

Productividad del ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo, México

Marco Antonio Huez López¹

F. A. Preciado

Jesús López-Elías

A. Álvarez

J. Jiménez

P. Valenzuela

RESUMEN

Este estudio fue realizado para determinar la evapotranspiración (ET) de ajo a partir de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y de coeficientes de cultivos (K_c) y establecer la relación entre la ET (consumo de agua) y el rendimiento y diámetro de bulbo, además se evaluó la eficiencia en el uso del agua (EUA). Tres diferentes densidades de plantación, 310,000 (D1), 460,000 (D2) y 625,000 (D3) plantas ha⁻¹ fueron irrigadas bajo tres esquemas de riego por goteo basados en cuatro valores de K_c. Los valores finales de ET fueron 447, 483 y 525 mm para los tratamientos de riego R1, R2 y R3 respectivamente. Hubo diferencias significativas en el peso y diámetro de bulbo entre los tratamientos de riego, y altamente significativa de ambos parámetros entre los tratamientos de densidad de plantas. Los rendimientos de ajo fueron 20.3, 24 y 27 t ha⁻¹ para D1, D2 y D3 respectivamente. El peso y diámetro promedio de bulbo disminuyó significativamente conforme la densidad

de plantas aumentó. Se observó que el cultivo de ajo sembrado a dos hileras (D1) e irrigado con el tratamiento de riego R2 (483 mm), produjo los mayores pesos promedios de bulbo, sin embargo la EUA fue mayor en ajos sembrados a tres hileras (D2) e irrigados con el tratamiento R2.

Palabras clave: densidad de plantas, peso de bulbo, diámetro de bulbo, eficiencia en el uso del agua.

ABSTRACT

This study was performed to determine the garlic evapotranspiration (ET) from the reference evapotranspiration (ET_o) and crop coefficients (K_c) and to establish the relationship between ET (water consumption) and bulb yield and diameter, also to evaluate the water use efficiency (WUE). Three different plant densities, 310000 (D1), 460000 (D2) and 625000 (D3) plants ha⁻¹, were drip irrigated with three irrigation treatments based on

¹ Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Hermosillo, Sonora, C. P. 83000. Correo electrónico: mhuez@guayacan.uson.mx

four Kc values. The final ET values were 447, 483 and 525 mm for the R1, R2, and R3 treatments, respectively. There were significant differences of bulb weight and diameter among irrigation treatments, and highly significant differences in both parameters among the plant density treatments. The garlic yields were 20.3, 24 and 27 t ha⁻¹ for D1, D2, and D3 respectively. The average weight and diameter of bulb significantly decreased as the plant density increased. It was observed that garlic planted at two rows (D1) and irrigated with the treatment R2 (483 mm) produced the highest average bulb weight, however, the WUE was greatest in garlic planted in three rows (D2) and irrigated with the R2 treatment.

Key words: plant density, bulb weight, bulb diameter, water use efficiency.

INTRODUCCIÓN

El ajo es una de las plantas cultivadas desde la antigüedad, reconocido mundialmente como un condimento valioso en la cocina y como agente terapéutico para varios desórdenes alimenticios o enfermedades (Brewster, 2001).

Debido a su “elasticidad biológica”, en el transcurso de su desarrollo la planta de ajo se adapta a diferentes regiones y factores como el clima, altitudes, suelos y pH (Ford, 2006). En las regiones áridas y semiáridas, cultivos como el ajo requieren de riego ya que la precipitación es insuficiente para satisfacer su demanda de agua. El manejo del agua de riego en zonas de escasez de agua tiene que ser llevada a cabo eficientemente, con el objetivo de ahorrar agua y maximizar su productividad

o eficiencia de uso (Feres y Soriano, 2007), el cual se define como el rendimiento por unidad de agua usada (Bravo, 2008).

El riego por goteo es una técnica avanzada de suministrar el agua a las plantas que permite incrementar la rentabilidad del cultivo mediante el aumento en el rendimiento y de la calidad de los productos. También incrementa la eficiencia en el uso del agua evitando prácticamente las pérdidas de agua por evaporación, escurrimiento superficial y percolación profunda (Shock, 2006). El rendimiento y calidad también pueden ser modificados por el espaciamiento entre plantas (Singh, 1984).

En espaciamientos muy amplios se puede lograr un máximo crecimiento y desarrollo de plantas individuales pero el rendimiento por unidad de superficie se puede reducir. En cambio, en espaciamientos estrechos los rendimientos pueden ser más altos pero la calidad del producto puede ser inferior (Castellanos y col., 2004; Singh, 1984).

El conocimiento de la cantidad de agua usada o evapotranspiración del cultivo (ETc) es primordial para planear cuánta agua y cuando aplicarla para optimizar la eficiencia en su uso (Gurovich, 1985). Recomendado por FAO, la ETc se calcula normalmente como el producto del coeficiente de cultivo (Kc) por la evapotranspiración de referencia (ETo), $Kc \times ETo$, (Doorenbos y Pruitt, 1977). El acceso a valores confiables de Kc se vuelve un factor limitante en la programación de los riegos de un cultivo. De acuerdo con Van der Gulik y Nivall (2001), el valor Kc toma en cuenta el tipo y

la etapa de desarrollo del cultivo. Este valor cambia durante el crecimiento del cultivo y es dividido en cuatro etapas distintas; inicial, de crecimiento, intermedia y final. Allen y col. (1998) dieron valores de K_c solamente para las etapas intermedias y finales de ajo, siendo estas de 1.0 y 0.7, respectivamente. Por otro parte, Villalobos y col. (2004) encontraron valores máximos de K_c entre 1.2 y 1.3 desde el cierre del follaje hasta el máximo índice de área foliar, y después disminuyó a valores cercanos a 0.6 al final de la etapa de crecimiento. Mohammad y Zuraiqi (2003) encontraron que el K_c promedio varía desde 0.4 en las primeras etapas del cultivo a 1.1 durante las etapas máximas de crecimiento y hacia las etapas finales disminuyó a 0.6.

Partiendo de la hipótesis de que existe un incremento en la eficiencia del uso de agua en ajo irrigado con riego por goteo y que la programación de los riegos bajo este sistema de riego al adoptar valores de K_c generalizados puede llevar a errores en el cálculo del consumo de agua, se han planteado los siguientes objetivos:

- Conocer la evapotranspiración del cultivo, mediante información de los coeficientes de cultivo y la evapotranspiración de referencia

- Relacionar la cantidad de agua aplicada con los componentes del rendimiento, peso y diámetro de bulbo de ajo sembrado a tres diferentes densidades de plantas
- Evaluar la eficiencia en el uso del agua

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en el campo experimental de la Universidad de Sonora (29° 00' 47" N, 110°08' 00" O) bajo condiciones de campo y utilizando un sistema de riego por goteo. Se utilizó una cinta de riego con tres emisores por metro lineal y gasto unitario de 1.0 L h⁻¹ por emisor (Aqua-Traxx_PC 8000, The Toro Company); esta se instaló superficialmente en camas de 0.8 m. El número de plantas ha⁻¹ se calculó en base a una separación entre dientes de 0.08 m y separación entre líneas de 0.125 m

La siembra se llevó a cabo el 18 de octubre del 2007 y se utilizaron dientes de ajo de tamaño mediano de la variedad

Tocumbo. Se establecieron tres tratamientos de densidad de plantación los cuales consistieron en dos, tres y cuatro hileras de plantas por cama con una densidad aproximada de plantas de 310,000, 460,000 y 625,000 plantas ha⁻¹, respectivamente. Se aplicó una lámina de riego de 1.8 cm a cada tratamiento antes de la siembra. Posteriormente, seis

En las regiones áridas y semiáridas, cultivos como el ajo requieren de riego ya que la precipitación es insuficiente para satisfacer su demanda de agua. El manejo del agua de riego en zonas de escasez de agua tiene que ser llevada a cabo eficientemente, con el objetivo de ahorrar agua y maximizar su productividad o eficiencia de uso (Fererres y Soriano, 2007), el cual se define como el rendimiento por unidad de agua usada (Bravo, 2008).

semanas después de la siembra (29 de noviembre del 2007), se iniciaron los tres tratamientos de riego que consistieron en aplicar tres diferentes valores de K_c al valor de la E_{To} en cuatro etapas de desarrollo del cultivo (Tabla I; para esa fecha se aplicó una lámina de riego adicional de 9.0 cm.)

Los coeficientes de cultivo K_c adoptados a cada tratamiento de riego son mostrados en la Tabla I.

Tabla I. Coeficientes de cultivo K_c adoptados en cada tratamiento de riego de ajo bajo riego por goteo.

Etapas de desarrollo	Tratamiento de riego		
	R1	R2	R3
Inicial	0.4	0.5	0.6
Crecimiento	0.7	0.8	0.9
Intermedia	0.9	1.0	1.1
Final	1.0	1.1	1.2

Cálculo de las necesidades de riego: Cada semana se obtuvo un promedio diario de la E_{To} de la estación agroclimatológica El Perico 2 (28° 56' 31" N, 110° 20' 49" O) (Agrosón, 2008) localizada a 11 km del sitio experimental y multiplicando este valor con los coeficientes de cultivos asignados a cada tratamiento de riego (Tabla I) se obtuvo la evapotranspiración del cultivo (ET) o necesidades de agua diarias.

Cálculo de los volúmenes de riego: Una vez conocidas las necesidades hídricas diarias del cultivo se calcularon los volúmenes de agua (NB) a aplicar a cada tratamiento, y el tiempo de riego en minutos mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo riego (min)} = \frac{NB}{q} \times \frac{1}{NE} \times 60$$

donde NB es la necesidad bruta en $L\ m^{-2}$, q el gasto del emisor en $L\ h^{-1}$ y NE el número de emisores por m^2 .

La unidad experimental estuvo representada por parcelas de 2.0 m de largo por 2.7 m de ancho con tres camas. Los tratamientos fueron distribuidos como un diseño experimental de parcelas divididas en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos de riego fueron asignados a las parcelas principales donde cada tratamiento consistió de tres hileras de cinta y las densidades de plantas a las subparcelas. Las densidades de población se distribuyeron completamente al azar dentro de cada bloque. Diez bulbos de cada repetición fueron tomados como muestras y su peso (rendimiento) y diámetro (categoría) promedios fueron sujetos a un análisis de varianza y cuando hubo diferencias significativas, la comparación de medias se hizo con la prueba de rango múltiple de Duncan con una probabilidad del 5%. La eficiencia en el uso del agua (EUA, $kg\ m^{-3}$) fue obtenida como la relación entre el rendimiento obtenido ($kg\ ha^{-1}$) y el volumen de agua consumida ($m^3\ ha^{-1}$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variaciones en la E_{To} y las láminas de riego semanal se presentan en la Figura 1. La E_{To} acumulada desde el inicio de los tratamientos de riego al final del experimento fue de 377 mm que sumado a los 108 mm de las primeras seis semanas dio un

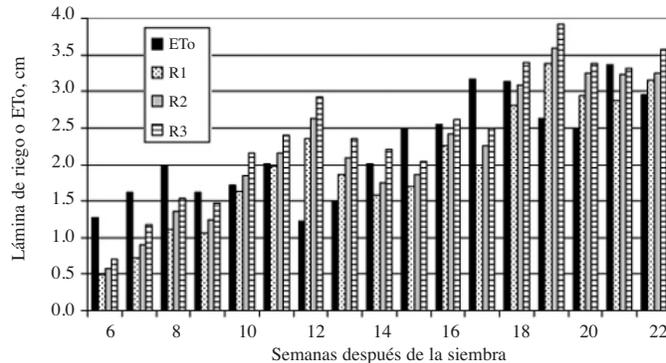


Figura 1. Evapotranspiración de referencia ETo y láminas de riego aplicado semanalmente durante el ciclo de cultivo de ajo cv. Tocumbo a partir de la semana 6, fecha de inicio de los tratamientos de riego.

total de 485 mm para todo el ciclo del cultivo. La ET del cultivo de ajo calculada para cada tratamiento de riego a partir de la ETo y su respectivo Kc dio valores de 447, 483 y 525 mm para los tratamientos de riego R1, R2 y R3, respectivamente. Gaviola y Lipinski (2002) determinaron la ET en ajo entre 718 y 788 mm usando valores de Kc entre 0.4 y 1.3. Fabeiro y col. (2003) usaron los valores de Kc de 0.4, 1.0 y 0.6 para las etapas de inicio de desarrollo, bulbificación y final de 0.4, 0.4 y 1.0, respectivamente, resultando una lámina de riego de 490 mm. Villalobos y col. (2004) reportaron un valor de ETr de 475 mm, comparable a los valores de los tratamientos R1 y R2 del presente estudio, con valores máximos de Kc entre 1.2 y 1.3.

La Tabla II presenta los resultados del ANOVA y la comparación de medias obtenidos a partir del peso promedio individual de bulbo donde se

observa que hubo diferencias entre los tratamientos de riego con una probabilidad de 0.0621, y diferencia altamente significativa ($P < 0.0001$) entre las densidades. La comparación de medias mostró que el peso promedio de bulbo disminuyó significativamente conforme la densidad de plantas aumentó. El ajo sembrado a dos hileras (D1) e irrigado con el tratamiento de riego R2, produjo los mayores pesos promedios de bulbo, seguido por el mismo tratamiento de densidad de población y regados con R3 y R1.

La respuesta al rendimiento es claramente positiva al incrementar la densidad de plantación de ajo (Tabla III). Considerando el número de bulbos ha^{-1} para cada densidad de población, los rendimientos fueron 20.3, 23.4 y 26 t ha^{-1} para D1, D2 y D3 respectivamente. Escribano y Cañadas (2000) reportan un rendimiento entre 6.9 y 12 t ha^{-1} para densidades de 200,000 y 400,000 plantas ha^{-1} respectivamente en ajo regado con aspersión. Gaviola

Tabla II. Resultados del ANOVA y comparación de medias obtenidos a partir del peso de bulbo (g) para los efectos de riego y densidad de población en ajo bajo riego por goteo.

Fuente de variación	gl	Sumas de cuadrados	Cuadrados medios	F	Nivel de significancia
Riego	2	124.500907	62.250454	3.54	0.0621
Error a	6	64.175388	10.695898	0.61	0.7204
Densidad	2	1118.578299	559.289149	31.76	<.0001
Riego*Densidad	4	38.884528	9.721132	0.55	0.7014
Error b	12	211.287102	17.607259		
Total	26				

Tratamiento de riego	Densidad de plantas ¹			Promedio
	D1	D2	D3	
R1	61.295	48.356	39.123	49.591 b ²
R2	70.085	52.794	42.514	55.131 a
R3	65.289	51.401	43.425	53.371 ab
Promedio	65.566 a	50.850 b	41.687 c	

¹D1, D2 y D3 correspondió a 2, 3 y 4 hileras de ajo por cama, respectivamente.

²Promedios seguidos por iguales letras en columnas o filas no son estadísticamente diferentes entre si de acuerdo con Duncan ($P \leq 0.05$).

Tabla III. Resultados del ANOVA y comparación de medias obtenidos a partir del rendimiento de ajo (ton ha⁻¹) para los efectos de riego y densidad de población en ajo bajo riego por goteo

Fuente de variación	gl	Sumas de cuadrados	Cuadrados medios	F	Nivel de significancia
Riego	2	26.0764770	13.0382385	3.32	0.0713
Error a	6	36.8924960	6.1487493	1.56	0.2397
Densidad	2	148.1096556	74.0548278	18.14	0.0002
Riego*Densidad	4	3.6783744	0.9195936	0.23	0.9139
Error b	12	47.1727213	3.9310601		
Total	26				

Tratamiento de riego	Densidad de plantas ¹			Promedio
	D1	D2	D3	
R1	19.00	22.24	24.45	21.89 b ³
R2	21.72	24.28	26.57	24.19 a
R3	20.24	23.64	27.14	23.67 ab
Promedio	20.32 c	23.39 b	26.05 a	

¹ D1, D2 y D3 correspondieron a 2, 3 y 4 hileras de ajo por cama, respectivamente.

² R1, R2 y R3 correspondieron a laminas de riego de 44.7, 48.3 y 52.5 cm, respectivamente.

³ Promedios seguidos por iguales letras en columnas o filas no son estadísticamente diferentes entre si de acuerdo con Duncan ($P \leq 0.05$).

Tabla IV. Resultados del ANOVA y comparación de medias obtenidos a partir del diámetro de bulbo (mm) para los efectos de riego y densidad de población en ajo bajo riego por goteo

Fuente de variación	gl	Sumas de cuadrados	Cuadrados medios	F	Nivel de significancia
Riego	2	19.0902874	9.5451437	5.67	0.0184
Error a	6	8.9828843	1.4971474	0.89	0.5315
Densidad	2	204.7629601	102.3814801	60.87	<.0001
Riego*Densidad	4	8.1855861	2.0463965	1.22	0.3542
Error b	12	20.1837595	1.6819800		
Total	26				

Tratamiento de riego	Densidad de plantas ¹			
	D1	D2	D3	Promedio
R1	54.119	49.368	46.377	49.955 b ²
R2	54.232	51.142	47.930	51.102 ab
R3	54.587	53.032	48.412	52.010 a
Promedio	54.313 a	51.181 b	47.573 c	

¹ D1, D2 y D3 correspondió a 2, 3 y 4 hileras de ajo por cama, respectivamente.

² Promedios seguidos por iguales letras en columnas o filas no son estadísticamente diferentes entre si de acuerdo con Duncan (P ≤ 0.05).

Tabla V. Porcentaje de bulbos de ajo para cada clase comercial y rendimiento total (ton ha-1) en respuesta a la combinación de riego (R) y densidad de plantación (D).

Tratamiento	Clases ¹						Rend. total
	5	6	7	8	9	10	
R1D1	0.0	2.93	25.36	46.63	21.26	3.83	19.00
R1D2	5.47	35.18	31.77	16.87	10.70	0.0	22.24
R1D3	23.47	34.61	30.31	11.62	0.0	0.0	24.45
R2D1	0.0	2.80	17.78	32.61	39.04	7.77	21.72
R2D2	1.85	20.27	39.16	30.99	7.72	0.0	24.28
R2D3	18.53	27.52	25.60	22.18	6.17	0.0	26.57
R3D1	2.63	2.71	27.69	19.89	39.40	7.68	20.24
R3D2	3.91	8.07	44.71	40.59	0.0	2.73	23.64
R3D3	11.03	31.39	43.71	7.66	6.20	0.0	27.14

¹5 = 40-45 mm diámetro; 6 = 45-50 mm diámetro; 7 = 50-55 mm diámetro; 8 = 55-60 mm diámetro; 9 = 60-65 mm diámetro; 10 = 65-70 mm diámetro

y Lipinski (2002) obtuvieron rendimientos de ajo de 18.9 a 19.7 t ha⁻¹ con una población de 400,000 plantas por ha. Castellanos y col. (2004) reportan aproximadamente 23 t ha⁻¹ para una densidad de plantas de 300,000 hasta casi 40 t ha⁻¹ en densidades de 600,000 plantas ha⁻¹. Por otra parte, Barrios y col. (2005) obtuvieron un rendimiento promedio de ajo bajo riego por goteo de 26.4 t ha⁻¹ para una lámina de riego promedio de 895 mm. Finalmente, en un ensayo de cultivares de ajo bajo riego por goteo, Lipinski y Gaviola (2006) obtuvieron hasta 15.5 t ha⁻¹ para una densidad de 400,000 plantas ha⁻¹.

Con respecto al diámetro de bulbo, se puede observar que el ANOVA mostrado en la Tabla IV, reve-

ló niveles de significancia similares al peso promedio de bulbo. La comparación de medias muestra que el mayor diámetro promedio de bulbos fue alcanzado en ajos irrigados con el tratamiento R2, el cual fue similar estadísticamente a los alcanzados en ajos irrigados con el tratamiento R3, ambos estadísticamente diferentes al alcanzado en ajos irrigados con el tratamiento de riego R1. En cambio, entre las densidades de población, el diámetro de bulbo disminuyó significativamente conforme la densidad de plantación aumentó. La misma Tabla muestra que los mayores diámetros de bulbo alcanzado fueron observados en los ajos sembrados a dos hileras para cualquier tratamiento de riego. Resultados similares fueron obtenidos por Castellanos y col. (2004).

Tabla VI. Resultados del ANOVA y comparación de medias obtenidos a partir de la eficiencia en el uso del agua (kg m⁻³) para los efectos de riego y densidad de población en ajo bajo riego por goteo

Fuente de variación	gl	Sumas de cuadrados	Cuadrados medios	F	Nivel de significancia
Riego	2	1.24041430	0.62020715	3.43	0.0665
Error a	6	1.75367289	0.29227881	1.61	0.2258
Densidad	2	6.26627585	3.13313793	17.31	0.0003
Riego*Densidad	4	0.09294104	0.02323526	0.13	0.9962
Error b	12	2.17193844	0.18099487		
Total	26				

Tratamiento de riego	Densidad de plantas ¹			Promedio
	D1	D2	D3	
R1	4.250	4.976	5.470	4.899 ab ³
R2	4.498	5.028	5.501	5.009 a
R3	3.855	4.503	5.169	4.509 b
Promedio	4.201 a	4.836 b	5.308 c	

¹ D1, D2 y D3 correspondieron a 2, 3 y 4 hileras de ajo por cama, respectivamente.

² R1, R2 y R3 correspondieron a laminas de riego de 44.7, 48.3 y 52.5 cm, respectivamente.

³ Promedios seguidos por iguales letras en columnas o filas no son estadísticamente diferentes entre si de acuerdo con Duncan (P ≤ 0.05).

El ajo sembrado a doble hilera e irrigados con cualquier tratamiento de riego presentó la mejor calidad al producir los ajos de mayor tamaños (calibres 8, 9 y 10, Tabla V). Rendimientos de 13.6, 17.2 y 13.5 ton ha⁻¹ fueron producidos de estos calibres para los tratamientos de riego R1, R2 y R3, respectivamente comparados a 10.2 y 3.7 t ha⁻¹ de aquellos tratamientos que obtuvieron los más altos rendimientos, tratamiento de riego R3 para las densidades de plantación D2 y D3, respectivamente. Esto significa que a menor densidad de plantas mayor rendimiento de ajos con mayores diámetros de bulbo lo que significa mayor calidad.

El efecto del riego es casi el mismo para cualquier densidad de plantas con respecto a la eficiencia en el uso del agua (Tabla VI). Sin embargo, ajos irrigados con el tratamiento de riego R2 (483 mm de lámina de riego) y sembrados a triple hilera (D2) tuvieron la mayor eficiencia en el uso del agua (EUA). Por otra parte, la EUA para los ajos de mayor calidad (calibres 8, 9 y 10) y sembrados a doble hilera fue de 3.3 kg m⁻³ comparada a 1.7 kg m⁻³ y 0.89 kg m⁻³ para los ajos sembrados a 3 y 4 hileras, respectivamente. Bravo (2008) encontró eficiencias en el uso del agua de 2.90 kg m⁻³ en ajo sembrado en la región de Zacatecas, México.

CONCLUSIONES

Al analizar la variable rendimiento aparecen diferencias significativas muy claras entre los distintos tratamientos de riego. La máxima producción fue alcanzada cuando se aplicó el tratamiento de riego R2 donde los coeficientes de cultivo fueron 0.5,

0.8, 1.0 y 1.1 para las etapas inicial, crecimiento, intermedia y final del cultivo.

También se establece una relación directa entre la densidad de plantación y el rendimiento total obtenido. Los tratamientos donde las densidades son altas tienen mayores producciones pero el diámetro de bulbo es mayor en los tratamientos donde se aplicó la mayor cantidad de agua.

Los incrementos en los rendimientos debido al incremento en la densidad de plantación de ajo fue contrarrestado por una reducción en el diámetro de bulbo lo cual afecta la calidad y el valor de mercado.

Las mayores producciones de bulbos > 55 mm de diámetro fueron obtenidas en ajo sembrado a doble hilera con 13.6, 17.2 y 13.5 t ha⁻¹ para R1, R2 y R3, respectivamente. Para estos tratamientos, la productividad (EUA) promedió 3.3 kg de ajo m⁻³ de agua aplicada.

REFERENCIAS

- Agroson. 2008. Sistema de información agroclimática. Fundación PRODUCE Sonora-PIEA-ES. INIFAP. México.
- Allen R. G., L. S. Pereira, D. Raes y M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Barrios, D. J., M. C. Larios, J. Z. Castellanos, G. Alcanzar, M. de las N. Mendoza, L. Tijerina y W. Cruz. 2005. Rendimiento y calidad de ajo

- con diferente manejo de riego por goteo. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 11:23-239.
- Bravo, L. A. 2008. Ajo. Metodología de riego por goteo. Eficiencia y productividad. Disponible en: www.inifapzac.sagarpa.gob.mx
- Brewster, J. 2001. Las cebollas y otros *Alliums*. Ed. Acribia. Barcelona. España
- Castellanos, J.Z., P. Vargas-Tapia, J.L. Ojodeagua, G. Hoyos, G. Alcantar-Gonzalez, F.S. Méndez, E. Alvarez-Sánchez y A.A. Gardea. 2004. Garlic productivity and profitability as affected by seed clove size, planting density and planting method. HortSci. 39:1272-1277.
- Doorenbos J., y W. O. Pruitt. 1977. Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome.
- Escribano, M.J. y W. Cabañas. 2000. Ensayo de ajos. Resultados del ensayo en densidad de siembra en ajo morado. Memoria ITAP 2000. p. 171-173.
- Fabeiro, C.C., F.M. de Santa Olalla y R. López. 2003. Production of garlic (*Allium sativum* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agric. Water Manag. 59:155-169.
- Fereres, E. y M. A. Soriano. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. J.Exp. Bot. 58:147-159.
- Ford, T.G. 2006. Garlic production. Agricultural Alternatives. Pennsylvania State University. College of Agricultural Sciences. Agricultural Research and Cooperative Extension.
- Gaviola, S., y V.M. Lipinski. 2002. Diagnostico rápido de nitrato en ajo cv. Fuego INTA con riego por goteo. Ciencia del suelo. 20:43-49.
- Gurovich, L. 1985. Fundamentos y diseños de sistemas de riego. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José de Costa Rica. 433pp.
- Lipinski, V.M. y S. Gaviola. 2006. Evaluación del rendimiento y calidad de cultivares de ajo colorado fertirrigados con nitrógeno. Rev. FCA UNCuyo. 38:37-48.
- Mohammad, M. J., y S. Zuraiqi. 2003. Enhancement of yield and nitrogen and water use efficiencies by nitrogen drip-fertigation of garlic. J. Plant Nutr. 26: 1749-1766.
- Shock, C. 2006. Drip irrigation: An introduction. Sustainable Agriculture Techniques. M 8782-E. Oregon State University. Extension Service.
- Singh, C.B. 1984. Effect of nitrogen doses and plant spacing on growth, yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.). Indian J, Agric. Res. 18:83-86.
- Van der Gulik, T., and J. Nyvall. 2001. Crop coefficients for use in irrigation scheduling. Water Conservation Facsheet 577.100-5. Ministry of Agriculture, Food and Fisheries. British Columbia.
- Villalobos, F.J., L. Testi, R. Rizzalli y F. Orgaz. 2004. Evapotranspiration and crop coefficients of irrigated garlic (*Allium sativum* L.) in a semiárid climate. Agric. Water Manag. 64: 233-249.