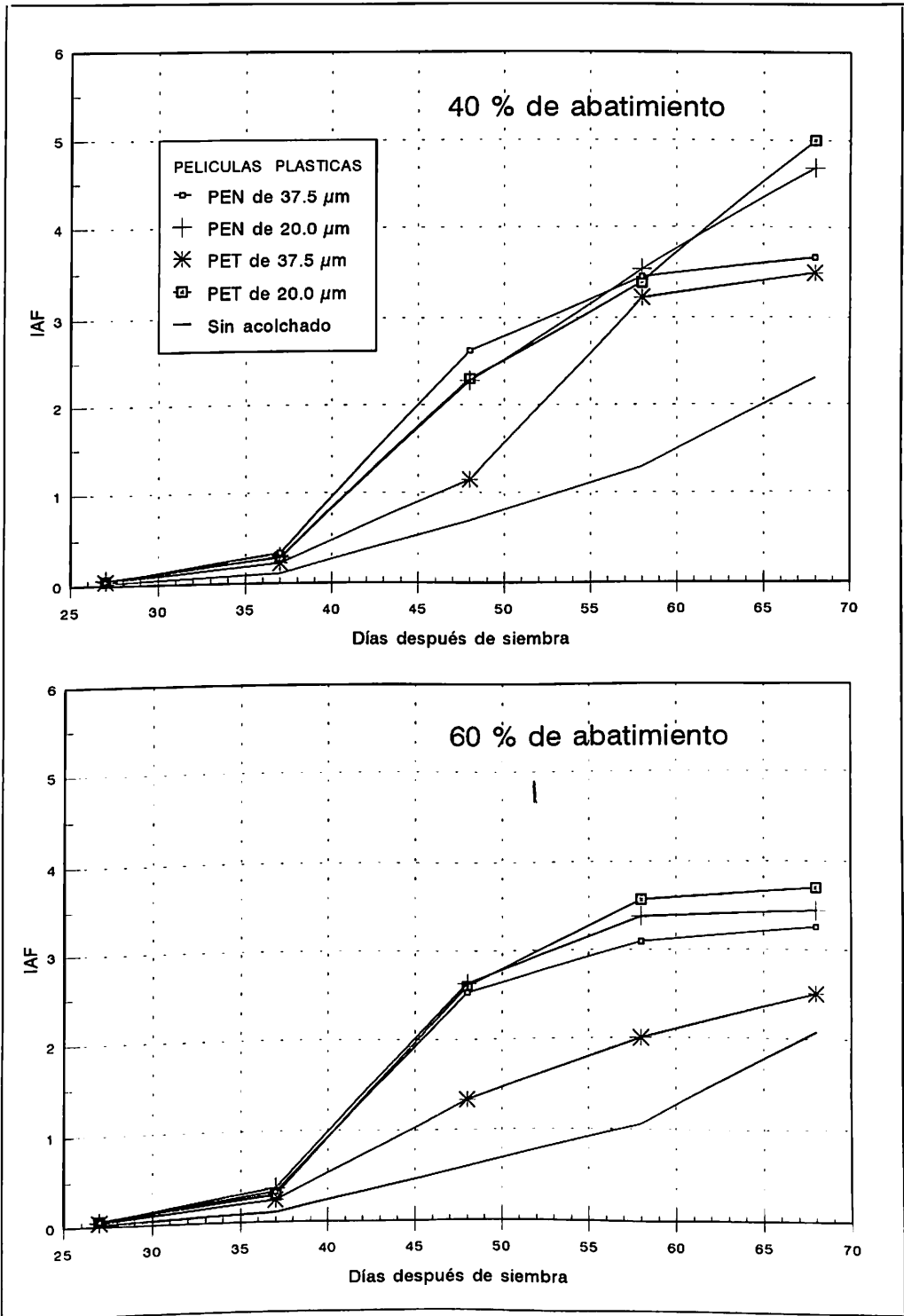


Figura 4.9. Índice de área foliar del cultivo de melón en diferentes películas plásticas, para riegos aplicados al 40% y 60% de consumo de la humedad aprovechable.

Longitud de guías: estas mediciones empezaron a los 51 días después de siembra. Todo los muestreos presentaron diferencias altamente significativos entre los tratamientos y no presentaron diferencias significativas entre los abatimientos (cuadro 4.6).

En la figura 4.10 (gráfica superior), se aprecia mejor la tendencia de los tratamientos en el desarrollo de la longitud de guías. Se muestra que las películas de PEN de 20.0 μm y 37.5 μm de espesor, debido a las temperaturas favorables obtenidas son los que presentan mayor longitud de guías que, las películas de PET de 20.0 μm y 37.5 μm de espesor. Se nota claro también que las películas de bajo espesor son los que presentan mayor longitud de guías en ambas películas de PE negro y PE transparente

A los 51 días después de siembra (gráfica superior de la figura 4.10), los acolchados de PEN de 20.0 μm , PEN de 37.5 μm , PET de 20.0 μm y PET de 37.5 μm presentaron de 3.80, 3.08, 2.94 y 2.34 veces mayor longitud de guías respectivamente sobre el tratamiento sin acolchado. Para los 80 días después de siembra los acolchados presentaron de 2.51, 2.30, 1.98 y 1.63 veces mayor longitud en el PEN de 20.0 μm , PEN de 37.5 μm , PET de 20.0 μm y PET de 37.5 μm respectivamente sobre el testigo sin acolchado. Una tendencia similar es observada para el mayor abatimiento (gráfica inferior) pero con longitudes ligeramente inferiores en todo los tratamientos respecto a los obtenidos en los tratamientos en el menor abatimiento.

Cuadro 4.6. Longitud de guías (m) del cultivo de melón en cuatro muestreos después de siembra. (promedio de dos plantas por tratamiento).

| TRATAMIENTOS | DIAS 51 | DESPUES 61 | DE 70 | SIEMBRA 80 |
|------------------------------|------------|---------------|----------|---------------|
| 40% | | | | |
| 1. PEN de 37.5 μm | 10.87 | 14.02 | 19.43 | 22.24 |
| 2. PEN de 20.0 μm | 13.41 | 16.50 | 21.57 | 24.36 |
| 3. PET de 37.5 μm | 8.27 | 10.85 | 14.92 | 15.75 |
| 4. PET de 20.0 μm | 10.37 | 13.76 | 17.42 | 19.23 |
| 5. Sin acolchado | 3.53 | 6.28 | 8.54 | 9.69 |
| 60% | | | | |
| 1. PEN de 37.5 μm | 13.65 | 17.42 | 20.41 | 22.14 |
| 2. PEN de 20.0 μm | 12.59 | 16.41 | 20.04 | 22.56 |
| 3. PET de 37.5 μm | 8.59 | 10.61 | 13.70 | 15.49 |
| 4. PET de 20.0 μm | 10.72 | 13.79 | 15.88 | 17.47 |
| 5. Sin acolchado | 2.66 | 5.07 | 7.60 | 9.22 |
| Significancia (S) | | | | |
| Abatimientos (A) | NS | NS | NS | NS |
| Acolchados (B) | ** | ** | ** | ** |

** Altamente significativo al 1% de probabilidad

NS. No significativo

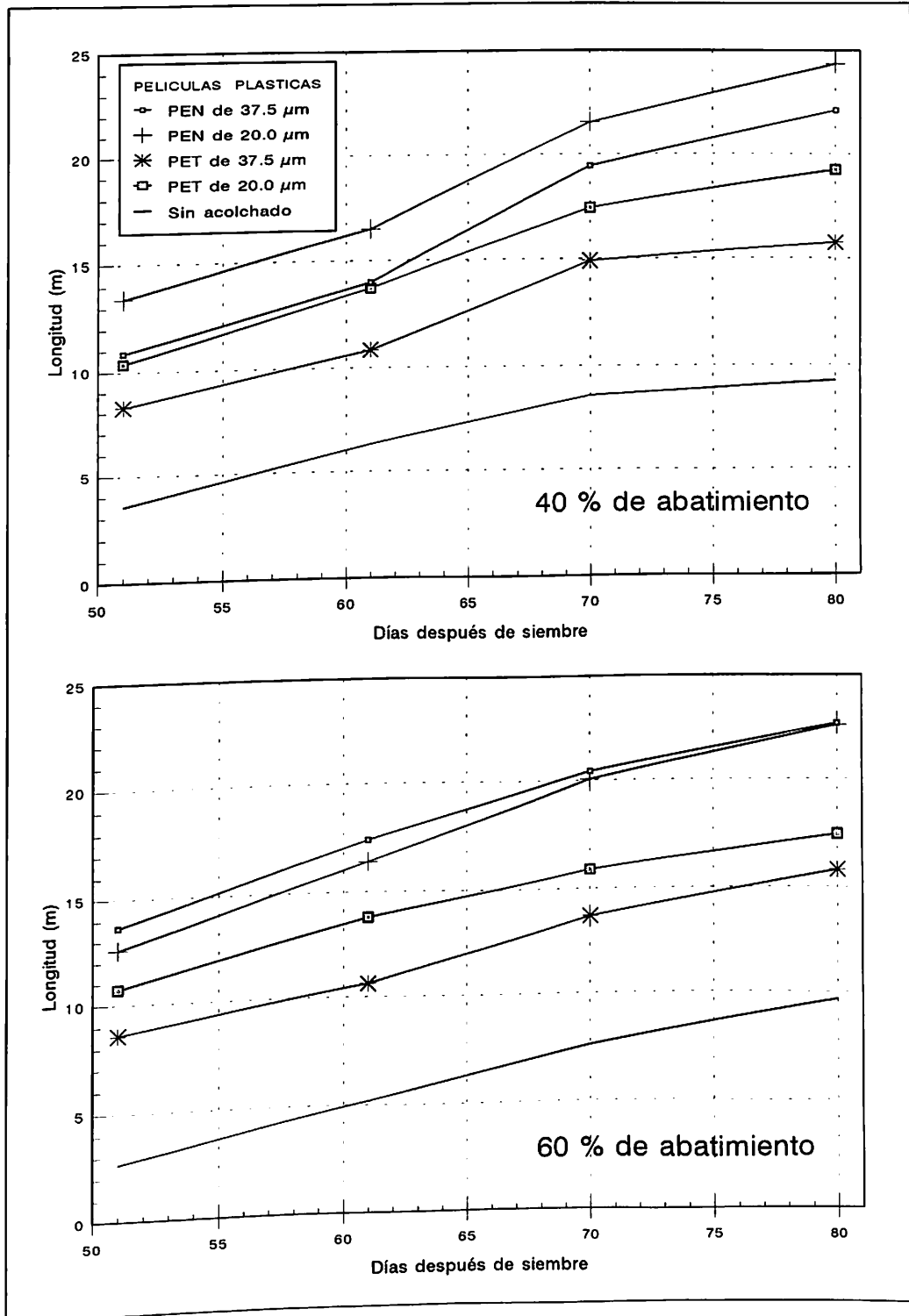


Figura 4.10. Longitud de guías del cultivo de melón en diferentes películas plásticas, para riegos aplicados al 40% y 60% de consumo de la humedad aprovechable.

Producción de materia seca: al igual que el IAF como resultado de la mayor cobertura foliar y longitud de guías obtenido en cada tratamiento. Los tratamientos desarrollados sobre el mayor contenido de humedad del suelo son los que produjeron mayor producción de materia seca, que los tratamientos desarrollados en el menor contenido de humedad del suelo; presentando una diferencia altamente significativa entre los tratamientos en los primeros tres muestreos y diferencia significativa en los dos últimos muestreos (cuadro 4.7).

Los resultados también son presentados gráficamente en la figura 4.11. En la gráfica superior de la figura, en los últimos dos muestreos la película de PEN de 37.5 μm es el que presentó una mayor producción de materia seca que el resto de los tratamientos. El PET de 20.0 μm con tendencias similares al PEN de 37.5 μm , pero presentó una producción ligeramente inferior. En el PEN de 20.0 μm en los últimos dos muestreos produjo una producción media entre las películas de PET de 20.0 μm y 37.5 μm . Mientras que la película de PET de 37.5 μm debido posiblemente a las temperaturas excesivas del suelo presentadas o a las roturas causadas, es el plástico que produjo siempre un menor desarrollo que los otros plásticos. Por lo consiguiente el tratamiento sin acolchado, debido a que no tuvo ninguna protección que favorezca el desarrollo del cultivo, se mantiene más bajo en la producción de materia seca que todo los acolchados.

Cuadro 4.7. Producción de materia seca del cultivo de melón en diferentes períodos después de siembra (g/pta).

| TRATAMIENTOS | DIAS DESPUES DE SIEMBRA | | | | |
|---------------------------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|
| | 27 | 37 | 48 | 68 | 79 |
| 40% | | | | | |
| PEN de 37.5 μm | 1.65 | 9.98 | 108.76 | 228.39 | 251.79 |
| PEN de 20.0 μm | 1.73 | 11.95 | 105.25 | 163.51 | 192.96 |
| PET de 37.5 μm | 1.45 | 10.83 | 44.87 | 124.90 | 128.68 |
| PET de 20.0 μm | 1.65 | 9.06 | 73.58 | 215.46 | 228.55 |
| Sin acolchado | 0.71 | 4.35 | 28.53 | 80.52 | 106.96 |
| 60% | | | | | |
| PEN de 37.5 μm | 1.43 | 9.58 | 78.03 | 181.36 | 200.83 |
| PEN de 20.0 μm | 1.38 | 8.76 | 84.41 | 151.76 | 158.83 |
| PET de 37.5 μm | 1.26 | 7.19 | 41.30 | 105.51 | 128.03 |
| PET de 20.0 μm | 1.17 | 9.04 | 65.55 | 180.36 | 188.94 |
| Sin acolchado | 0.60 | 3.99 | 15.57 | 68.19 | 98.59 |
| Significancia | | | | | |
| Abatimientos | NS | NS | NS | NS | NS |
| Acolchados | ** | ** | ** | * | * |

** Altamente significativo al 1% de probabilidad

* Significativo al 5% de probabilidad

NS. No significativo

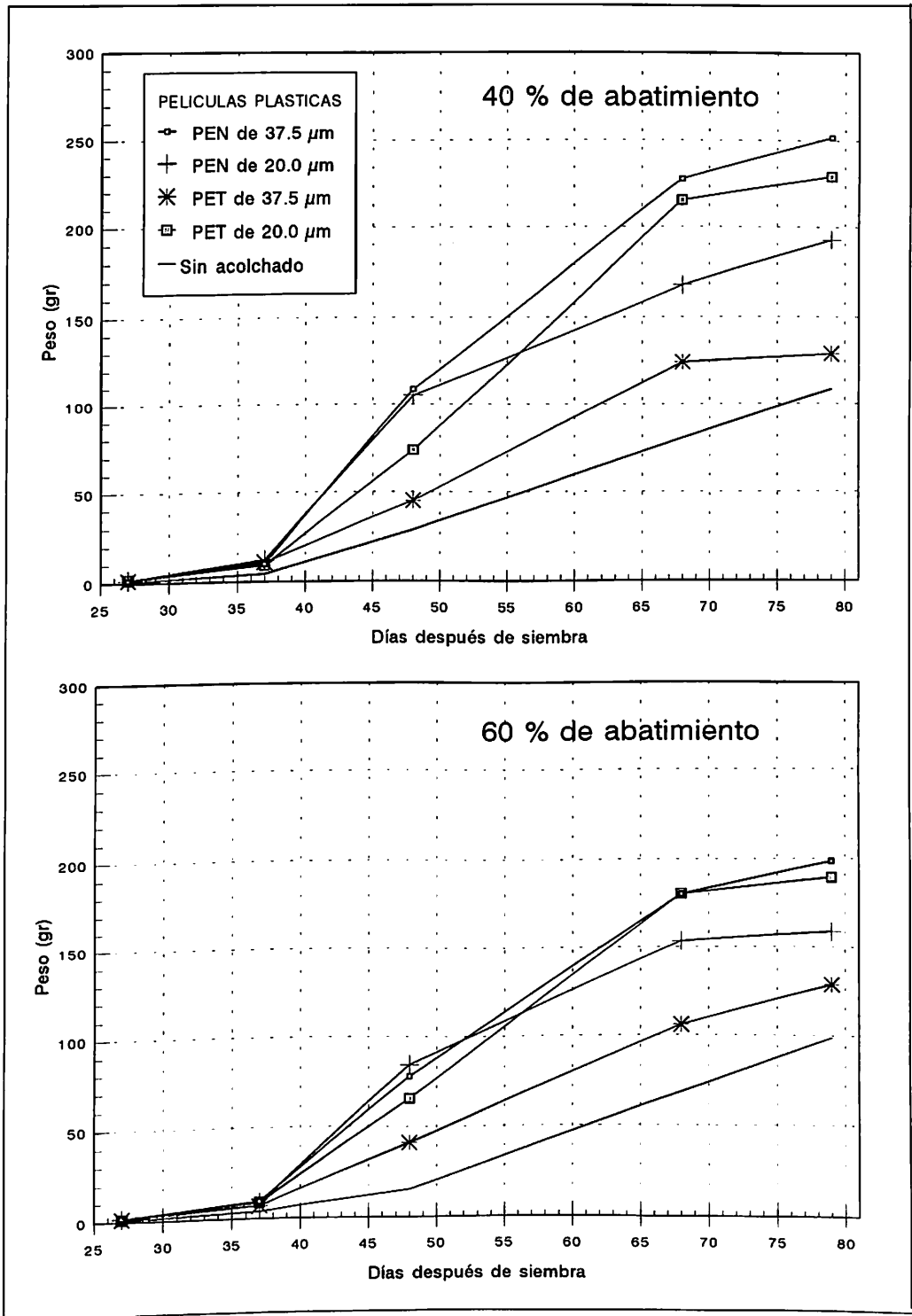


Figura 4.11. Producción de materia seca del cultivo de melón en diferentes películas plásticas, para riegos aplicados al 40% y 60% de consumo de la humedad aprovechable.

Toda las variables fenológicas mencionadas con resultados variados son debidas a la variación de las temperaturas del suelo en cada uno de los tratamientos. Si recordamos lo observado en las temperaturas del suelo en los primeros días después de siembra, con efectos máximos en las acolchados plásticos, la precocidad incremento dando un mayor desarrollo del cultivo en todo los tratamientos acolchados, respecto al tratamiento sin acolchado.

Como es observado en las figuras 4.9 y 4.11 de IAF y producción de materia seca, a partir del segundo muestreo en adelante, a los 37 días después de siembra (en ambos abatimientos), los acolchados incrementaron rápidamente el desarrollo de cultivo como consecuencia de las altas temperaturas del suelo obtenidos previamente. Para los últimos muestreos, sin embargo, en toda las variables mencionados el incremento es ligero en todo los tratamientos plásticos; esto es debido posiblemente a la disminución de los efectos de los acolchados sobre la zona radicular del cultivo, como es notado previamente con el decremento de las temperaturas del suelo en los suelos acolchados. En contraste el tratamiento sin acolchado en los últimos muestreos, tiende aun con líneas ascendentes significantes, esto debido al retraso en la precocidad en todo las variables mencionadas. Lo anterior, es observado tanto en el 40 por ciento como en el 60 por ciento de abatimiento de la humedad aprovechable del suelo.

Rendimiento de fruto de melón: En el cuadro 4.8 se presenta los rendimientos parciales de fruto comercial de melón, cosechados en 11 cortes durante todo el período de cosecha. En toda las cosechas, no presentaron diferencias significantes entre los

abatimientos; y debido a la precocidad obtenida en los acolchados por las altas temperaturas del suelo presentados respecto al testigo, se nota diferencias altamente significativas entre los tratamientos del primer al sexto corte, excepto el quinto corte que presentó solo diferencias significativas; y no presentaron diferencias significativas en el resto de los cortes. Esto es debido a que los rendimientos de los acolchados tienden gradualmente a decrementar por los altos rendimientos que presentan en los primeros cosechas; y mientras que en el tratamiento sin acolchado aumenta en el resto de las cosechas como muestra la figura 4.12 (en ambos abatimientos). Se nota claramente la precocidad de los acolchados contra el tratamiento testigo, con altos rendimientos obtenidos en los primeros dos fechas a los 86 y 97 días después de siembra. Mientras que en las dos últimas fechas 107 y 121 días después de siembra la producción en los acolchados es decrementado e incrementado en los testigos.

Por otro lado la figura 4.13 presenta los rendimientos acumulativos de cada corte. En este se puede recalcar que debido a los incrementos adicionales de temperaturas del suelo en las acolchados, comienzan produciendo altos rendimientos respecto al tratamiento sin acolchado. Esta tendencia es marcadamente consistente con el resto de las cosechas con rendimientos inferiores en los tratamientos sin acolchado en ambos abatimientos. En general se nota, que el rendimiento acumulado es mayor en el PEN de 20.0 μm en el 40 por ciento de abatimiento, sin embargo en el 60 por ciento de abatimiento corresponde al PEN de 37.5 μm .

Cuadro 4.8. Rendimientos parciales de fruto comercial de melón cosechados en 11 cortes, en toneladas por hectárea.

| | D I A S | | D E S P U E S | | | D E | | S I E M B R A | | | |
|------------|---------|-------|---------------|-------|------|-------|------|---------------|------|-------|------|
| | 79 | 83 | 86 | 90 | 93 | 97 | 100 | 107 | 111 | 117 | 121 |
| 40% | | | | | | | | | | | |
| 1 | 5.10 | 12.64 | 9.84 | 9.59 | 3.61 | 6.09 | 1.07 | 2.74 | 5.18 | 5.98 | 4.86 |
| 2 | 6.74 | 8.59 | 11.07 | 10.40 | 8.19 | 3.41 | 0.66 | 6.43 | 4.83 | 7.64 | 7.86 |
| 3 | 2.10 | 2.69 | 3.42 | 9.15 | 8.91 | 13.38 | 3.04 | 4.73 | 2.82 | 12.21 | 6.29 |
| 4 | 4.10 | 4.50 | 7.69 | 9.02 | 6.59 | 4.62 | 2.36 | 6.56 | 1.89 | 12.72 | 5.28 |
| 5 | 0.00 | 0.77 | 0.32 | 0.58 | 2.08 | 5.81 | 3.83 | 6.96 | 5.44 | 8.19 | 4.26 |
| 60% | | | | | | | | | | | |
| 1 | 8.05 | 10.71 | 9.86 | 10.85 | 1.68 | 7.58 | 1.39 | 6.26 | 3.85 | 5.59 | 1.79 |
| 2 | 9.02 | 9.38 | 4.39 | 5.29 | 4.64 | 3.17 | 1.64 | 3.05 | 4.15 | 4.89 | 4.00 |
| 3 | 1.76 | 1.21 | 6.59 | 14.06 | 6.75 | 9.34 | 2.44 | 4.22 | 4.02 | 7.65 | 4.00 |
| 4 | 5.56 | 9.08 | 9.13 | 7.85 | 1.61 | 4.10 | 1.11 | 3.23 | 6.26 | 6.61 | 1.54 |
| 5 | 0.00 | 0.83 | 0.00 | 2.61 | 3.35 | 7.23 | 2.53 | 9.03 | 3.37 | 4.75 | 2.47 |
| S | | | | | | | | | | | |
| A | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| B | ** | ** | ** | ** | * | ** | NS | NS | NS | NS | NS |

** Altamente significativo al 1% de probabilidad

* Significativo al 5 % de probabilidad

NS. No significativo

S. Significancia

A. Abatimientos (factor A)

B. Tratamientos (factor B)

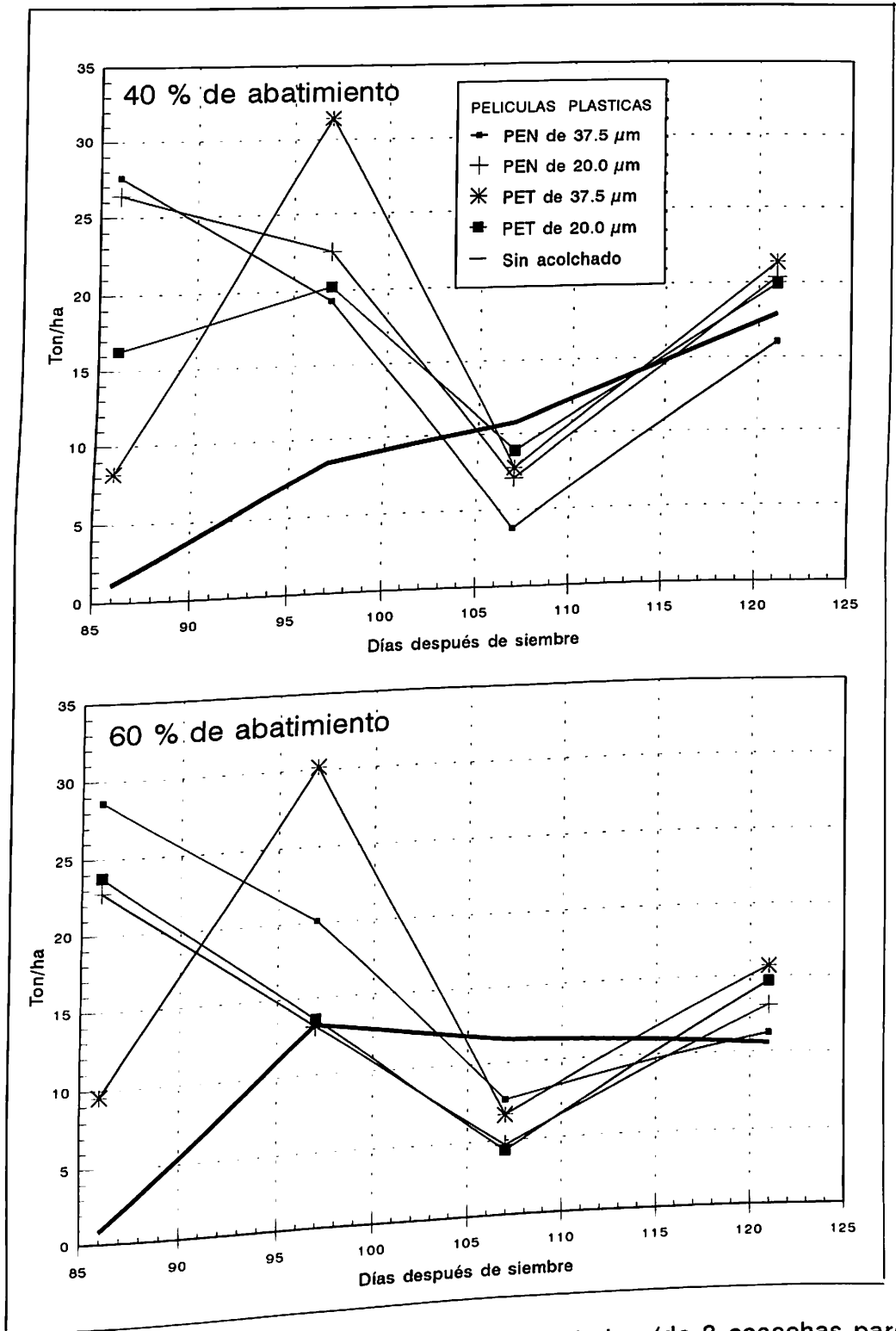


Figura 4.12. Rendimiento comercial de melón acumulados (de 3 cosechas parciales en cada punto de intersección), en diferentes películas plásticas para riegos aplicados al 40% y 60% de consumo de la humedad aprovechable.

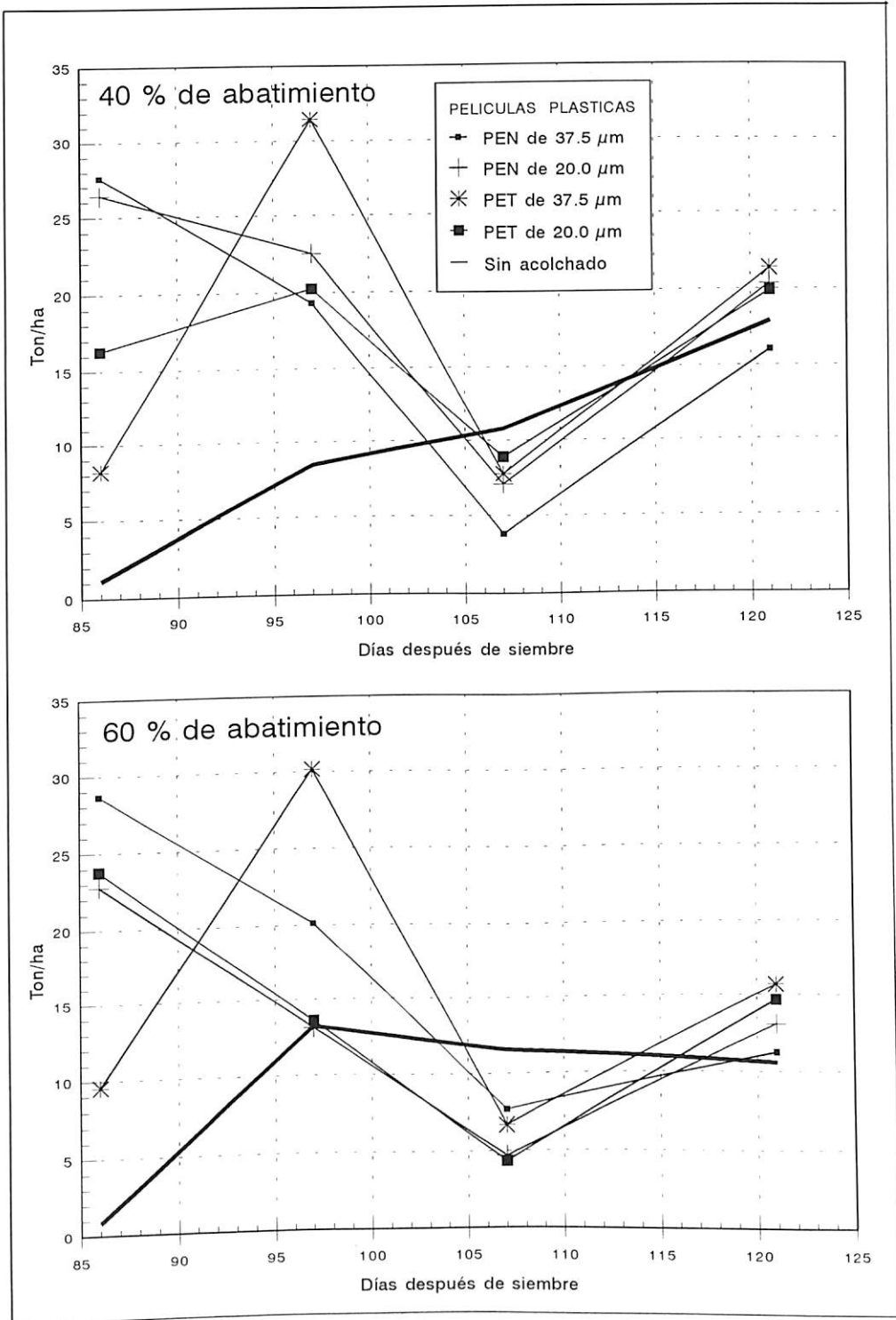


Figura 4.12. Rendimiento comercial de melón acumulados (de 3 cosechas parciales en cada punto de intersección), en diferentes películas plásticas para riegos aplicados al 40% y 60% de consumo de la humedad aprovechable.

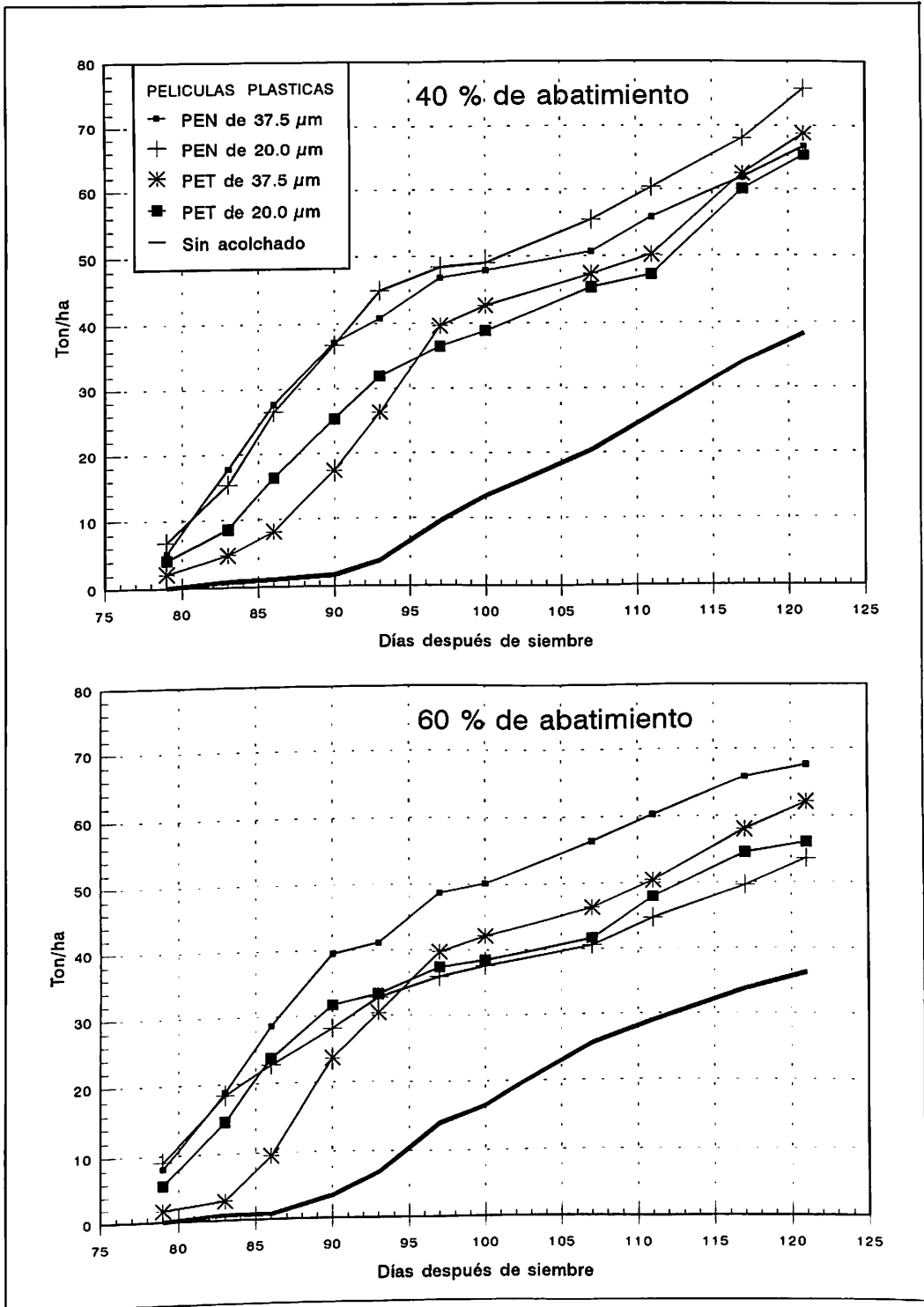


Figura 4.13. Rendimiento comercial de melón acumulado de 11 cortes, en diferentes películas plásticas para riegos aplicados al 40% y 60% de consumo de la humedad aprovechable.

Por lo tanto, la producción total de fruto comercial de melón presentó diferencia altamente significativa entre los tratamientos y no diferencia significativa entre los abatimientos. En la gráfica superior de la figura 4.14, se aprecia mejor que en todo los tratamientos al 40 por ciento de abatimiento presentaron rendimientos mayores que en los tratamientos al 60 por ciento de abatimiento (cuadro 4.9).

Al hacer la comparación en los rendimientos totales entre los mismos tratamientos, en los dos abatimientos. Se encontró que el acolchado PEN de 37.5 μm en el 40 por ciento de abatimiento produjo solo un 2 por ciento más respecto al mismo acolchado en el 60 por ciento de abatimiento; y mientras que el PEN de 20.0 μm al 40 por ciento de abatimiento supero un 41.5 por ciento al mismo plástico en el 60 por ciento de abatimiento. Para las películas transparentes el PET de 37.5 μm en el 40 por ciento de abatimiento alcanzó un 11 por ciento más rendimiento respecto al mismo acolchado en el 60 por ciento de abatimiento; y para el PET de 20.0 μm en el 40 por ciento de abatimiento rindió un 16 por ciento más respecto al acolchado en el 60 por ciento de abatimiento. Por último en los tratamientos sin acolchado, un 6 por ciento más rendimiento se obtuvo en el tratamiento de menor abatimiento respecto al rendimiento obtenido sobre el tratamiento desarrollado con mayor abatimiento.

En general, al comparar los rendimientos de fruto entre los mismos tratamientos en los abatimientos. Se nota claro que en los plásticos de PEN de 20.0 μm se presenta una diferencia más marcada entre los mismos plásticos, respecto a las diferencias observadas en el resto de los plásticos. El menor rendimiento obtenido en el PEN de 20.0

μm en el 60 por ciento de abatimiento, puede deberse a un mal manejo en la operación del agua de riego (taponamiento en las líneas de riego), o a los excesos de temperaturas del suelo que presentó este tratamiento.

En los tratamientos en el 40 por ciento de abatimiento, los acolchados de PEN de 37.5 μm , PEN de 20.0 μm , PET de 37.5 μm y PET de 20.0 μm superan en un 77, 98, 80 y 71 por ciento respectivamente al tratamiento sin acolchado. Algo relativo ocurre en los tratamientos al 60 por ciento de abatimiento con un 84, 48, 72 y 56 por ciento más rendimiento en los acolchados de PEN de 37.5 μm , PEN de 20.0 μm , PET de 37.5 μm y PET de 20.0 μm respectivamente sobre el tratamiento sin acolchado. Por lo tanto, el PEN de 20.0 μm produjo mayor producción (75.877 ton/ha) en el 40 por ciento de abatimiento y el PEN de 37.5 μm (66.612 ton/ha) para el 60 por ciento de abatimiento.

En los acolchados debido a la protección del suelo de los frutos, presentaron una diferencia altamente significativa entre los tratamientos en la producción de frutos de calidad exportación y aunque no presentó diferencias significativas entre abatimientos; sin embargo en la segunda gráfica de la figura 4.14 (de arriba hacia abajo), de la misma forma se nota que en todo los tratamientos en el 40 por ciento de abatimiento presentaron mayores rendimientos. En el 40 por ciento de abatimiento consistiendo el PEN de 20.0 μm (57.131 ton/ha) con mayor rendimiento y el PEN de 37.5 μm (50.119 ton/ha) para el 60 por ciento abatimiento.

Cuadro 4.9. Rendimientos totales de fruto de melón en toneladas por hectárea.

| TRATAMIENTOS | TOTAL | EXPORTACION | NACIONAL | REZAGA |
|---------------------------|--------|-------------|----------|--------|
| 40% | | | | |
| PEN de 37.5 μm | 67.808 | 51.166 | 16.638 | 7.826 |
| PEN de 20.0 μm | 75.877 | 57.131 | 18.746 | 4.639 |
| PET de 37.5 μm | 68.778 | 52.822 | 15.956 | 5.130 |
| PET de 20.0 μm | 65.368 | 51.071 | 14.297 | 4.44.1 |
| Sin Acolchado | 38.295 | 22.973 | 15.322 | 11.566 |
| 60% | | | | |
| PEN de 37.5 μm | 66.612 | 50.119 | 16.493 | 7.931 |
| PEN de 20.0 μm | 53.656 | 40.269 | 13.387 | 8.616 |
| PET de 37.5 μm | 62.117 | 40.457 | 21.660 | 7.521 |
| PET de 20.0 μm | 56.369 | 38.699 | 17.670 | 11.778 |
| Sin Acolchado | 36.213 | 17.487 | 18.726 | 11.670 |
| Significancia | | | | |
| Abatimientos | NS | NS | NS | NS |
| Acolchados | ** | ** | NS | NS |

** Altamente significativo al 1% de probabilidad

NS. No significativo

Mientras que para los rendimientos de frutos de calidad nacional no presentaron diferencias significativas tanto en los tratamientos como entre abatimientos. En la figura 4.14 de rendimientos, sucede algo inverso con mayores rendimientos en los acolchados de color negro en el 40 por ciento de abatimiento respecto a los mismos acolchados en el 60 por ciento de abatimiento; en contraste en los acolchados transparentes y el tratamiento sin acolchado presentaron mayores rendimientos de fruto nacional en el 60

por ciento de abatimiento respecto a los mismos tratamientos en el 40 por ciento de abatimiento.

Por último como se observó en el desarrollo del índice de área foliar, materia seca, longitud de guías y en los rendimientos de frutos, los acolchados de PE transparentes no produjeron rendimientos mayores significantes a pesar de las altas temperaturas del suelo obtenidos respecto las películas de PE de color negro. Esto puede ser a que las altas temperaturas obtenidas en los acolchados transparentes, causaron efectos negativos sobre el desarrollo del cultivo de melón; ya que las temperaturas máximas para el desarrollo óptimo del cultivo de melón es sobre los 30-35°C (Zapata et al., 1989).

Por lo tanto, en la gráfica inferior de la figura 4.14, se aprecia en todos los tratamientos desarrollados sobre el 60 por ciento de abatimiento, presentaron mayores rendimientos de frutos de rezaga que los tratamientos desarrollados sobre el 40 por ciento de abatimiento. La mayor producción de frutos de rezaga en el 60 por ciento de abatimiento, puede ser debido a la menor humedad disponible en el suelo, causando una madurez forzada de los frutos con características físicas que no tienen ningún valor comercial.

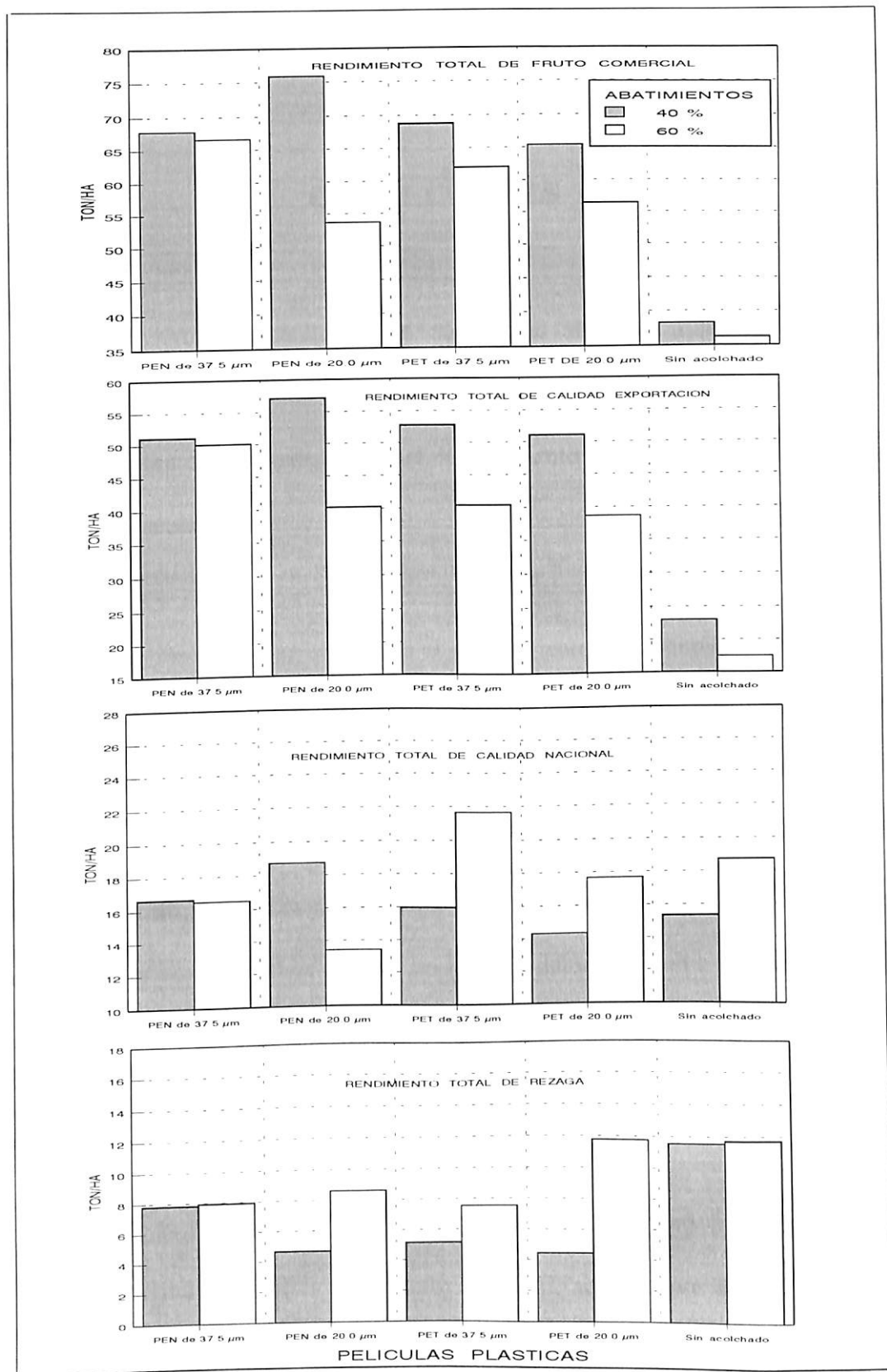


Figura 4.14. Rendimientos totales de fruto de melón comercial; y de calidad exportación, nacional y rezaga, en diferentes películas plásticas, para riegos aplicados al 40 y 60 % de la humedad aprovechable.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron temperaturas del suelo más altas en todo los tratamientos desarrollados en el 60 por ciento de abatimiento de la humedad aprovechable del suelo, que los tratamientos desarrollados sobre el 40 por ciento de abatimiento de la humedad aprovechable del suelo.

Los tratamientos desarrollados en el 40 por ciento de abatimiento de la humedad aprovechable del suelo; las temperaturas del suelo en los inicios de desarrollo del cultivo en las horas picos de algunos días, los plásticos transparente superaron a los plásticos de color negro. En relación a los espesores, en los acolchados transparentes se observó que a mayor espesor de la película presentó mayores temperaturas del suelo respecto a la película de menor espesor. Mientras que en los acolchados de color negro es inverso, a mayor espesor de la película presentó temperaturas del suelo inferiores respecto a la película de menor espesor.

El PET de 37.5 μm en el 40 por ciento de abatimiento fue el que presentó temperaturas del suelo más altas alcanzando los 47°C, seguido por el PET de 20.0 μm con 44°C; y marcadamente inferiores los plásticos de color negro con 35°C en el PEN de 20.0 μm , y el PEN de 37.5 μm con 31°C; y con temperaturas del suelo más inferiores con 25°C en el tratamiento sin acolchado. Resultados similares se observaron en el 60 por

ciento de abatimiento, pero con temperaturas ligeramente superiores en cada uno de los tratamientos respecto a los tratamientos de la parcela al 40 por ciento de abatimiento.

El comportamiento de las temperaturas en los perfiles superficiales del suelo, se encontraron gradientes de temperaturas en las horas picos del día de hasta 6°C entre los 25 y 50 mm de profundidad del suelo; y 3°C entre los 50 y 100 mm de profundidad. Por lo tanto, se concluye que a menor profundidad los gradientes de temperaturas son mayores decreciendo gradualmente respecto a las profundidades.

En toda las variables de producción, se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, mientras que entre los abatimientos no resultaron con diferencias significativas. Sin embargo, en los rendimientos totales los tratamientos desarrollados con mayor humedad del suelo, produjeron rendimientos ligeramente superiores, que los tratamientos desarrollados con menor humedad del suelo.

En rendimientos totales se encontró, que el tratamiento con mayor rendimiento en el 40 por ciento de consumo de la humedad, fue el PEN de 20.0 μm con 75.877 ton/ha, superando en un 98 por ciento al tratamiento sin acolchado en el mismo abatimiento. Mientras que en el 60 por ciento de consumo de la humedad, el tratamiento con mayor producción fue el PEN de 37.5 μm , superando un 84 por ciento al tratamiento sin acolchado en este abatimiento.

RESUMEN

Los acolchados en el campo proporcionan precocidad, mayores rendimientos de los cultivos, frutos de mejor calidad y mayor eficiencia en el uso del agua; estas ventajas son obtenidas por el control que proporcionan en plagas y enfermedades, control de malezas e incrementos en las temperaturas del suelo. En el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al Noreste de Saltillo, Coahuila, con coordenadas geográficas de 27° 27' de Latitud Norte y 101° 02' de Longitud Oeste de Meridiano de Greewich con una altitud de 1610 m, se estableció un trabajo de campo en un diseño experimental en bloques al azar con parcelas divididas en cuatro repeticiones, utilizando películas de polietileno negro de 37.5 μm (PEN de 37.5 μm), polietileno negro de 20.0 μm (PEN de 20.0 μm), polietileno transparente de 37.5 μm (PET de 37.5 μm), polietileno transparente de 20.0 μm (PET de 20.0 μm) y un tratamiento sin acolchado; esto con el objetivo de determinar la influencia de las películas sobre el perfil superficial de temperaturas del suelo, y su relación con el desarrollo y rendimiento de melón. Estos tratamientos fueron evaluados en parcelas de 40 y 60 por ciento de consumo de la humedad aprovechable del suelo (niveles del factor A), dando un total de 10 tratamientos (niveles del factor B).

Las temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad debajo de la superficie de cada tratamiento fueron medidos usando 30 thermocouples de Copper-

Constantan (Solid State Thermocouples, Campbell Scientific Inc), con extensiones que fueron llevados a un 21X MICROLOGGER (Campbell Scientific, Inc.), con ocho canales ampliado a un MULTIPLEXER (AM25T, Campbell Scientific, Inc.) de 25 canales, estas fueron programadas para tomar lecturas a cada 10 segundos para registrar la media de temperaturas a cada 30 minutos. Estas variables de temperaturas fueron medidos consecutivamente durante todo el ciclo del cultivo. También fueron realizadas mediciones de crecimiento del cultivo como: longitud de guías, materia seca, producción de materia seca y rendimiento de melón.

Se registraron temperaturas mayores del suelo en todo los tratamientos desarrollados bajo el 60 por ciento de abatimientos de la humedad aprovechable del suelo, que los tratamientos desarrollados en el 40 por ciento de abatimiento. Los acolchados transparentes presentaron mayores temperaturas del suelo respecto a los acolchados de color negro. En la parcela de mayor humedad en las horas picos de mayor insolación del día, el PET de 37.5 μm alcanzó los 47°C, ligeramente inferior el PET de 20.0 μm con 44°C; y con temperaturas significativamente inferiores en los acolchados de color negro con 35°C en el PEN de 20.0 μm y 31°C para el PEN de 37.5 μm de espesor; y con temperaturas del suelo mucho más inferiores en el tratamiento sin acolchado con 25°C. Una tendencia similar fue observada bajo los tratamientos en la parcela de menor humedad, pero con temperaturas de suelo superiores a los obtenidos en los tratamientos de la parcela de mayor humedad.

En el perfil de temperaturas del suelo fue observado que en la profundidad de 25 mm, debido a la exposición más cercana de la radiación presentó mayores amplitudes de onda, decreciendo gradualmente con el incremento de la profundidad en diferentes magnitudes según el tratamiento.

La respuesta sobre la precocidad de los acolchados en el índice de área foliar, materia seca, longitud de guías y rendimiento de melón se observaron diferencias altamente significativos entre los tratamientos. Mientras que entre los abatimientos de la humedad aprovechable del suelo no se encontraron diferencias significativas; pero sin embargo, en la parcela de mayor humedad presentó rendimientos ligeramente superiores a los obtenidos en la parcela de menor humedad.

En el 40 por ciento de abatimiento en el desarrollo de la cobertura foliar, los acolchados de PEN de 37.5 μm , PEN de 20.0 μm , PET de 37.5 μm y PET de 20.0 μm superaron en un 60, 105, 53 y 119 por ciento respectivamente al tratamiento sin acolchado (2.281 de IAF). En el desarrollo de longitud de guías, los acolchados de PEN de 37.5 μm , PEN de 20.0 μm , PET de 37.5 μm y PET de 20.0 μm desarrollaron un 130, 151, 61 y 98 por ciento respectivamente más longitud que el tratamiento sin acolchado (9.69 m); y en la producción de materia seca de igual manera el PEN de 37.5 μm , PEN de 20.0 μm , PET de 37.5 μm y PET de 20.0 μm produjeron en un 135, 80, 20 y 114 por ciento mayor materia seca respecto al tratamiento sin acolchado (106.96 g/pta).

Por último, en los rendimientos de fruto comercial los acolchados de PEN de 37.5 μm , PEN de 20.0 μm , PET de 37.5 μm y PET de 20.0 μm produjeron un 77, 98, 80 y 71 por ciento respectivamente mayor rendimiento respecto al tratamiento sin acolchado. Algo similar ocurrió en el 60 por ciento de abatimiento de la humedad aprovechable del suelo, pero debido posiblemente a la menor humedad y a los excesos de temperaturas en el suelo produjeron rendimientos ligeramente inferiores a los tratamientos obtenidos en la parcela de mayor humedad del suelo.

LITERATURA CITADA

- Battikhi, A.M. and Y. Ghawi. 1987. Muskmelon production under mulch and trickle irrigation in the Jordan Valley. *HortScience* 22(4):578-580. Jordan, Amman, Jordan.
- Bhella, H.S. 1988. Tomato response to trickle irrigation and black polyethylene mulch. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:543-546. United States of America.
- Decoteau, D.R., M.J. Kasperbauer, D.D. Daniels, and P.G. Hunt. 1988. Plastic mulch color effects on reflected light and tomato plant growth. *Scientia Hort.* 34:169-175. Kansas State University, Manhattan.
- Decoteau, D.R., M.J. Kasperbauer, and P.G. Hunt. 1989. Mulch surface color effects yield of fresh-market tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114:216-219. Kansas State University, Manhattan.
- Dinkel, D.H. 1966. Polyethylene mulches for sweet corn in northern latitudes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 69:497-504. University of Illinois, Urbana, Champaign.
- Dubois, P. 1978. *Plastics in agriculture*. Applied sciences publ. ltd., London. 265 p.
- Emmert, E.M. 1957. Black polyethylene for mulching vegetables. *Pro. Amer. Soc. Hort. Sci.* 69: 464-469. Michigan, State University, East Lansing.
- García, R. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. México, 251 p.
- Garnaud, J.C. 1974. The intensification of horticultural crop production in the mediterranean basin by protected cultivation. FAO of the United Nations, Rome. 26 p.
- Gutiérrez, P.L.A. 1985. Acolchado de suelos con plásticos. Monografía. Ingeniero Agrónomo. UAAAN. Saltillo, Coahuila México. p. 15-28.
- Hall, B.J., and S.T. Besemer. 1972. Agricultural plastics in California. *HortScience* 7:373-378. United States of America.
- Ham, M.J., Kluitenberg, and W.J. Lamont. 1991. Potential impact of plastic mulches on the aboveground plantenvironment. *Proc. Nat. Agr. plastics cong.* 21:63-69. Kansas State University, Manhattan.

- Hanlon, E.A. and G.J. Hochmuth. 1989. Fertilizer recommendations for vegetables grown on polyethylene mulch. Proc. Nat. Agr. plastics cong. 21:165-171. Kansas State University, Manhattan.
- Harris, R.E. 1965. Polyethylene covers and mulches for corn and bean production in northern regions. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci 87:288-294. United States of America.
- Hopen, H.J. 1965. Effects of blank and transparent polyethylene mulches on soil temperature, sweet corn growth and maturity in a cool growing season: Proc. Amer. Soc. Hort. Sci: 86:415-423. Michigan, State University, East Lansing.
- Ibarra, J.L. y Rodríguez P. A. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. Serie: Manuales Agropecuarios. Limusa. México, D. F.
- Kluitenberg, G.J. Ham, J.M. and Lamont W.J. 1991. Effects of aging on the optical properties of plastic mulches. Proc. Nat. Agr. plastics cong. 21:149-154. Kansas State University, Manhattan.
- Lamont, W.J. 1993. Plastics Mulches for the production of Vegetables crops. HortTechnology. Jan/Mar. 3(1). P. 35-38. Kansas State University, Manhattan.
- Liakatas, A., Clark, J.A. and Monteith, J.L., 1986. Measurement of the heat balance under plastic mulches. Part Y. Radiation balance and soil heat flux. Agric. For. Meteorol., 36: 227-239. Kansas State University, Manhattan.
- Loy, B., J. Lindstrom, S. Gordon, D. Rudd, and O.S.Wells. 1989. Theory and development of wavelength selective mulches. Proc. Natl. Agr. Plastics Congr. 21:193-197. University of New Hampshire, Durham.
- Loy, J.B. and O.S. Wells. 1990. Effect of IRT mulches on soil temperature, early vegetative development in muskmelon, and weed growth. Proc. Natl. Agr. Plastics Congr. 22: 19-27. University of New Hampshire, Durham.
- Maiero, M. , F.D. Schales and T.J. Ng. 1987. Genotype and plastic mulch effects on earliness, fruit, characteristics, and yield in muskmelon. Hortscience 22(5):945-946. University of Maryland, College Park, MD.
- Martínez, S.J. 1985. Frecuencia de riego en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) por transplante con y sin acolchado con plástico. Tesis Ingeniero Agrónomo. UAAAN. Saltillo, Coahuila México. p. 45-51.
- Robledo, F. y L. Martín. 1971. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Instituto de plásticos y caucho. 1er. De. Mundi-Prensa. Madrid, España. 265 p.

- Schales, F.D. and R. Sheldrake. 1963. Mulch effects on soil conditions and tomato plant response. Proc. 4th Natl. Agr. Plastics Conf. P. 78-90. University of Illinois, Urbana, Champaign.
- *Schales, F.D. and R. Sheldrake. 1966. Mulch effects on soil conditions and muskmelon response. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 88:245-430. University of Illinois, Urbana, Champaign.
- ♣Splittstoesser, W.E. and J.E. Brown. 1991. Current changes in plasticulture for crop production. 23 rd National agricultural plastics congress. Mobile, Alabama. p:241-251.
- Tanner, C.B. 1974. Microclimatic modification: Basic Concepts. HortScience 9:555-560. United States of America.
- Unger, P. W. 1978. Straw mulch effects on soil temperature and sorghum germination and growth. Agron. J. 70:858-864. University of Jerusalem, Rehovot, Israel.
- Wien H.C. and P.L. Minotti. 1988. Increasing yield of tomatoes with plastic mulch and apex removal. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113:342-347. Kansas State University, Manhattan.
- *Zapata, M., P. Cabrera, S. Bañon y P. Roth. 1989. El melón. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. P. 41-45.