

PROGRAMACION DEL RIEGO PARA EL CULTIVO DEL AJO (*Allium sativum* L.)¹

Irrigation scheduling for a garlic crop (*Allium sativum* L.)

Raúl Ferreyra E.², Norbert Fritsch F.³
Cristian Navarrete E.⁴ y José M. Peralta A.²

SUMMARY

During the 1979/80, 1980/81 and 1984/85 seasons, two experiments were conducted to collect data for an irrigation schedule for a Garlic crop. These data were crop coefficient, root depth and the minimum threshold for irrigation.

The crop extracts water from the first 20 cm of soil, and must be irrigated when there is a moisture deficit of 40%. The maximum water consumption for the climatic condition of these studies was 2,030 m³/ha.

Garlic is sensitive to moisture deficit during the winter period, lowering its production 39% if a drought occurs.

INTRODUCCION

Para manejar el agua de riego en cuanto a oportunidad y cantidad, se ha utilizado con bastante éxito el balance hídrico, el cual toma en cuenta el suelo, clima y cultivo: el suelo, a través de la profundidad efectiva de raíces y constantes hídricas; el clima, por medio de la evaporación de bandeja clase A; y el cultivo, a través de los coeficientes de cultivo Kc (Castro 1985; Kotze, 1984).

La demanda de agua en este modelo está determinada por la evapotranspiración del cultivo, la cual puede ser estimada a partir de la evaporación de bandeja Clase A y el coeficiente de cultivo Kc.

Para poder programar el riego, además de conocer la demanda de agua del cultivo, es necesario conocer la oferta. La cual está determinada por la cantidad de agua que el suelo puede retener en la zona explorada por las raíces, y que pueda ser aprovechada por la planta, sin disminuir los rendimientos. Esta se puede estimar si se conocen las constantes hídricas del suelo, la profundidad efectiva de raíces y el umbral de riego. Este último indica qué fracción del agua almacenada en el suelo puede extraer el cultivo, sin tener un gasto de energía que haga disminuir sus rendimientos. Por lo tanto, en el presente trabajo se muestra dos ensayos que tienen por objeto entregar antecedentes que permitan programar el riego en este cultivo, para diferentes potenciales de rendimiento. Estos antecedentes son: coeficientes de cultivo (Kc), desarrollo radicular y umbrales de riego.

El objetivo general de estos ensayos fue obtener información que sirviera como base para programar los riegos de acuerdo a los rendimientos esperados, y algunos objetivos específicos como: conocer los coeficientes de cultivo Kc, conocer el desarrollo radicular y determinar los umbrales de riego para el cultivo del ajo.

¹Recepción de originales: 18 de julio de 1989.

Parte de la presente investigación corresponde a la tesis presentada por el tercer autor para optar al título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile, Santiago, Chile.

²Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

³Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Univ. de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se realizaron en la Estación Experimental La Platina (INIA, Santiago, 33° 34' lat. S y 70° 38' long. W). El régimen pluviométrico corresponde al tipo Mediterráneo seco, que se caracteriza por un excedente de lluvia en la estación húmeda (110 mm), menor al 20% de la evapotranspiración potencial (ET = 1.127 mm).

El suelo (franco arenoso grueso) corresponde a la serie Santiago, clasificada internacionalmente como "coarse loamy sandy; skeletal mixed, termic, typic xerochrepts" (USDA, 1975). Este suelo es de origen aluvial, textura media, profundidad media, que descansa sobre un sustrato fluvio-glacial, de gravas y piedras. La capacidad de campo en base a peso, es alrededor de 21%; el punto de marchitez permanente de 10% y la densidad aparente, de 1,3 g/cc.

Ensayo 1 (Temporada 1984/85)

En este ensayo se probaron 4 tratamientos de riego, que consistieron en aplicar cargas decrecientes de agua (130, 83, 42 y 6%) de la evaporación de bandeja clase A, con frecuencias semanales (7 días), de manera que la percolación profunda fuera mínima. Los tratamientos se aplicaron según el método descrito por Hanks y otros (1976), el cual utiliza una línea única de aspersión. Para realizar el balance hídrico se utilizó la siguiente expresión:

$$AP = ETR + Es + PP + W$$

donde:

AP = Agua aplicada
 ETR = Evapotranspiración real
 Es = Escurrimiento superficial
 PP = Percolación profunda
 W = Cambio en el contenido de humedad del suelo.

Se midió el contenido de humedad del suelo, antes y después de cada riego, con un aspersor de neutrones. El agua fue aplicada con aspersores Rain Bird 30H, con boquilla 11/54" x 3/32"-7° con una presión de 3,38 kg/cm². La evaporación se midió en una bandeja Clase A, la cual está ubicada en la Estación Experimental La Platina (INIA, Santiago), lugar del ensayo.

Durante el período invernal se realizaron mediciones diarias del contenido de humedad del suelo, con el objeto de poder realizar el balance hídrico durante este período, en el cual existe alta probabilidad de lluvia.

Ensayo 2 (Temporada 1979/80 y 1981/82)

En este ensayo se compararon tres tratamientos de riego (umbrales).

T₁ = Riego cuando el cultivo extraía el 20% de la humedad aprovechable, lo que corresponde a una tensión de 40 centibares a 20 cm de profundidad.

T₂ = Riego cuando el cultivo extraía el 40% de la humedad aprovechable, lo que corresponde a una tensión de 70 centibares a 20 cm de profundidad.

T₃ = Igual a tratamiento T₁, pero se empezaba a regar a mediados de septiembre.

El agua se aplicó en forma volumétrica, para reponer el déficit presente en el suelo (la cantidad de agua aplicada en T₁ y T₂ fue la misma).

El diseño estadístico utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Las mediciones realizadas en este ensayo, fueron rendimiento y distribución de las precipitaciones.

Los dos ensayos fueron sembrados a fines de mayo y cosechados en diciembre en cada temporada.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las necesidades de agua del cultivo están determinadas, entre otros aspectos, por la biomasa que este puede alcanzar. Esta puede estar influida por diversos factores, entre los cuales es posible resaltar el manejo del cultivo y el clima.

Ensayo 1

Las necesidades de agua del cultivo respecto al rendimiento, se muestran en la Figura 1; se obtuvo una relación lineal, en el rango estudiado (8-22 cm), con una pendiente de 0,35 y un coeficiente de determinación (r²) de 0,76. De la Figura 1 se tiene que, para las condiciones del ensayo, la mayor extracción de agua fue de 2.030 m³/ha.

Los rendimientos obtenidos para los cuatro tratamientos analizados aparecen en el Cuadro 1, donde se puede observar que el tratamiento 3 (83% EB) presentó los mayores rendimientos.

Coficiente de cultivo. En la Figura 2, se presenta la relación ETR/EB para diferentes potenciales de rendimiento. Esta relación permite extrapolar los datos del ensayo y conocer la evapotranspiración del cultivo en otra condición climática.

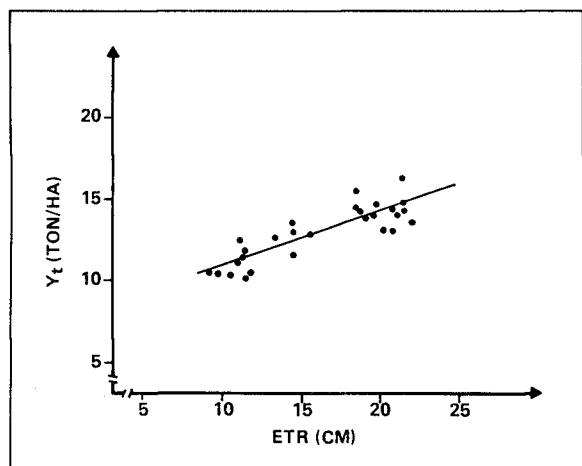


FIGURA 1. Relación rendimiento total (Yt) versus evapotranspiración (ETR), en el cultivo del ajo sometido a cuatro tratamientos de riego (N₁₆₀P₉₀) (r² = 0,76).

FIGURE 1. Total yield (Yt) versus evapotranspiration (ETR) in garlic, cultivated under four irrigation treatments (N₁₆₀P₉₀).

CUADRO 1. Umbrales de riego y rendimiento en el cultivo del ajo Rosado Español-INIA, sometido a distintos tratamientos de riego

TABLE 1. Limit rate of water consumption and yield in garlic field (Rosado Español-INIA), under different irrigation treatments

Tratamientos ¹	Rendimiento total (ton/ha)		Nº de Riegos	
	1979	1981	1979	1981
T ₁	7,54 a	7,99 a	11	9
T ₂	6,84 a	9,17 a	10	9
T ₃	4,63 b	8,57 a	8	9

Promedio con letras desiguales en cada columna son diferentes, según prueba de Duncan (P ≤ 0,05).

¹T₁: Riego al agotarse el 20% de la humedad aprovechable (PMP = 40 cb) a partir del trasplante.

T₂: Riego al agotarse el 40% de la humedad aprovechable (PMP = 70 cb) a partir del trasplante.

T₃: Riego a partir de mediados de septiembre, luego igual T₁.

Esta misma figura, muestra que los coeficientes de cultivo (Kc) varían durante la temporada, de acuerdo al desarrollo de éste. Esta variación está muy relacionada con la producción de biomasa a través del tiempo y al índice de área foliar (figuras 3 y 4). Entre los 120 a 160 días después del trasplante, se produce gran parte de la materia seca total, período que coincide con los mayores valores del coeficiente de cultivo (80% del período vegetativo) y del índice de área foliar (IAF). También

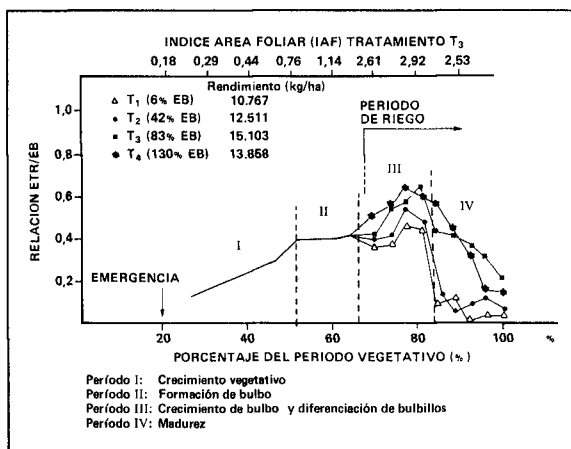


FIGURA 2. Relación ETR/EB, a través del tiempo, para cuatro tratamientos de riego en el cultivo del ajo.

FIGURE 2. ETR/EB relationship, along the vegetative growing season, for various irrigation treatments in garlic.

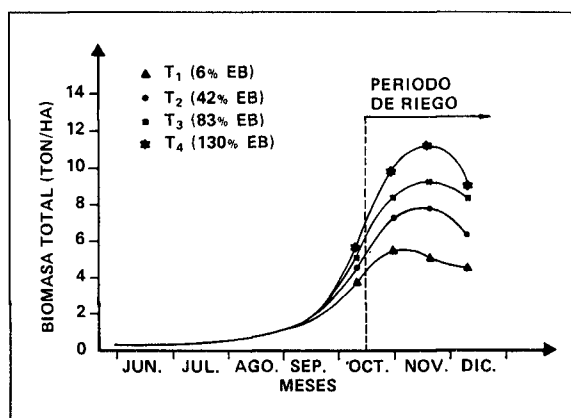


FIGURA 3. Biomasa total (hojas, bulbos y raíces), con cuatro tratamientos de riego en ajo.

FIGURE 3. Total biomass (leaves, bulbs and roots), under four irrigation treatments for garlic.

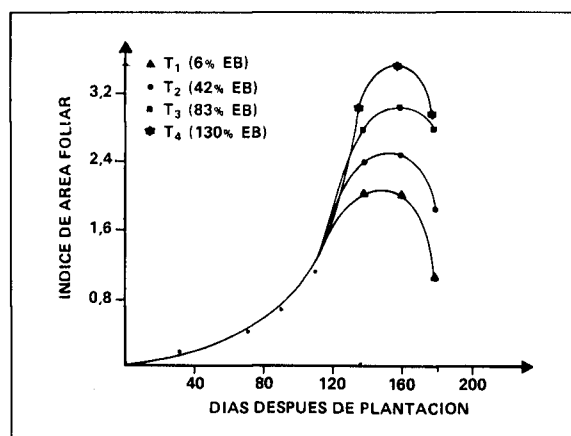


FIGURA 4. Índice de área foliar (IAF) del cultivo del ajo, con cuatro tratamientos de riego.

FIGURE 4. Garlic leaf area index, for various irrigation treatments.

se puede observar que los valores de la relación ETR/EB son más altos en los tratamientos con cargas de agua mayores, los que, a su vez, coinciden con un mayor rendimiento y biomasa (Figura 3); esto explica la mayor evapotranspiración (ETR).

Considerando los coeficientes de cultivo de los cuatro períodos vegetativos, el Kc del crecimiento vegetativo, varió entre 0,2 y 0,4; durante la formación de bulbo, entre 0,4 y 0,45; en el período de crecimiento de bulbo y diferenciación de bulbillos, entre 0,45 y 0,65; y durante la madurez, entre 0,55 y 0,20 (Figura 2).

Distribución de raíces. La distribución de la extracción de agua por las raíces está muy relacionada con las aplicaciones de agua al cultivo (Figura 5) y ésta, a su vez, con los rendimientos. Esto se pudo apreciar en los tratamientos que tuvieron una menor aplicación de agua, con lo cual las plantas tuvieron que extraerla de estratos más profundos.

Esto concuerda con numerosas investigaciones realizadas, las cuales demuestran diferencias de crecimiento radical frente a distintos niveles de humedad del suelo (Doorembos y Kassam, 1979; Hillel, 1971 y Klepper y otros, 1973). Encontrándose que en los tratamientos más secos el crecimiento radical aumentaba en profundidad.

La concentración de raíces y la extracción de agua están muy relacionadas. Esto se muestra en las figuras 5 y 6, donde se observan porcentajes similares en los tratamientos que presentaron los mayores rendimientos, demostrando que más del 80% de las raíces se concentró en los primeros 20 cm de suelo.

Los rendimientos obtenidos para los cuatro tratamientos analizados aparecen en el Cuadro 1, donde se puede observar que el tratamiento 3 (83% EB) presentó los mayores rendimientos.

Ensayo 2

Umbral de riego. Estos resultados indican que al regar, cuando el 40% de la humedad aprovechable se ha agotado, los rendimientos del cultivo no se resienten (Cuadro 1). Es necesario señalar que para este suelo un potencial mátrico de 70 cb a 20 cm de profundidad, según curva característica del suelo, equivale a regar con un umbral del 40%.

Ahora bien, los antecedentes obtenidos de este ensayo concuerdan con los datos preliminares obtenidos en el Ensayo 1. En dicho ensayo, los

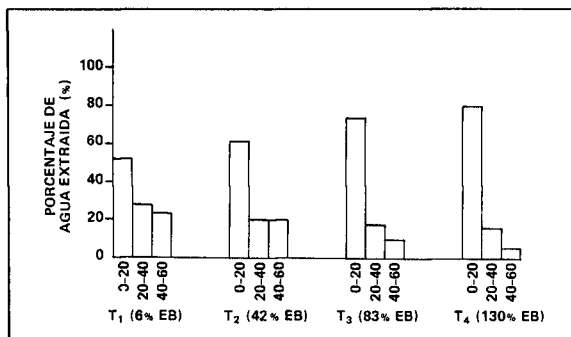


FIGURA 5. Extracción de agua (%) del cultivo del ajo en diferentes estratos del suelo, en cuatro tratamientos de riego.

FIGURE 5. Garlic crop water extraction (%), in different soil layers, in four irrigation treatments.

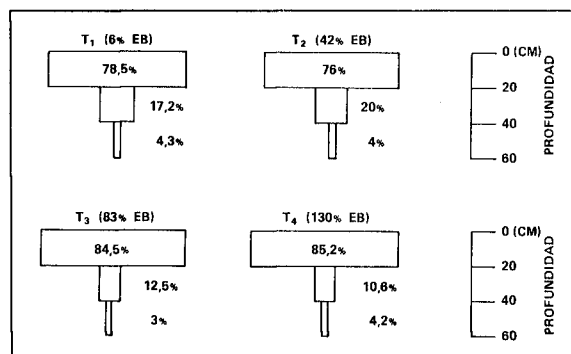


FIGURA 6. Distribución porcentual de raíces de ajo en profundidad; plantas regadas con cuatro tasas de riego.

FIGURE 6. Depth roots distribution (percentage) of garlic plants, irrigated with four irrigation rates.

rendimientos obtenidos para los cuatro tratamientos analizados (Figura 2), se observa que el tratamiento 3, con un 83% de reposición de la evaporación de bandeja, presentó los mayores rendimientos y, a su vez, la humedad aprovechable agotada, a que se realizó los riegos, fluctuó entre 0 y 43% (Figura 7).

Es necesario indicar que este ensayo no se planificó para determinar los umbrales de riego a que el cultivo del ajo resentía su rendimiento, sino que solamente proporciona un índice de este aspecto.

El Cuadro 1 muestra también el efecto del riego en el período invernal. Se puede observar que en años secos o de mala distribución de precipitaciones, el hecho de no regar en invierno disminuye los rendimientos en forma importante. En las condiciones de este ensayo la disminución de los rendimientos llegó a un 39%, lo que se atribuye a que durante el año 1979 las precipitaciones fueron muy bajas durante los meses de junio y julio (Figura 8),

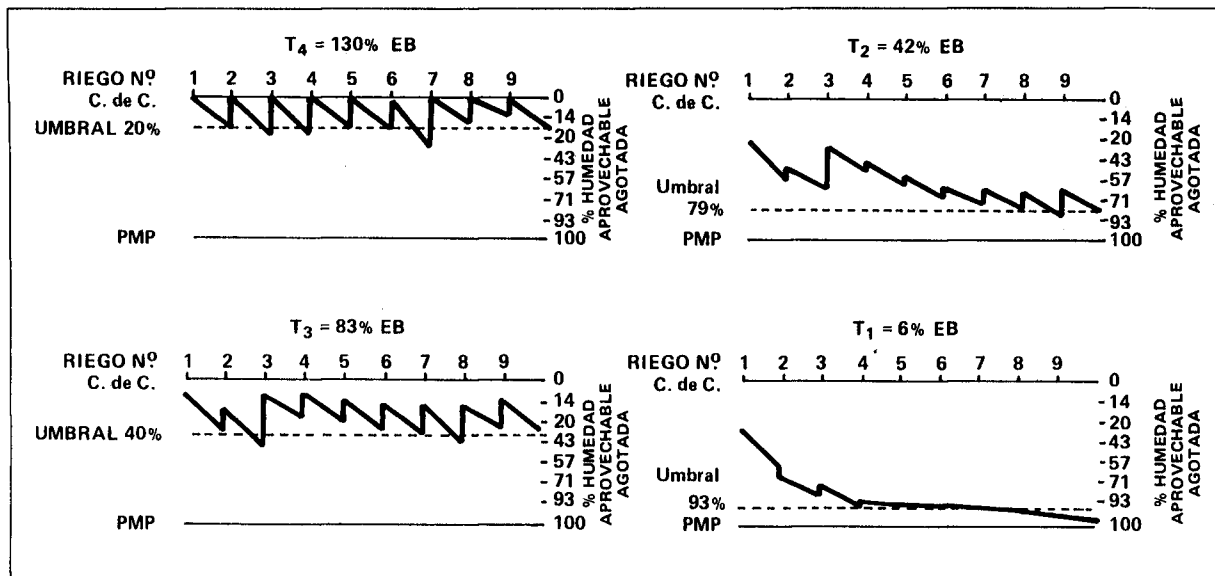


FIGURA 7. Humedad utilizable de los primeros 40 cm del suelo de cuatro tratamientos de riego, en el cultivo del ajo.

FIGURE 7. Available humidity of the first 40 cm of soil, under four irrigation treatments, in garlic.

acrecentándose esta disminución, por lo superficial del sistema radical del cultivo del ajo (figuras 6 y 7). Esto indica la necesidad de programar los riegos durante todo el período de desarrollo del cultivo y contar con agua durante el período invernal, con el objeto de minimizar el riesgo de una disminución en los rendimientos.

Con los antecedentes presentados, es posible realizar una programación del riego en base a un balance hídrico conociendo las constantes hídricas del suelo, la evaporación de bandeja Clase A y el rendimiento esperado. Esto se ve reafirmado por ensayos en diversas especies, donde se indican las bases de una programación del riego, en estos términos (Castro, 1985; Kotze, 1984).

CONCLUSIONES

- Los trabajos realizados permitieron determinar los coeficientes de cultivo (Kc), la distribución de raíces y los umbrales de riego del cultivo del ajo, lo cual puede ser de utilidad para la programación del riego en base a un balance hídrico.
- Es recomendable regar el cultivo del ajo cuando se ha extraído el 40% de la humedad aprovechable (umbral de riego).
- La extracción de agua en el cultivo del ajo se concentra prioritariamente en los primeros 20 cm de suelo.

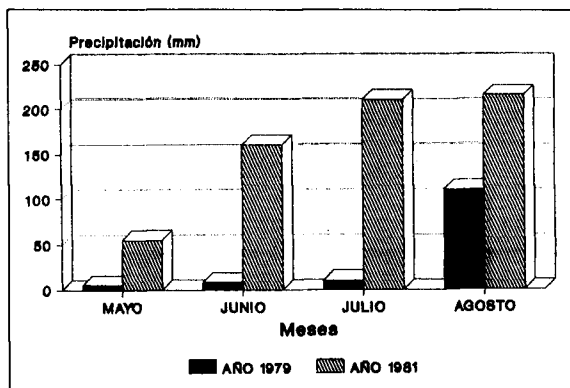


FIGURA 8. Distribución acumulada de las precipitaciones durante las temporadas 1979/80 y 1981/82. Santiago.

FIGURE 8. Accumulated precipitations distribution the 1979/80 and 1981/82 seasons. Santiago (Chile).

- El cultivo del ajo es sensible a un déficit hídrico durante el período invernal, habiéndose encontrado disminuciones del rendimiento de un 39% por este concepto.
- La necesidad máxima de agua del cultivo del ajo fue 2.030 m³/ha para las condiciones climáticas de los años en que se realizaron los ensayos.
- Los coeficientes de cultivo (Kc) varían dependiendo del período de desarrollo, siendo, para las diferentes fases, los siguientes: desarrollo vegetativo: 0,20 a 0,40; formación de bulbo: 0,40 a 0,45; crecimiento de bulbo y diferenciación de bulbillos: 0,45 a 0,65; y madurez: 0,55 a 0,20.

RESUMEN

Durante las temporadas 1979/80, 1980/81 y 1984/85 se realizó tres ensayos, con el objeto de obtener antecedentes que permitan programar el riego en el cultivo del ajo. Estos antecedentes son coeficientes de cultivo (Kc), desarrollo radical y umbrales de riego.

De estos estudios se obtuvo información que indica que el cultivo del ajo debe regarse cuando se ha

extraído el 40% de la humedad aprovechable de los primeros 40 cm de suelo. La extracción máxima para las condiciones del ensayo fue de 2.030 m³/ha.

Además se observó que el cultivo del ajo es sensible a un déficit hídrico durante el período invernal, registrándose disminuciones de un 39% de los rendimientos en un año seco.

LITERATURA CITADA

- Castro, B.V. 1985. Programación del riego: Evaluación y sistematización. Facultad de Agronomía, U. Católica de Chile. 73 p. (Tesis para optar al Magister).
- DOOREMBOS, I. y KASSAM, A.H. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma. Estudio FAO. Riego y Drenaje 33. 212 p.
- HANKS, R.J., DELLER, J., RASMUSSEN, V.P., and WILSON, G.O. 1976. Line source Sprinkler for continous variable irrigation crops Production Studies. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 426-429.
- HANKS, R.J., SISSON, D.V., HURTS, R.L. y HUBBARDS, K.G. 1980. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. Soil Sci. Soc. Am. J. 44 (4): 886-888.
- HILLEL, D. 1971. Soil and water physical principles and processes. In: T.T. Koslowsky (ed.). Physiological ecology, a series of monographs, texts, and treatises. Academic Press. p.: 201-224.
- KLEPPER, B., TAYLOR, H.M., HUCK, M.G., and FISCUS, E.L. 1973. Water relations and of cotton in drying soil. Agronomy Journal 65: 307-310.
- KOTZE, W.A.G. 1984. Irrigation scheduling for deciduous fruit with the aid of Class A pan evaporation and controlled by means of tensiometers. Decid. Fruit Grow. Sagtvrugteboer 34 (pt.1): 23-26.
- USDA-United States Department of Agriculture. 1975. Soil taxonomy. Agriculture Handbook Nº 436. 754 p.