

Productividad del ajo. II. Evapotranspiración real y necesidad de agua^{*/1} ————— M A DONNARI**, R A. ROSELL***, L TORRE**

A B S T R A C T

The actual or real evapotranspiration rate and the water needed for growing a "pink" garlic variety in Bahía Blanca, Argentina, was determined and calculated.

For an accurate determination of the rate of actual evapotranspiration a battery of four highly sensitive (0.04 mm of water) weighing lysimeters was used. The total actual evapotranspiration, EA, was 427.4 mm when the crop was treated with nitrogen fertilizer and a high moisture regime. The control treatment evapotranspired 303.6 mm of water having a poor yield and quality crop. The determined actual evapotranspiration was similar to the one calculated with the procedure of Grassi-Christiansen.

It was concluded that it may be necessary to irrigate monthly the garlic crop with two 20 mm applications during August and September and three times with 30 mm of water each one in October and November in order to obtain a good quality and high yielding crop.

Introducción

EL conocimiento de la velocidad de evapotranspiración de un cultivo es esencial para calcular su uso consuntivo y la necesidad de riego o lámina neta a aplicar.

Existen numerosos procedimientos para estimar la evapotranspiración potencial empleando fórmulas desarrolladas en función de datos meteorológicos fácilmente obtenibles. Algunos métodos son empíricos, como es el caso de los propuestos por Thornthwaite (14) y Blaney y Criddle (1), mientras que otros se basan en principios físico como el método de transferencia de vapor acuoso mencionado por Pruitt (13) y el método del balance de energía de Penman (12). En Argentina, Papadakis (11) y Grassi y Tevez (8), empleando métodos propios, y Burgos y Vidal (4), clasificando climas en base a la fórmula de Thornthwaite, han confeccionado tablas y mapas de evapotranspiración potencial y real y de exceso y deficiencias de agua para diferentes zonas y cultivos del país.

Grassi y Christiansen (8) calculan primero la velocidad diaria de evapotranspiración potencial, Ep (en

mm/día), en base a la latitud, radiación, nubosidad y temperatura del lugar, utilizando fórmulas para cada uno de esos parámetros físicos. Luego obtienen la velocidad de evapotranspiración real o actual, Ea (en mm/día), en base a la potencial Ep, a un coeficiente Cvc, variable de acuerdo con el lapso transcurrido del ciclo vegetativo y a un factor F, característico de cada cultivo. La fórmula de Grassi y Christiansen (8) fue experimentada en el Instituto de Suelos y Riego de la Universidad Nacional de Mendoza, Argentina, con buena correlación cuando se la comparó con datos de evapotranspiración real de varias parcelas experimentales donde se determinó periódicamente la humedad edáfica. Además, se la empleó para la determinación de las necesidades de riego de los cultivos de las zonas irrigadas de Argentina, produciendo buenos resultados en zonas áridas, semiáridas y semihúmedas templadas.

Existen diferentes tipos de sistemas lisimétricos que se emplean para la medición continua y exacta de la velocidad de evapotranspiración de un cultivo. Frecuentemente se han utilizado para obtener la evapotranspiración potencial, es decir, aquella en la que el cultivo se encuentra sin restricción de agua (5). También se utilizan los lisímetros para establecer la evapotranspiración real o actual, o sea aquella que se mide en condiciones normales de humedad edáfica (5, 9 y 15). Los cambios de peso del lisímetro se emplearon para medir la velocidad de evapotranspiración del cultivo en un período relativamente corto de 24 horas.

* Recibido para publicación el 28 de junio de 1978

1/ Trabajo realizado en el Laboratorio de Humus, Universidad Nacional del Sur (UNS) Avenida Alem 925, 8000 BAHÍA BLANCA, ARGENTINA.

** Asistentes académicos a cargo de la asignatura Agrometeorología del Departamento de Ciencias Agrarias (UNS)

*** Profesor titular de las asignaturas Edafología II y III del mismo Departamento

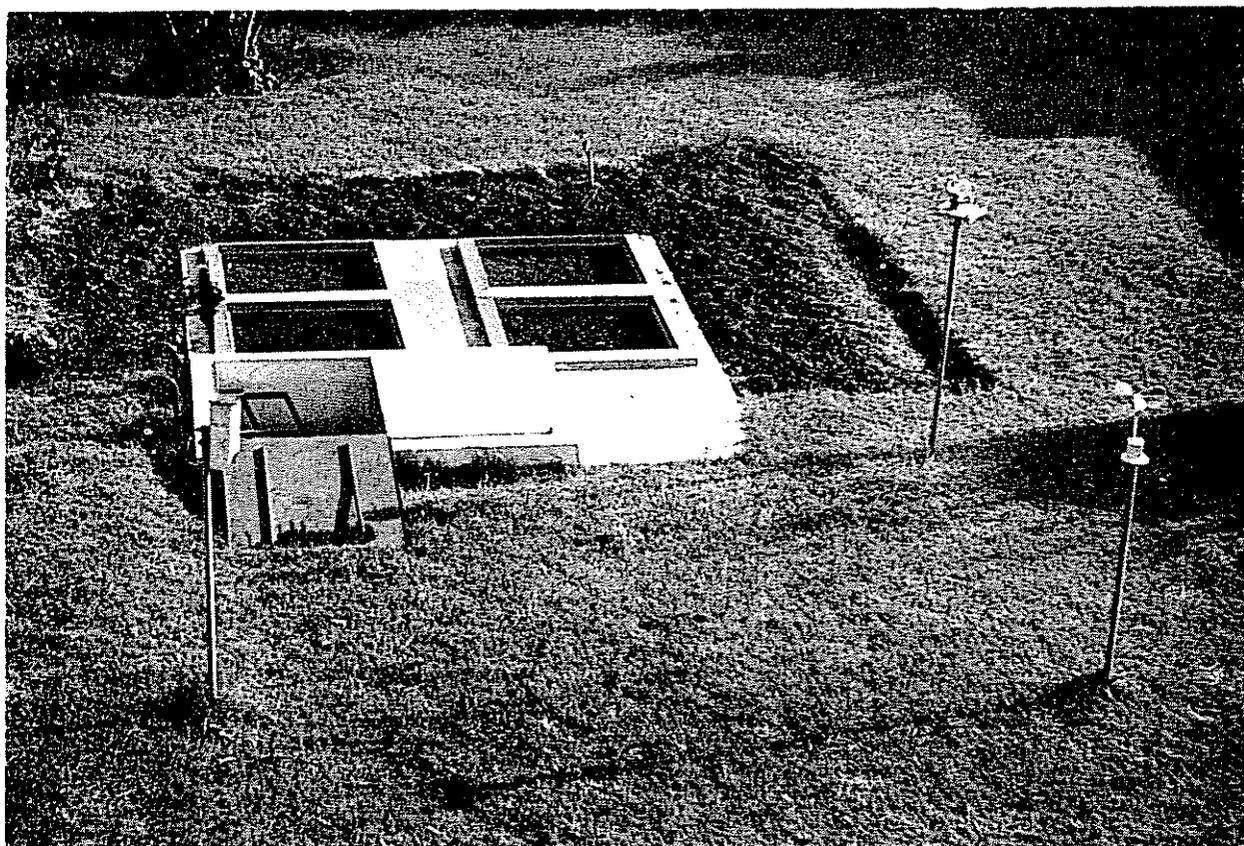


Fig 1 Vista general superficial de los cuatro lisímetros automáticos de pesada diferencial. La puerta-trampa abierta permite el acceso a los compartimientos subterráneos de los tanques y

los módulos de medición. Se observan además un pluviómetro (izquierda), un heliográfico (centro atrás) y un anemómetro (derecha).

En el presente trabajo se obtuvo la velocidad de evapotranspiración actual, con una batería de lisímetros de pesada, de un cultivo de ajo (*Allium sativum*) sometido a dos regímenes hídricos y dos niveles de fertilización nitrogenada. La evapotranspiración real medida durante el ciclo vegetativo del cultivo se comparó con la estimada empleando el procedimiento de Grassi y Christiansen (8). Finalmente se estimó el uso consuntivo y el requerimiento mensual y total de agua del cultivo durante su ciclo vegetativo de aproximadamente seis meses.

Materiales y Métodos

Suelo

El suelo fue descrito previamente (10).

Lisímetros automáticos de pesada diferencial (LAPD)

Las dimensiones y el llenado de los tanques lisimétricos fueron descritos previamente (10)

La batería de cuatro lisímetros fue diseñada y construida por el Ministerio de Agricultura de Holanda y adquirida por el ex-Instituto de Edafología e Hidrología de la Universidad Nacional del Sur, merced a un subsidio de la Comisión Administradora del Fondo de la Promoción Agropecuaria (CAFPTA) (Fig. 1), (para detalles de construcción y funcionamiento ver Bloemen (3)).

Las cajas lisimétricas se encuentran ubicadas en una construcción subterránea de hormigón, la cual está dividida en dos secciones. En la primera sección se encuentran:

- 4 tanques de chapa de hierro de 6 mm de espesor de $1 \times 1 \times 1,5$ m que contienen el suelo.
- los platos de presión.

Cada tanque contiene un bastidor triangular en cuyos ángulos se apoyan los platos de presión (3 por cada tanque).

En la segunda sección, que está termostatazada para evitar los errores producidos por la dilatación del mercurio debido a los cambios de temperatura, posee los siguientes módulos:

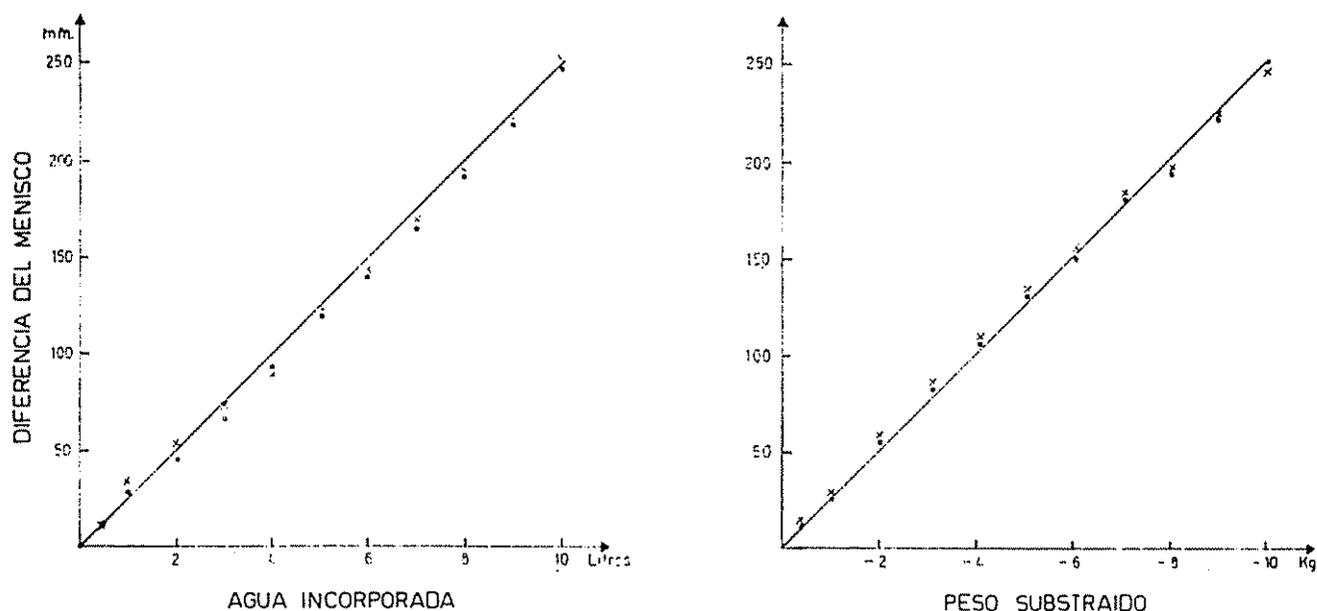


Fig. 2. Calibración del lisímetro C con agua incorporada y peso sustraído.

- caja manométrica con 12 manómetros (3 por cada tanque lisimétrico) de columna de mercurio con mecanismo de medición.
- unidad de control, registro y compensación, integrada por un sistema hidráulico y un sistema electrónico de señales.

Principio de funcionamiento de los LAPD

El bastidor triangular del fondo chato de cada tanque lisimétrico se apoya sobre tres platos horizontales. Estos últimos están constituidos por dos armaduras; una inferior fija y otra superior móvil, ubicándose entre ambas una membrana plástica que forma un recipiente sensor que se llena de aceite. Este, a su vez, se encuentra conectado a un manómetro. Las presiones (o variaciones de peso) que se ejercen sobre el plato móvil son detectadas por el fluido y medidas por el manómetro de columna de mercurio.

El volumen del aceite confinado por la membrana entre los platos oscila entre un máximo y un mínimo, límites que deben mantenerse mediante la extracción o adición de aceite, ubicada en un tubo graduado y calibrado, que posee una inclinación de 10 grados con respecto a la horizontal.

Las lecturas de peso diferencial deben verificarse mediante el encendido de señales apropiadas en el tablero de control a fin de establecer que:

- el volumen de aceite en los platos se encuentre dentro del límite de tolerancia establecido
- el tanque lisimétrico esté balanceado (apoyado) sobre los tres platos.

Calibración y sensibilidad

Es posible calcular directamente el cambio del menisco de aceite por mm de evapotranspiración. Sin embargo, con el fin de tomar en cuenta los factores que inciden sobre el desplazamiento del menisco, se procedió a calibrar cada tanque lisimétrico en función de la adición de volúmenes de agua.

Se hicieron varios ensayos sobre cada tanque en momentos en que la velocidad de evapotranspiración o precipitación eran despreciables. Para ello se adicionaron 500 ml para los dos primeros puntos y luego un litro de agua por vez y se procedió a la lectura del menisco a partir de un punto cero elegido arbitrariamente. La diferencia de la posición del menisco, en mm, se graficó en función del volumen de agua, en litros, adicionado (Fig. 2). También se procedió a la inversa, sustrayendo por etapas de 1 kilogramo cada una, un peso total adicionado de 10 kilogramos.

La Fig. 2 muestra que, para el lisímetro C, un cambio de menisco de 25 mm corresponde a un litro de agua incorporada o perdida por metro cuadrado de superficie. Esto equivale a una precipitación o evapotranspiración, respectivamente de 1mm.

Las curvas de calibración fueron similares para los otros lisímetros. La proporcionalidad de las líneas de calibración probaron también que el área de presión de los tres platos permaneció constante y que los manómetros mantuvieron su respuesta proporcional en todo el intervalo.

La Fig. 2 permite calcular que el cambio de un mm del menisco de aceite es equivalente a 40 ml de

Cuadro 1. Estimación de la evapotranspiración actual del ajo colorado en la región de Bahía Blanca, Argentina (8).

MES	Ep. n	Vc % (1)	Cvc(2)	Ea. n mm
J	57	16,6	0,45	26
J	61	33,3	0,76	47
A	77	50,0	0,94	73
S	111	66,6	1,00	112
O	136	83,2	0,93	78
N	148	100,0	0,77	73
TOTAL				409

(1) Vc. Porcentaje mensual acumulativo del ciclo vegetativo del cultivo.

(2) Estimado del gráfico construido con ecuación:
 $Cvc = 0,0895 + 0,02738 Vc - 0,0002058 Vc^2$

agua o sea 0,04 mm superficiales, cuando el lisímetro gana o pierde peso.

Manejo del cultivo y diseño experimental

Ambas actividades se describieron en detalle en un trabajo previo (10).

Estimación de la evapotranspiración actual por medio de la fórmula de Grassi y Christiansen (8)

Para calcular la evapotranspiración potencial mensual Ep. n, se empleó la fórmula de Grassi y Christiansen. Dicho dato fue obtenido y tabulado por Grassi y Tévez (8) para la región de Bahía Blanca (latitud 38° 45'S).

A su vez, para estimar la evapotranspiración real o actual Ea.n se empleó la siguiente fórmula de los mismos autores:

$$Ea = Ep \cdot Cvc \cdot F$$

donde:

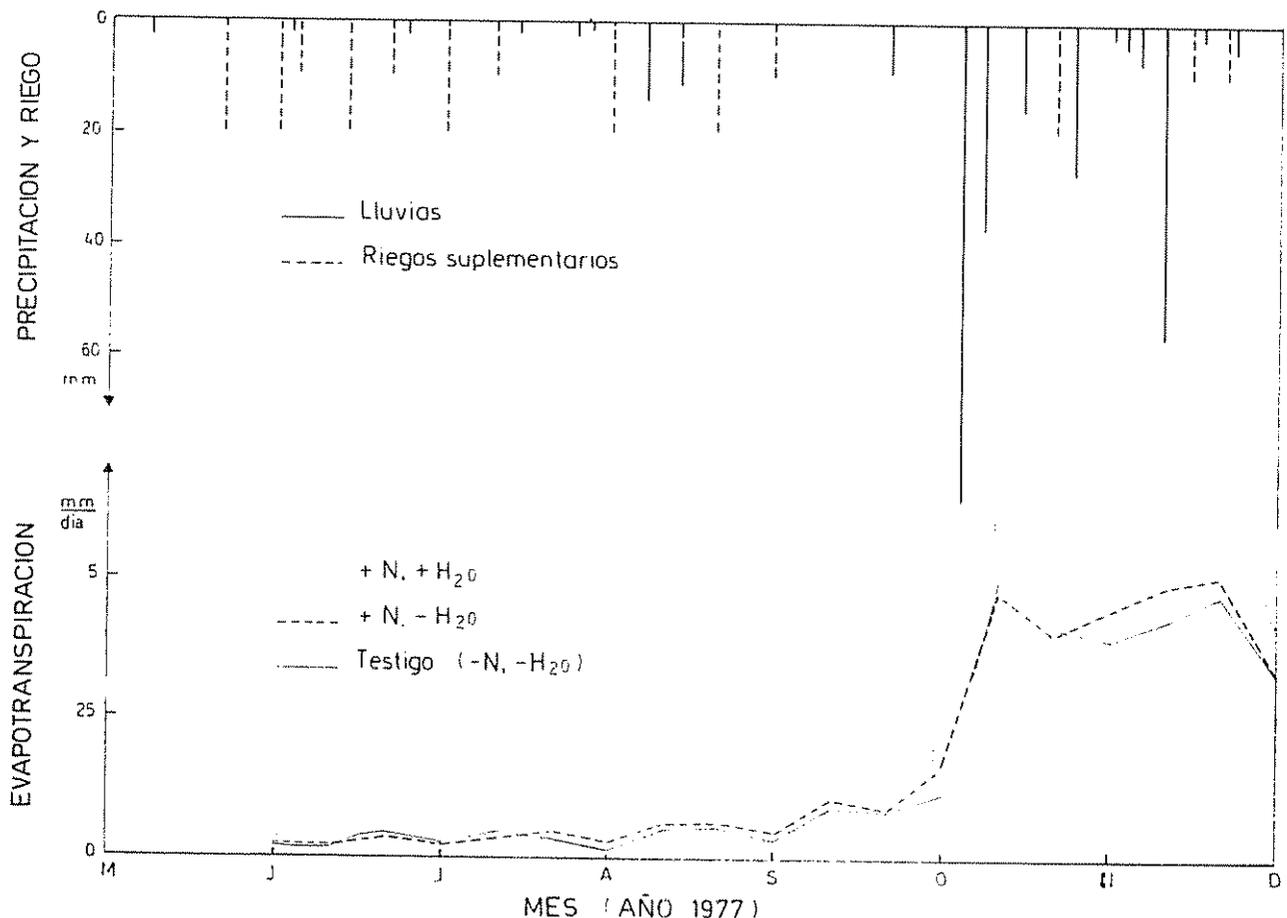


Fig 3. Agua recibida y velocidad de evapotranspiración real de un cultivo de ajo colorado con varios niveles de nitrógeno.

E_a y E_p , son la evapotranspiración real y potencial, respectivamente.

n , días del mes

C_{vc} , es un coeficiente variable de acuerdo al lapso (mes) transcurrido del ciclo vegetativo

F , es un factor propio del cultivo, que para el caso de la cebolla es 1,01, siendo ese el valor utilizado en los cálculos.

En el Cuadro 1 se presenta el cálculo de la evapotranspiración real del ajo colorado en la zona de Bahía Blanca, considerando un ciclo vegetativo neto de seis meses (junio a noviembre). El valor obtenido es de 409 mm.

Resultados y conclusiones

En el Cuadro 2 y en la Fig. 3 se muestran la velocidad de evapotranspiración real o actual, en períodos de 10 y un día, respectivamente, obtenida por medición directa de cada tratamiento en lisímetros de pesada. En ambos casos se registran las aplicaciones

Cuadro 2. Temperaturas medias, agua recibida y evapotranspiración real de un cultivo de ajo colorado durante su ciclo vegetativo.

Período	Temperatura media °C	Huvia mm	TRATAMIENTO						
			" +N. + H ₂ O "		" +N. - H ₂ O "		" -N. - H ₂ O "		
			Riego mm	Evapotr. mm	Riego mm	Evapotr. mm	Riego mm	Evapotr. mm	
20/5 — 31/5	11,3	4,1	40,0	4,0		3,0			3,0
1/6 — 10/6	12,6	2,4	10,0	4,9	10,0	2,0	10,0		2,7
11/6 — 20/6	8,3		20,0	7,2		3,2			4,0
21/6 — 30/6	10,0	3,1	10,0	3,5	10,0	1,4	10,0		1,4
1/7 — 10/7	8,8	0,5	30,0	7,2	10,0	2,4	10,0		4,0
11/7 — 20/7	10,8	2,5		8,4		6,0			4,8
21/7 — 31/7	7,2	6,9		6,0		3,0			1,0
1/8 — 10/8	8,4	23,2	20,0	14,0		7,0			6,0
11/8 — 20/8	10,1	5,6	20,0	10,0		7,0			6,0
21/8 — 31/8	10,9		10,0	10,0	10,0	5,0	10,0		4,0
1/9 — 10/9	12,5			11,0		11,0			9,0
11/9 — 20/9	13,0	7,4		13,0		9,0			9,0
21/9 — 30/9	15,3	2,0		19,0		17,0			12,0
1/10 — 10/10	14,4	123,3		63,0		48,0			50,0
10/10 — 20/10	15,2	7,6	20,0	56,0*		41,0			42,0*
21/10 — 31/10	18,3	31,2		59,0	20,0	45,0	20,0		10,0
1/11 — 10/11	15,8	67,6		64,0		49,0			43,0
11/11 — 20/11	19,1	1,4	10,0	46,2	10,0	35,7	10,0		33,6
21/11 — 30/11	17,9	4,3	10,0	41,0	10,0	31,0	10,0		32,0
TOTAL		293,1	200,0	450,4	80,0	329,7	80,0		307,5
(*) AGUA PERCOLADA, mm				23,0		—			3,9
TOTAL NETO (EA, mm)				427,4		329,7			303,6

Cuadro 3. Evapotranspiración real total, EA, rendimiento y "calidad" del ajo por tratamiento.

TRATAMIENTO	EA mm	RENDIMIENTO de ajo/m ²	CALIDAD número índice*
Testigo	303,6	0,415	360
+N, — H ₂ O	329,7	1,555	389
+N, + H ₂ O	427,4	2,010	438

* para calidad mínima: número índice = 100
para calidad máxima: número índice = 500 (10)

Es importante destacar que la estimación de la evapotranspiración real o actual, EA, empleando la fórmula de Grassi y Christiansen, que resultó de 409 mm (período junio-noviembre) para Bahía Blanca coincidió con el valor obtenido directamente para el tratamiento "+N, + H₂O" en el lisímetro de pesada, el cual produjo el valor 427,4 mm para el período 20 mayo-30 noviembre 1977. Es evidente que ambas cifras se hubiesen aproximado aún más de haberse computado la misma fecha de iniciación (20 mayo o 1 junio) del ciclo. La limitación de humedad (y de nitrógeno en el testigo) de los otros tratamientos resultó en un menor consumo de agua y productividad y "calidad" bajas.

Cuadro 4. Estimación promedio del agua a aplicar mensualmente a un cultivo de ajo colorado.

MES	EA mm	PRECIPITACION		EA — Pe mm	AGUA A APLICAR	
		Promedio mm	Efectiva Pe* mm		mm	m ³ /ha
20 30 M	4,0	—	—	—	—	—
J	15,6	23,1	22,9	—7,3	No	No
J	21,6	27,5	27,0	—5,4	No	No
A	34,0	18,3	18,3	15,7	3**	30
S	46,0	43,9	42,0	4,0	4	40
O	155,0	59,2	56,0	99,0	99	990
N	151,2	55,0	52,5	98,7	98	980

* Pe: precipitación efectiva media estimada gráficamente según Blaney y Criddle (2).

** Se descontaron las diferencias (EA-Pe) en mm, acumuladas en junio y julio.

de agua de lluvia o riego suplementario recibidas por el cultivo durante su ciclo vegetativo. No fue posible estimar la evapotranspiración real del tratamiento "—N, + H₂O" porque el sistema manométrico del tanque lisimétrico respectivo no funciona desde su instalación.

En el Cuadro 3 se presenta una comparación entre la evapotranspiración real del cultivo durante su ciclo vegetativo, EA, y el rendimiento y la "calidad" del ajo por tratamiento.

La Fig. 3 y el Cuadro 3 indican inequívocamente que tanto el rendimiento elevado como la "calidad" están directamente relacionados con el consumo de agua del cultivo. También puede inferirse que la fertilización nitrogenada y la disponibilidad de humedad incrementaron el consumo de agua, el rendimiento y la calidad del ajo.

Lo expuesto permite concluir que el cultivo del ajo colorado sembrado a mediados de mayo requiere 427,4 mm de agua durante el período junio-noviembre para obtener un buen rendimiento y "calidad" en las condiciones agroclimáticas de Bahía Blanca.

Tomando en consideración el promedio mensual de precipitaciones del período 1908 a 1970 en Bahía Blanca (7) se puede estimar la cantidad de agua (en mm o en metros cúbicos por hectárea) que sería necesario aplicar mensualmente con riegos en condiciones climatológicas medias. (Cuadro 4). Es evidente que las precipitaciones mensuales varían de año a año, por lo cual esta estimación tiene sólo un valor orientativo, existiendo períodos secos en los que será necesario aplicar agua en los meses de junio y julio.

El Cuadro 4 muestra que en agosto y setiembre se requerirían dos riegos mensuales de 20 mm cada uno. En cambio, en los meses de octubre y noviembre,

a partir de y durante la floración del ajo colorado, sería necesario aplicar no menos de tres riegos mensuales de 30 mm cada uno.

En la actualidad se están realizando nuevas experiencias, incluyendo un tratamiento con suelo desnudo, para establecer con mayor precisión los valores de evapotranspiración real, evaporación del suelo sin cultivo y la transpiración neta del ajo.

Reconocimiento

Al Dr. M. Tschapek ex-director del Instituto de Edafología e Hidrología de la UNS, por haber obtenido el subsidio para la adquisición de la batería de lisímetros y al Dr. R. M. Santamaría, por la instalación y puesta en marcha de los mismos.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a las personas e instituciones indicadas en la parte 1 de esta investigación (10).

Literatura citada

1. BLANEY, H. F. y CRIDDLE W. D. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture Soil Conservation Service Technical Paper 96. 1950.
2. ————— y CRIDDLE W. D. Determining consumptive use and irrigation water requirements. U. S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service Technical Bulletin 1275, 1962, 59 p.
3. BLOEMEN, G. W. Hydraulic device for weighing large lysimeters. Institute for Land and Water Management Research. Miscellaneous Reprint 19, (Wageningen, The Netherlands), 1964 4 p.
4. BURGOS, J. J. y VIDAL, A. L. Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite. *Meteoros (Argentina)* 1 (1): 3-32. 1951.
5. DAGG, M. A. Study of the water use of tea in East Africa using an hydraulic lysimeter. *Agricultural Meteorology* 7 (4): 303-320. 1970.
6. DENMED, O. I. y MEILROY, J. C. Measurements of non potential evapotranspiration from wheat. *Agricultural Meteorology* 7 (4): 285-302. 1970.
7. DONNARI, M. A. y TORRE, L. Análisis de algunos aspectos del clima de Bahía Blanca. Bahía Blanca, Departamento de Geografía, Universidad Nacional del Sur. 1974 32 p.
8. GRASSI, J. G. y TEVEZ, E. Evapotranspiración de los cultivos en la República Argentina estimada por la fórmula de Grassi y Christiansen. *IDIA N° 126*: 65-80. 1966.
9. HAND, D. W. An electrically-weighed lysimeter for measuring evapotranspiration rates. *Agricultural Meteorology* 5: 269-282. 1968.
10. LAZZARI, M. A., ROSELL, R. A. y LANDRISCINI, M. R. Productividad del ajo 1. Fertilización nitrogenada y riegos. *Turrialba* 28: 245-253. 1978.
11. PAPADAKIS, J. Climatic tables of the world. Buenos Aires (Avda Córdoba 4564, Argentina) 1961.
12. PENMAN, H. I. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London* 193: 120-145. 1948.
13. PRUITT, W. O. Application of several energy balance and aerodynamic evaporation equations under a wide range of stability. Chapter IV: Investigation of energy and mass transfers near the ground including influences of the soil-plant-atmosphere system. Davis, California, University of California, 1963.
14. THORNTHWAITE, W. C. An approach toward a rational classification of climate. *The Geographical Review* 38: 55-94. 1948.
15. VAN BAVEL, C. H. M. y MYERS, I. E. An automatic weighing lysimeter. *Agricultural Engineering* 43 (10): 580-583. 1962.

Reseña de Libros

ARNON, ISAAC. Organización y administración de la investigación agrícola. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1978. 433 p US\$9 00 (Programa de Libros y Materiales Educativos N° 35).

Es la segunda edición de un libro publicado originalmente en inglés. Se le han introducido ampliaciones y mejoras notables tanto al texto original como a la primera edición, ya que como se advierte en las páginas iniciales, el propio autor actualizó la obra en 1975.

El trabajo se inicia con una historia de la investigación agrícola, que no se limita a reseñar la evolución de los sistemas nacionales en numerosos países (de América Latina apenas figura Argentina) sino que llega hasta la comparación de diversas estructuras de investigación y a la discusión de una organización modelo, acordada en una reunión de expertos convocada por la FAO, junto con varias soluciones alternas a dicho prototipo; el sistema "land-grant colleges", tan exitoso en los Estados Unidos y tan infortunadamente copiado en otras latitudes, es objeto de un examen cuidadoso que destaca lo que de peculiar y auténticamente estadounidense tiene ese modelo.

El capítulo siguiente se refiere a la cooperación internacional y en él se describen varios organismos que, con proyección multinacional, actúan en el ámbito de la tecnología agropecuaria (IICA, Fundaciones, CATIE, Centros Internacionales) y las características de los programas de cooperación técnica de algunos países (Inglaterra, Francia y Estados Unidos),

Con el capítulo tercero se inicia la parte medular de la obra que comienza con la discusión sobre el carácter y función de la investigación agrícola y termina con la forma de traducir los resultados experimentales en prácticas agrícolas, pasando por el examen de planeamiento, la infraestructura, la organización y la administración de la investigación agrícola. Como complemento se examinan varias teorías administrativas útiles en el manejo de los organismos dedicados a la generación de innovaciones; se discute el papel del científico como administrador y como componente de un equipo al servicio de la sociedad y se describe el proceso de gestación y conducción de un proyecto.

La obra se distingue por el amplio campo que cubre y la manera ordenada como lo hace. No es exagerado afirmar que su estudio cuidadoso, en primer

lugar, y su consulta posterior frecuente puede ser de gran utilidad para quienes trabajan, en diversos niveles y en variadas responsabilidades, en el campo de la investigación agrícola. El libro tiene un aceptable índice de materias pero carece de índice de autores citados en el texto.

HERNANDO SUAREZ DE CASTRO
INSTITUTO INTERAMERICANO DE
CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA

SITTING, MARSHALL. Petroleum transportation and production; oil spill and waste treatment. Park Ridge, N J., Noyes Data, 1978. 360 p. (Pollution Technology Review N° 41, Energy Technology Review N° 27, Ocean Technology Review N° 7) US\$ 48.

Este libro está diseñado para presentar una revisión al día de un tema crecientemente vital: el control de los derrames de petróleo y otros tipos de contaminación durante la producción, almacenamiento y transporte de productos del petróleo, tal como se describe y discute en las patentes de Estados Unidos, en informes autoritativos gubernamentales y en revistas técnicas.

En la febril búsqueda actual de recursos petroleros en todo el mundo, el conocimiento de incidentes de polución previos y potenciales, sus orígenes y su control se hace más y más importante. No sólo se abrirán nuevas áreas para la exploración y ulterior desarrollo, sino que también la producción se moverá más lejos de las riberas marítimas hacia aguas más profundas. Aún un derrame relativamente pequeño puede tener efectos que son catastróficos y de larga duración, pero la pronta aplicación de los métodos descritos en este libro hará por lo menos prevenir cambios biológicos y degradativos sucesivos de la biota marina y de la entidad ecológica.

Las patentes descritas suman 215 y cubren los riesgos contaminantes durante la producción, almacenamiento y transporte y su control, así como también los derrames, tanto en tierra como sobre el agua. También hay patentes sobre el equipo auxiliar para eliminar los derrames. La compañía que tiene más patentes es la Shell, siguiéndole otras firmas petroleras como la Exxon, Texaco y otras multinacionales. El carácter internacional del petróleo se refleja en la diversidad de nacionalidades de las firmas poseedoras de patentes; hay firmas británicas, suecas, japonesas, Australia (el CSIRO), japonesas (la ubicua Mitsubishi), alemanas, francesas, holandesas (la Phillips), y otras. Entre las entidades inesperadas en este tema, tenemos: a) al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, con una patente sobre el uso de azufre (policianato y poliamina) para combatir derrames en el agua, y b) a Texas Instruments, con una patente para detección mediante rayos infrarrojos de derrames de petróleo en el agua. Los inventores que más patentes poseen son R.R. Ayers y P. Preus, con 7 patentes cada uno, y H. Kawakami con 4