

# PRODUCTIVIDAD Y RENDIMIENTO DE SANDÍA POR EFECTO DEL AGUA EN DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO

J. L. Pérez-González<sup>1\*</sup>; I. Sánchez-Cohen<sup>2</sup>; F. S. Mendoza-Moreno<sup>2</sup>;  
M. A. Inzunza-Ibarra<sup>2</sup>; J. A. Cueto-Wong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10. La Partida, Durango. México. (\*Autor responsable).

<sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. INIFAP, Gómez Palacio, Durango. México. C. P. 35140.

## RESUMEN

Se determinó la productividad generada por el agua, medida como la cantidad de fruto producida (kg) por unidad de volumen de agua consumida (m<sup>3</sup>) y el rendimiento de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) establecida mediante siembra directa o trasplante, con o sin acolchado plástico y riego, con dos criterios de abastecimiento del agua utilizando riego por goteo subterráneo. Los resultados indicaron que estableciendo el cultivo con trasplante a inicio de guías o con dos hojas verdaderas, con acolchado plástico y con riego al 50 % de la evaporación, se obtiene una eficiencia en productividad por efecto del agua de 9.0 y 9.1 kg·m<sup>-3</sup>, respectivamente. En contraste, los tratamientos establecidos mediante siembra directa, sin acolchado e irrigados al 50 % de la evaporación tuvieron una productividad por efecto del agua promedio de 4.0 kg·m<sup>-3</sup>. Los tratamientos acolchados con riego al 60 % de la evaporación presentaron los rendimientos medios de fruto más altos de 52.0 y 51.5 t·ha<sup>-1</sup> con trasplante a dos hojas verdaderas y inicio de guías, respectivamente. El rendimiento de fruto más bajo (22.7 t·ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con siembra directa, sin acolchado y con riego al 60 % de la evaporación acumulada. El acolchado propició un adelanto en la cosecha de siete días en promedio para las tres formas de establecimiento del cultivo. Dentro de los tratamientos acolchados, el trasplante a inicio de guías permitió adelantar la cosecha en 7 y 14 días con respecto al trasplante a dos hojas verdaderas y siembra directa en seco, respectivamente. El adelanto a cosecha más pronunciado de 22 días, ocurrió entre el trasplante a inicio de guías con acolchado y la siembra directa sin acolchado.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** eficiencia en el uso del agua, *Citrullus lanatus* Thunb, fertirriego.

## PRODUCTIVITY AND YIELD OF WATERMELON BY EFFECT OF WATER IN DIFFERENT MANAGEMENT CONDITIONS

## SUMMARY

Water productivity and watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) yield were measured as quantity of fruit produced (kg) per unit of water consumed (m<sup>3</sup>) in plots established by direct sowing (SD) or transplant, with or without plastic mulch, and irrigated considering two irrigation criteria using underground drip irrigation. Results show that establishing the crop by transplanting at "initial handlebar" (IG) or "two true leaves" (HV) stages, with plastic mulch (CA), and irrigated at 50 % pan evaporation (E), productivity was 9.0 and 9.1 kg·m<sup>-3</sup>, respectively. In contrast, crop established by direct sowing, without mulch, and irrigated at 50 % E had a water productivity of 4.0 kg·m<sup>-3</sup>. The highest fruit yields of 52.0 and 51.5 t·ha<sup>-1</sup> were obtained in plots established with HV and IG respectively, with mulch, and irrigated at 60 % E. The lowest yield (22.7 t·ha<sup>-1</sup>) was obtained in plots established by direct sowing, no mulch, and irrigated at 60 % E. Plastic mulch allowed harvest to begin seven days earlier than control treatments. Using transplant at IG allowed harvest to begin 7 to 14 days earlier than transplant at HV or SD, and 22 days earlier than treatments with direct sowing and no plastic mulch.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** water use efficiency, *Citrullus lanatus* Thunb., fertirrigation.

## INTRODUCCIÓN

En México existen actualmente 6.2 millones de hectáreas bajo riego de las cuales sólo 450 mil cuentan con alta tecnificación y el resto opera bajo métodos tradicionales de riego con eficiencias no mayores al 40 % (Ramos, 1997). Por otro lado, de los 258 acuíferos en el

país, 80 se consideran sobre explotados con tasas de abatimiento del nivel estático del agua que oscilan de 0.5 a 2.5 m·año<sup>-1</sup> (Ramos, 1997). En la Comarca Lagunera de México el abatimiento ha sido estimado en 1.5 m·año<sup>-1</sup> (Brouste *et al.*, 1997). Este panorama resalta la importancia del desarrollo de tecnologías agropecuarias que maximicen

la productividad del agua de riego sin comprometer la disponibilidad para futuras generaciones.

En zonas de riego como la Comarca Lagunera, la mayoría de los cultivos tienen poco margen de ganancia bajo los sistemas de producción actuales debido principalmente a los altos costos de extracción del agua del subsuelo (Mendoza *et al.*, 1998a; Vargas, 2000). En esta misma región, la superficie cultivada con especies forrajeras bajo riego ha crecido de manera impresionante pero eso es debido al valor agregado que se logra al utilizarlos localmente en la producción de leche y sus derivados. Sin embargo, hortalizas como chile, melón o sandía siguen siendo alternativas viables siempre y cuando se logren altos niveles de productividad (Mendoza *et al.*, 1998b; Poitsek *et al.*, 1999).

La sandía se cultiva en México principalmente en los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Veracruz (SEMARNAT, 2000). En la Comarca Lagunera, este cultivo contribuye con el 3.5 % del valor total de la producción y 12.8 % del valor de las hortalizas, (SAGAR, 1996). En esta región, al igual que en otras zonas productoras del país, la oportunidad de entrada al mercado es uno de los factores importantes en el precio de la fruta, por lo que con la aparición temprana del producto se obtiene un margen considerable de ganancias.

A este respecto, Ghawi y Battikhi (1986) reportaron que en acolchado blanco, la sandía produjo la mayor cantidad de fruta fresca ( $55.3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) al evapotranspirar 44.3 cm en las condiciones ambientales de Jordania. Estos resultados concuerdan con los de Linares *et al.* (1992), quienes encontraron la respuesta de la sandía usando películas plásticas pigmentadas para acolchar el suelo y riego por goteo en cintilla; concluyeron que con el uso de películas pigmentadas se incrementa significativamente el rendimiento de sandía con respecto al testigo sin acolchar. El más alto rendimiento se presentó con acolchado blanco con  $51.1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  y representó un incremento del 305 % con respecto al testigo sin acolchar. Por otro lado, en el campo experimental de Sonora, México, usando acolchado plástico en dos regímenes de humedad con riego por goteo, la sandía presentó una precocidad de hasta ocho días;

también se reportó un rendimiento de fruto de  $72 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  obtenido con acolchado y con un coeficiente de tina de 0.76, que representó un incremento mayor del 245 % comparado con el testigo sin acolchar (López *et al.*, 1999).

Asimismo, Clark *et al.* (1996) concluyen que el rendimiento de la sandía se incrementa hasta cuatro veces y se mejora significativamente la calidad del fruto cuando se utiliza riego por goteo comparado al riego superficial. Resultados de experimentos de dos años en sandía con riego por goteo y por surcos concluyen que a mayor nivel de reposición de evaporación para aplicar el riego (de 25 a 100 %), se incrementó el contenido relativo de agua, el potencial osmótico y el rendimiento de fruto y decreció la eficiencia en el uso del agua y la temperatura de la planta (Srinivas *et al.*, 1989). Es factible que la sandía con prácticas de manejo tales como acolchados, riego más tecnificado y diferente método de siembra al convencional, se mejore considerablemente su sistema productivo haciéndolo más competitivo con respecto a los demás cultivos sembrados en la región. Los estudios realizados en la Laguna en sandía adolecen de este enfoque por lo cual se planeó este trabajo con los objetivos de determinar el rendimiento de fruta y la productividad del agua de riego en sandía bajo diferentes formas de establecimiento del cultivo y niveles de abastecimiento de agua en parcelas con o sin acolchado plástico evaluando como variable auxiliar, la precocidad producto de la cubierta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo de primavera-verano de 1999 en terrenos del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relaciones-Agua-Suelo-Planta-Atmósfera ubicado en Gómez Palacio, Durango, México, a los  $25^{\circ} 30'$  latitud norte,  $104^{\circ}$  de longitud oeste y 1,135 m de altitud. El clima de la región se clasifica como cálido seco, precipitación media anual de 240 mm; la temperatura media máxima es de  $29^{\circ} \text{C}$  y la media mínima de  $11^{\circ} \text{C}$  (Inzunza, 1993). En el Cuadro 1 se indican las características físicas del suelo donde se llevó a cabo el estudio.

Se evaluaron doce tratamientos (Cuadro 2) que resultaron de la combinación de tres sistemas de

**CUADRO 1. Características físicas del suelo donde se realizó el estudio.**

Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura <sup>2</sup>	Capacidad de Campo (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Densidad Aparente ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )
0 a 30	41.4	29.4	29.2	Migajón arcilloso	30.6	15.9	1.3
30 a 60	39.0	31.8	29.2	Migajón arcilloso	30.0	14.7	1.2
60 a 90	41.4	35.4	23.2	Franco	29.3	14.4	1.3

<sup>2</sup>Fuente: Moran (2001).

establecimiento del cultivo: siembra directa (SD), trasplante a dos hojas verdaderas (HV) o trasplante a inicio de guías (IG); dos niveles de acolchado plástico: con acolchado (CA) o sin acolchado (SA); y dos criterios de riego: regar para reponer el equivalente a 50 (50 E) o 60 % (60 E) de la evaporación diaria medida en un tanque evaporímetro Tipo "A" (López *et al.*, 1999).

Los tratamientos fueron establecidos en el campo de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental consistió de una superficie de 15 m de ancho por 10 m de longitud. A lo largo de cada parcela se establecieron tres líneas regantes (5 m de separación entre líneas) con las que se regaron dos hileras de plantas con cada una, con una separación de 0.15 m entre la hilera de plantas y la línea regante (0.3 m entre hileras de plantas) y de 0.75 m entre plantas.

El sistema de riego consistió en goteo tipo cinta de 16 mm de diámetro, 0.381 mm de espesor y rango de presión de operación de 0.5 a 1.1 kg·cm<sup>-2</sup>, con cinco emisores por metro lineal. El sistema se operó a la máxima presión permisible de la cintilla empleada con lo que se obtuvo un gasto de 3.5 litro·h<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup>. Las diferentes cantidades de agua en los tratamientos estudiados se controlaron mediante la instalación de válvulas de 1.25 cm de diámetro colocadas en cada parcela experimental. El bulbo de humedecimiento consistió en la formación de una franja humedecida de 40 cm de ancho a través de la línea regante que cubre las dos hileras de plantas en cada línea regante.

El acolchado plástico consistió de polietileno negro calibre 150 (150 micras de espesor) y 1.2 m de ancho, el cual se colocó en las parcelas correspondientes después de la instalación del sistema de riego y antes del inicio de la siembra directa o trasplante de los tres métodos de establecimiento del cultivo. La siembra directa se realizó en seco y en forma manual el 22 de marzo. Inmediatamente después de la siembra se inició la aplicación del riego. La plántulas para los tratamientos de trasplante a inicio de guías se sembraron el 12 de febrero en macetas de polietileno de 8 cm de diámetro por 20 cm de longitud, rellenas con peat moss comercial y se mantuvieron en un invernadero con cubierta plástica. El trasplante en campo se efectuó el 23 y 24 de marzo en suelo previamente humedecido. La siembra para la obtención de plántulas para los tratamientos de trasplante a dos hojas verdaderas se llevó a cabo el 25 de febrero en charolas de germinación de poliestireno utilizando turba ("peat moss") comercial como sustrato. Al igual que en el caso anterior, estas plántulas se mantuvieron en invernadero hasta su trasplante en campo el 25 de marzo en suelo previamente con riego. El híbrido utilizado fue 'Peacock WR-124'. La población establecida en todos los casos fue de 5,333 plantas·ha<sup>-1</sup>. Todos los tratamientos recibieron 160 y 80 kg·ha<sup>-1</sup> de N, y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. La cantidad total de ambos nutrimentos se dividió en ocho fracciones similares, las cuales se aplicaron cada 10 o 12 días a través del ciclo vegetativo

del cultivo en forma de solución en el agua de riego. La solución de fertilizantes concentrada se introdujo al sistema mediante una bomba inyectora de 1 hp con rotámetro marca Rex, como medidor del caudal de inyección. Los fertilizantes usados fueron urea (46 % de N) y una formulación líquida comercial (5-30-00) conteniendo 5 y 30 % en peso de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

**CUADRO 2. Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de sandía a intemperie en la Región Lagunera, Durango, México.**

Tratamiento	Siembra o Trasplante	Acolchado	Criterio de Riego (% de Evaporación)
SDCA50E	Directa	Con	50
SDSA50E	Directa	Sin	50
SDCA60E	Directa	Con	60
SDSA60E	Directa	Sin	60
HVCA50E	A dos hojas verdaderas	Con	50
HVSA50E	A dos hojas verdaderas	Sin	50
HVCA60E	A dos hojas verdaderas	Con	60
HVSA60E	A dos hojas verdaderas	Sin	60
IGCA50E	A inicio de guías	Con	50
IGSA50E	A inicio de guías	Sin	50
IGCA60E	A inicio de guías	Con	60
IGSA60E	A inicio de guías	Sin	60

Las variables respuesta consideradas para el estudio fueron el rendimiento de fruta y la productividad del agua. El rendimiento de fruta se obtuvo al pesar todos los frutos cosechados en una parcela que consistió de las dos hileras de plantas colocadas a ambos lados de la línea regante central de cada parcela (5 x 10 m<sup>2</sup>). La productividad del agua se determinó dividiendo el peso fresco cosechado (kg) de cada tratamiento entre el volumen de agua consumido (m<sup>3</sup>). Como variable coasociada, se determinó la temperatura en el suelo a 30 cm de profundidad en una repetición de cada uno de los tratamientos, para lo cual se utilizaron geotermómetros modelo 107-L50; otras variables fueron el área foliar y la materia seca por planta que se evaluaron de manera destructiva seis veces durante el ciclo del cultivo en una de las repeticiones de cada tratamiento y la precocidad en días a cosecha. Se utilizó un medidor de área foliar con proyección de imagen a través de cámara, marca Ikegami modelo pm-930 type II. La materia seca se determinó pesando una planta completa una vez que ésta llegó a peso constante en un horno de secado convencional marca Felisa ajustado a 65 °C.

Se utilizó el procedimiento LSMEANS de SAS ( $P \leq 0.05$ ) para realizar el análisis de varianza y la separación de medias como factorial 3x2x2 para las variables respuesta producción en t·ha<sup>-1</sup> y productividad del agua en kg·m<sup>-3</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza para la variable rendimiento de fruta fresca en  $t\cdot ha^{-1}$  son mostrados en el Cuadro 3. Se observa alta significancia para los tres factores estudiados (A, B y C). La interacción de métodos de siembra con niveles de acolchado (AxB), también tuvo diferencias altamente significativas. El análisis también mostró que no existe significancia para las interacciones dobles correspondientes a métodos de siembra con porcentajes de evaporación (AxC) y niveles de acolchado con porcentajes de evaporación (BxC). Finalmente, la interacción triple no fue significativa.

En forma similar, para la variable productividad generado por el agua ( $kg\cdot m^{-3}$ ) se realizó el análisis de varianza el cual es mostrado en el Cuadro 4. Se encontró diferencias altamente significativas para los factores métodos de siembra (A) y niveles de acolchado (B), sin embargo, para porcentajes de evaporación (C) no presentó significancia estadística. Con respecto a las interacciones el análisis mostró diferencias altamente significativas para la doble interacción AxB y significancia para la interacción BxC, sin embargo, para las interacciones AxC y AxBxC no presentaron diferencias significativas.

**CUADRO 3. Análisis de varianza para el factorial 3x2x2 (AxBxC) para la variable  $t\cdot ha^{-1}$  en el cultivo de sandía.**

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	P>F
A	2	1603.736006	801.868003	45.02	0.0001
B	1	2710.937778	2710.937778	152.20	0.0001
C	1	153.429511	153.429511	8.61	0.0072
AxB	2	445.098872	222.549436	12.49	0.0002
AxC	2	0.018006	0.009003	0.00	0.9995
BxC	1	30.839511	30.839511	1.73	0.2007
AxBxC	2	17.574072	8.787036	0.49	0.6166
Error	24	427.477933	17.811581		
Total	35	5389.111689			

A: Método de siembra; B: Niveles de acolchado; C: Criterios de riego; C.V. = 11.76 %

**CUADRO 4. Análisis de varianza para el factorial 3x2x2 (AxBxC) para la variable  $kg\cdot m^{-3}$  en el cultivo de sandía.**

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculada	P>F
A	2	49.69361667	24.84680833	45.95	0.0001
B	1	85.59333611	85.59333611	158.29	0.0001
C	1	1.58340278	1.58340278	2.93	0.0999
AxB	2	14.23803889	7.11901944	13.17	0.0001
AxC	2	0.43123889	0.21561944	0.40	0.6755
BxC	1	3.27006944	3.27006944	6.05	0.0215
AxBxC	2	1.13357222	0.56678611	1.05	0.3661
Error	24	12.97800000	0.54075000		
Total	35	168.92127500			

A: Método de siembra; B: Niveles de acolchado; C: Criterios de riego; C.V. = 11.72 %

Con base en los datos del Cuadro 5, es factible obtener un promedio de  $14.1 t\cdot ha^{-1}$  (53.5 %) de fruta en fresco adicional con alguno de los métodos de establecimiento por trasplante, con respecto al método de siembra directa. La productividad generada por el agua es superior estadísticamente en los métodos de trasplante, con respecto a la siembra directa, ya que se obtiene un incremento de  $2.48 kg\cdot m^{-3}$  de fruta en fresco (53.78 %). Se deduce que fue causado por las condiciones ambientales generadas en el invernadero en las plántulas para trasplante (temperaturas que oscilaron entre 6 y 40 °C durante 40 días) que propiciaron un desarrollo adecuado en las plantas que se tradujo en incrementos en la producción y productividad del agua.

**CUADRO 5. Comparación de medias de peso producción de fruta de sandía ( $t\cdot ha^{-1}$ ) y de productividad generada por el agua ( $kg\cdot m^{-3}$ ), para métodos de siembra, niveles de acolchado y criterios de aplicación de agua.**

Tratamiento	Producción ( $t\cdot ha^{-1}$ )	Productividad Generada por el Agua ( $kg\cdot m^{-3}$ )
<b>Métodos de Siembra</b>		
Transplante a dos hojas verdadera	41.03 a <sup>z</sup>	7.18 a
Transplante a Inicio de Guías	40.15 a	7.03 a
Siembra directa	26.45 b	4.62 b
<b>Acolchado</b>		
Con acolchado	44.55 a	7.82 a
Sin acolchado	27.2 b	4.73 b
<b>Criterio de Riego</b>		
60 % de evaporación	37.9 a	6.1 a
50 % de evaporación	33.8 b	6.5 a

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de columna y en cada factor son iguales de acuerdo a la prueba de LSD a una  $P\leq 0.05$

El efecto del acolchado, presentó un incremento de  $17.3 t\cdot ha^{-1}$  (64 %) y  $3.1 kg\cdot m^{-3}$  (65.3 %) con respecto a los tratamientos sin acolchado (SA). Estos resultados se deben al incremento de materia seca y área foliar causados por la mayor disponibilidad de nutrimentos por el incremento de la temperatura del suelo en los tratamientos acolchados, esto coincide con Quezada *et al.* (2002) e Ibarra y Rodríguez (1991).

El rendimiento también fue afectado por el criterio de riego. En promedio, regar a 60 % de la evaporación (60 E) produjo  $4.1 t\cdot ha^{-1}$  (12 %) más que regar al 50 % de la evaporación (50 E). Sin embargo, para la productividad del agua, la mínima diferencia de  $0.4 kg\cdot m^{-3}$  no representó un incremento estadístico que al regar al 50 o al 60 E (Cuadro 5). Lo anterior se debió a que los niveles de riego ensayados fueron muy cercanos para generar diferencias en la productividad del agua.



Al analizar las interacciones se deduce que el efecto del acolchado fue mucho más pronunciado en los tratamientos que se establecieron mediante trasplante (Cuadro 6). El rendimiento de fruta en el trasplante a HV e IG superó en 21.8 y 21.3 t·ha<sup>-1</sup> (72.3 y 70.8 %), respectivamente, a los tratamientos de siembra directa (SD). En cambio, en los tratamientos sin acolchar (SA), el efecto del trasplante (HV e IG) superó en 7.3 y 6.0 t·ha<sup>-1</sup> (32.3 y 26.6 %) con respecto a la siembra directa.

El acolchado incrementa significativamente la productividad generada por el agua (Cuadro 6). En promedio, los métodos de trasplante HV e IG con acolchado tuvieron una productividad de 9.1 kg·m<sup>-3</sup> de agua aplicada que representó un 72.7 % superior a la productividad de 5.27 kg·m<sup>-3</sup> del tratamiento de SD con acolchado. Los métodos de trasplante (Cuadro 6) también superaron a la siembra directa en tratamientos sin acolchar en 29.3 % (5.12 vs. 3.96 kg·m<sup>-3</sup>). Estos resultados fueron tanto por el efecto del desarrollo adecuado de las plántulas para trasplante ubicadas en el invernadero y al incremento de materia seca y área foliar causado por el incremento de la temperatura del suelo en los tratamientos acolchados que juntos sumaron para una mayor producción y productividad del agua.

**CUADRO 6. Medias de eficiencia de agua aplicada respecto al rendimiento de sandía (kg·m<sup>-3</sup>) la interacción métodos de siembra y niveles de acolchado.**

Tratamiento	Con Acolchado (t·ha <sup>-1</sup> )	Sin Acolchado (t·ha <sup>-1</sup> )	Con Acolchado (kg·m <sup>-3</sup> )	Sin Acolchado (kg·m <sup>-3</sup> )
Trasplante a dos hojas	51.98 a <sup>z</sup>	30.08 a	9.14 a	5.23 a
Trasplante a inicio de gotas	51.51 a	28.78 a	9.05 a	5.01 a
Siembra directa	30.16 b	22.74 b	5.27 b	3.96 b

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba LSD a una P≤0.05

Con relación a la interacción entre niveles de acolchado (con y sin) y porcentajes de evaporación (50 E y 60 E) se encontró que los tratamientos desarrollados bajo acolchado y con riego al 50 y 60 % de la evaporación, superaron estadísticamente en 3.7 y 2.5 kg·m<sup>-3</sup> (79.3 y 51.4 %), respectivamente, con respecto a los tratamientos sin acolchar (Cuadro 7). Esto debido a que el cultivo es más eficiente en utilizar el agua con acolchado plástico, dado que se limita la evaporación directa del suelo y posiblemente una mayor disponibilidad de nutrientes generados por el incremento de la temperatura del suelo.

Una ventaja adicional del uso de acolchado se reflejó en la precocidad del cultivo (Cuadro 8). Los tratamientos desarrollados bajo acolchado en los tres métodos de siembra (HV, IG y SD) presentaron un adelanto en cosecha

**CUADRO 7. Medias de eficiencia de agua aplicada respecto al rendimiento de sandía (kg·m<sup>-3</sup>) para la interacción de niveles de acolchado y niveles de evaporación 50 y 60 %.**

Acolchado	Evaporación al 50 % (kg·m <sup>-3</sup> )	Evaporación al 60 % (kg·m <sup>-3</sup> )
Con	8.32 a <sup>z</sup>	7.30 a
Sin	4.64 b	4.82 b

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de LSD a una P≤0.05.

**CUADRO 8. Inicio de cosecha del cultivo de sandía mediante riego por cintilla con y sin acolchado plástico, tipo de siembra y criterio de riego con base a evaporación.**

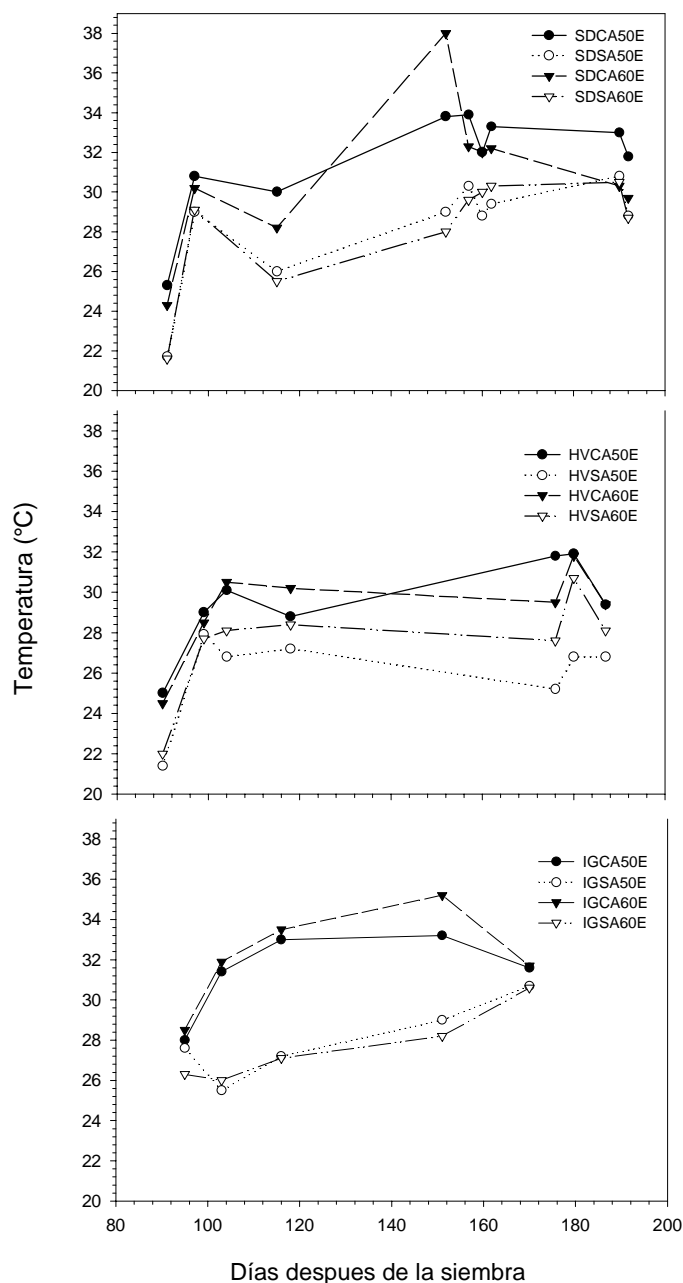
Tratamiento	Fecha	Inicio de Cosecha	Días Después del Establecimiento	Precocidad
SDCA50E	22 de	14 de	84	
SDCA60E	Marzo	Junio		7
SDSA50E	22 de	22 de		
SDSA60E	Marzo	Junio	92	
HVCA50E	24 de	07 de	75	
HVCA60E	Marzo	Junio		7
HVSA50E	24 de	14 de		
HVSA60E	Marzo	Junio	82	
IGCA50E	24 de	31 de	68	
IGCA60E	Marzo	Mayo		7
IGSA50E	24 de	07 de		
IGSA60E	Marzo	Junio	75	

SD: Siembra directa; HV: Trasplante a dos hojas verdaderas; IG: Trasplante a inicio de guías; CA: Con acolchado; SA: Sin acolchado; 50 E: Evaporación al 50 %; 60 E: Evaporación al 60 %

de siete días con respecto a los tratamientos sin cobertura plástica.

Los tratamientos con acolchado en el método de siembra IG, presentaron un adelanto en cosecha de 7 y 14 días con respecto a los tratamientos con acolchado establecidos a HV y SD, respectivamente. En el tratamiento SDSA independientemente del nivel de evaporación, la cosecha se inició 22 días después del tratamiento arriba referido.

Los incrementos en rendimiento y el adelanto en la cosecha obtenidos se asocian con el incremento en la temperatura del suelo inducidos por el acolchado y con el establecimiento por trasplante. La temperatura del suelo fue mayor en los tratamientos CA con respecto a los SA en intervalos de 1 a 5, 1.9 a 6.4 y de 1 a 6.4 °C para los métodos de siembra (SD, HV e IG), respectivamente (Figura 1). Resultados similares han sido reportados por López *et al.* (1998). En sandía se ha encontrado que el empleo del acolchado plástico influye de manera significativa en la



**Figura 1.** Temperatura máxima del suelo a 30 cm para los métodos de siembra de sandía: siembra directa (SD); trasplante a dos hojas verdaderas (HV); trasplante a inicio de guías (IG); con acolchado (CA), sin acolchado (SA) y bajo dos criterios de riego 50 E: Evaporación al 50 %; 60 E: Evaporación al 60 %.

respuesta del cultivo, ya que al incrementar la temperatura del suelo se produce un adelanto de la cosecha de ocho días con respecto al método tradicional sin acolchar y permite incrementar el rendimiento hasta 253.8 %, con sólo 35.7 cm de lámina de riego (López *et al.*, 1999). Relacionado con lo anterior, Quezada *et al.* (1992) encontraron un incremento en la temperatura del suelo que propició una mayor disponibilidad de nutrientes, principalmente de nitrógeno y concluye que la utilización de acolchado plástico incrementa la disponibilidad de los nutrientes.

Similarmemente, Ibarra y Rodríguez (1991) señalaron que el alto grado de impermeabilidad ocasionado por un acolchado plástico reduce drásticamente la evaporación del agua del suelo y que se incrementa la disponibilidad de los nutrientes en el suelo.

Acorde a los resultados, el uso de acolchado plástico aunado al riego localizado son una buena opción para los productores en cuanto a adelanto de cosecha e incremento en rendimiento y productividad del agua de riego. Esto adquiere relevancia en sistemas productivos con agua de bombeo por los costos de la energía.

Sin embargo, es necesario continuar con estudios concernientes al impacto del color del plástico en las variables respuesta estudiadas añadiendo variables del balance de energía y variables de termodinámica en el suelo. Esto ayudaría a establecer recomendaciones en cuanto a color de cubiertas plásticas en diferentes regiones productoras de sandía con distinta disponibilidad de radiación solar incidente.

Se observó que los tratamientos acolchados presentaron mayor área foliar (Figura 2). Esto pudo haber sido causado por una mayor disponibilidad de nutrientes como lo reportaron Quezada *et al.* (2002) e Ibarra y Rodríguez (1991).

Por otro lado, la producción de materia seca (Figura 3) en los tratamientos con acolchado en siembra directa presentaron incrementos de 194 % con respecto a los tratamientos SDSA. En trasplante a HVCA presenta un incremento de 86.4 % con respecto al trasplante a HVSA. Finalmente, el trasplante IGCA tiene un incremento de 193 % con respecto a IGSA.

Es importante resaltar que los incrementos en área foliar y en materia seca en los tratamientos acolchados coincidieron con la mayor producción de fruta fresca. En cambio en los tratamientos sin acolchar, que tuvieron menor área foliar y producción de materia seca, presentaron la menor producción de fruta fresca.

## CONCLUSIONES

Los tratamientos acolchados presentaron los mayores rendimientos medios de sandía (51.5 a 52.0 t·ha<sup>-1</sup>) con trasplante a dos hojas verdaderas e inicio de guías, respectivamente, y con riego al 60 % de la evaporación de un tanque tipo "A".

Los valores más altos de productividad del agua (9.0 a 9.1 kg·m<sup>-3</sup>) se obtuvieron con acolchado, trasplante y al 50 % de la evaporación.

Al hacer el análisis estadístico como factorial se observó que tanto en producción t·ha<sup>-1</sup> como productividad

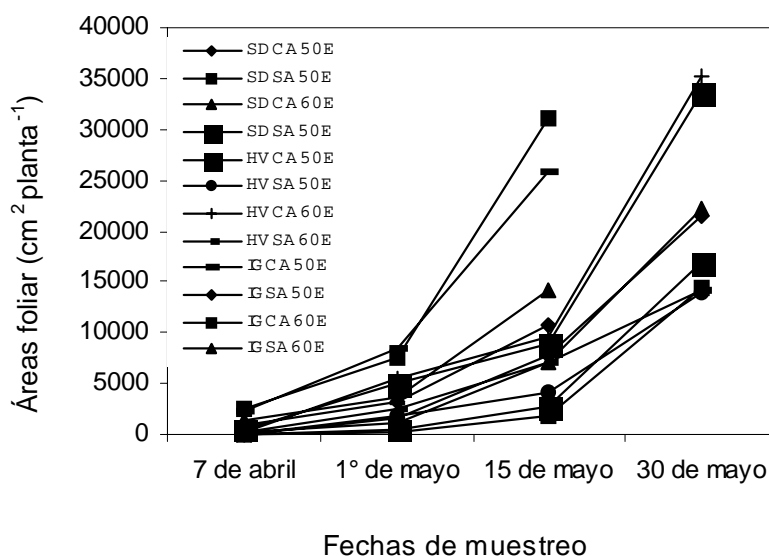


Figura 2. Área foliar de sandía en diferentes fechas de muestreo producto de los tratamientos estudiados. SD: Siembra directa; SA: Sin acolchado; CA: Acolchado; HV: Transplante a dos hojas verdaderas; IG: Transplante a inicio de guías; 50E: Evaporación al 50 %; 60E: Evaporación al 60 %.

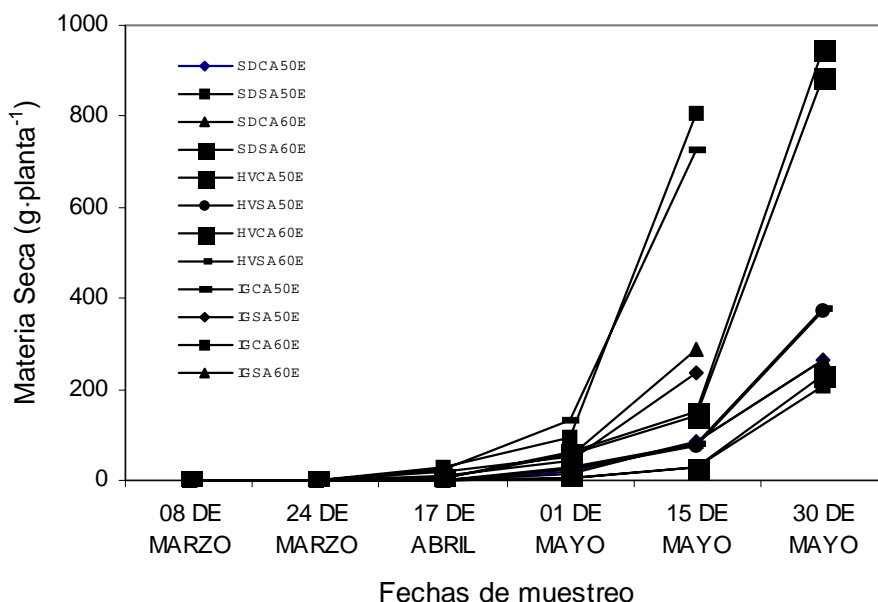


Figura 3. Materia seca de plantas de sandía en diferentes fechas de muestreo producto de los tratamientos estudiados SD: Siembra directa; SA: Sin acolchado; CA: Acolchado; HV: Transplante a dos hojas verdaderas; IG: Transplante a inicio de guías; 50E: Evaporación al 50 %; 60E: Evaporación al 60 %.

generada por el agua, las dos variantes del trasplante fueron superiores a la siembra directa. El acolchado fue superior a los tratamientos sin acolchar. El 60 % de la evaporación fue superior al 50 % únicamente en la variable respuesta.

Con respecto a la interacción, método de siembra y niveles de acolchado, el trasplante resultó superior a la siembra directa tanto para la producción de fruta fresca como para la productividad del agua. La interacción de niveles de acolchado y niveles de evaporación, el acolchado fue superior a sin acolchar en los dos niveles de evaporación.

Los tratamientos con acolchado adelantan el inicio de la cosecha en siete días en promedio con respecto a los tratamientos sin cobertura plástica. El establecimiento de la sandía con acolchado y trasplante a inicio de guías permite adelantar la cosecha 7 y 14 días con respecto al trasplante a dos hojas verdaderas y siembra directa con acolchado, respectivamente y 22 días con respecto a la siembra directa y sin acolchado. Los altos rendimientos y productividad generada por el agua son atribuidos al incremento en la temperatura del suelo generado por el acolchado plástico y al establecimiento del cultivo mediante trasplante.

## LITERATURA CITADA

- BROUSTE, L.; MARLIN, CH.; DEVER, L.; GONZALEZ B., J. L. 1997. Hidroquímica y Geoquímica Isotópica del Manto Freático de la Comarca Lagunera (norte de México). 25 aniversario del CENID-RASPA, INIFAP. Gómez Palacio, Durango. México. 90 p.
- CLARK, G. A.; MAYNARD, D. N.; STANLEY, S.D. 1996. Drip-irrigation management for watermelon in a humid region. Appl. Eng. Agric. 12(3): 335-340.
- GHAWI, I.; BATTIKHI, A.M. 1986. Watermelon (*Citrullus lanatus*) production under mulch and trickle irrigation in the Jordan Valley. J. Agronomy & Crop Science 156: 225-236.
- IBARRA, M.; RODRÍGUEZ, S., F. 1991. Manual de Agropásticos 1. Acolchado de Cultivos Hortícolas. p. 2.
- INZUNZA I., M. A. 1993. Respuesta de la alfalfa a diferentes contenidos de humedad del suelo informes de investigación, CENID RASPA INIFAP. Gómez Palacio Durango. México. 169 p.
- LINARES O., H.; QUEZADA M., R.; FLORES V., J.; ARIAS G., G. 1992. Respuesta del cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*, Thunb.) a la aplicación de películas de plástico pigmentadas en acolchado en suelo. Memoria del XXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Guerrero. México. p. 539.
- LÓPEZ E., J.; FLORES A., J. A.; GARCÍA O., S. 1998. El Acolchado plástico en la producción de calabacita. Memoria del VIII Congreso Nacional de Irrigación y III Seminario Internacional de Transferencia de Sistemas de Riego. Región Lagunera, México. pp. 383-386.
- LÓPEZ E., J.; SAMANI, Z. A.; PRECIADO F., F. A.; ÁLVAREZ A., A.; VALENZUELA C., P. 1999. Evaluación de dos coeficientes de tina en sandía, bajo acolchado plástico. Memoria del IX Congreso Nacional de Irrigación. Asociación Nacional de Especialistas en Irrigación. Culiacán, Sinaloa, México. pp. 11-16.
- MENDOZA M., S. F.; MARTÍNEZ S., J.; POTISEK T., M. C.; GARCÍA H., G. 1998. Productividad del Agua en algodónero bajo un Sistema de producción con riego por cintilla y acolchado plástico. Memoria del VIII Congreso Nacional de Irrigación y III Seminario Internacional de Transferencia de Sistemas de Riego. Región Lagunera, México. pp. 3107-3110.
- MENDOZA M., S. F.; POTISEK T., M. C.; GARCÍA H., G.; MARTÍNEZ S., J. 1998. producción de chile jalapeño con riego por cintilla. Memoria del VIII Congreso Nacional de Irrigación y III Seminario Internacional de Transferencia de Sistema de Riego. Región Lagunera, México. pp. 393-395.
- MONTAÑO G., R. A.; VALDÉZ T., L. C.; ZAVALA R., G. 1996. Evaluación técnica de 2 bulbos de humedecimiento y 3 colores de acolchado en la producción de sandía en el Valle del Yaqui, Sonora XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregón, Sonora, México. p. 27.
- MORAN M., R. 2001. Interacción agua-nutrientes en tres sistemas de producción en sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.). Tesis profesional. URUZA, Universidad Autónoma Chapingo. México. p. 27.
- POTISEK T., M. C.; MENDOZA M., S. F.; GONZÁLEZ B., J. L., 1999. Producción de Chile Jalapeño Bajo Riego Por Cintilla Subsuperficial, en Dos Regímenes de Humedad y Acolchado Plástico. IX Congreso Nacional de Irrigación. Asociación Nacional de Especialidades en irrigación. Simposio 1 Ingeniería de Riego. Culiacán, Sinaloa, México. pp. 155-158.
- QUEZADA M., R.; MUNGUÍA L., J.; IBARRA J., L. 1991-1992. Efecto del acolchado de suelo en la movilización de nutrientes en el cultivo de pepino. Memoria del XXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Acapulco Guerrero, México. p. 179.
- RAMOS V., C. O. 1997. Tecnificación del riego en México. 2<sup>do</sup> Simposium Internacional de Ferti-irrigación. Querétaro, Querétaro, México. pp. 7-14.
- SAGAR. 1996. Anuario estadístico de la producción agropecuaria. Región Lagunera. Cd. Lerdo, Durango, México. pp. 5-15.
- SEMARNAT. 2000. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego año agrícola 1999-2000. Informe estadístico 2. CONAGUA. D. F., México. pp. 255-256.
- SRINIVAS, K., HEGDE, D. M.; HAVANAGI, V. 1989. Plant water relations, canopy temperature, yield and water-use efficiency of watermelon *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum et Nakai under drip and furrow irrigation. J. Hort. Sci. 64(1): 115-124.
- VARGAS A., J. A. 2000. Producción de melón (*Cucumis melo* L.) mediante acolchado plástico y riego por cintilla. Tesis profesional. URUZA, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. México. pp. 12-30.