

Aplicación de riegos diferenciales con base en el balance hídrico del sistema suelo-atmósfera

A. BLANCO DE PABLOS - S. CUADRADO SANCHEZ

Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca

INTRODUCCIÓN. — En el papel que, dentro de la interfase suelo-atmósfera, juega el agua, la cantidad evapotranspirada por suelo y vegetación, es de capital interés. Un suelo cubierto de vegetación en crecimiento activo y provisto de abundancia de agua, pierde hacia la atmósfera una cantidad que se conoce como *evapotranspiración potencial* (ETP), THORNTON (1948).

Puesto que la evapotranspiración es una exigencia ineludible del clima, en competencia con la demanda de agua de las plantas al suelo, el valor de ETP viene a ser reflejo de la necesidad de este líquido para el desarrollo vegetal. De aquí que el estudio del consumo de agua indicado por la ETP pueda sustituir a la determinación de la *reserva fácilmente utilizable* por las plantas, RFU, en orden a la determinación de las *necesidades de agua* de un cultivo. La medida de aquel valor es más precisa y práctica que la de éste, ya que la RFU varía incluso a lo largo del día y obliga, además, a numerosas medidas por la heterogeneidad del suelo, así como a determinaciones de su densidad aparente, difíciles de realizar incluso por equipos especializados. Finalmente, el conocimiento de la RFU requiere el de la extensión del sistema radicular, muy impreciso, especialmente en el período del crecimiento del vegetal.

Conocidas las necesidades de un cultivo dado, se puede proceder al suministro complementario por medio del riego, con lo que los efectos de una escasa o mala distribución estacional de las precipitaciones quedan contrarrestados. Esta corrección, *fin del regadío*, es especialmente indicada en regiones, como la del Centro-oeste de España, en las que la mayor parte de las precipitaciones tienen lugar durante el período más frío de año, cuando la evaporación es escasa, por lo que el agua se pierde por percolación. En verano, por el contrario, cuando la evaporación es intensa, la pluviosidad es insuficiente para asegurar una buena producción.

El cálculo del valor de la ETP a partir de datos climáticos, unido al conocimiento de la *capacidad de retención de agua* por el suelo, permiten elegir el momento y la dosis de riego. Existen en la actualidad decenas de fórmulas para realizar dicho cálculo. Sin duda la más exacta es la de PENMAN (1948). Pero su empleo es difícil y requiere medios caros para obtener las medidas de la *radiación neta* que figuran en ella. Existen varias simplificaciones, BLANCO y al. (1973), BOUCHET (1963). En la de este autor no intervienen más que los datos del evaporímetro Piche y las temperaturas extremas. Esta es la razón por la que está siendo usada de forma creciente en aplicaciones al riego, como las experiencias del Institut technique français de la betterave industrielle (I.T.B.) desde 1965; las realizadas por GOELLNER (1966) en el Languedoc (Francia); así como por SARRAF y al. (1969) en el Líbano y por LEINE (1972) en la Región francesa D'Indre-et-Loire, entre otras.

En cuanto al empleo de sistemas para la medida directa de ETP, tales como el evaporímetro clase A, recomendado por la OMM, o evapotranspirómetros, es preciso tener en cuenta su complejidad, así como la imprecisión de los resultados cuando se requieren medidas diarias en períodos de elevada evaporación. Los datos suministrados por estos sistemas son de gran utilidad para la comprobación de fórmulas de ETP, no para su aplicación en regadío.

Finalmente, para el cálculo de dosis de riego y para la elección del momento de su aplicación, es preciso observar ciertas previsiones. Los efectos dañinos, para suelo y planta, del exceso de agua (arrastre de nutrientes, asfixia radicular), así como la economía del agua, aconsejan el empleo de dosis orientadas a lograr un *rendimiento técnico* óptimo, entendiendo por tal la razón producción/consumo de agua. Esta es la finalidad del sistema de *riegos diferenciales* utilizado en el trabajo, basado en el cálculo de porcentajes *diversos* de EPT-Precipitación, en la forma que se indica. El riego debe ser aplicado, como es obvio, antes de que los cultivos comiencen a sufrir los efectos de la desecación del suelo.

EXPERIMENTAL. — El trabajo ha sido realizado en la finca experimental del Centro de Edafología y Biología Aplicada (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) de Salamanca, en un suelo de vega, pardo-rojizo alubicolubial, arenoso en superficie y areno arcilloso a partir de los 50 cm de

profundidad. Las características del suelo, han sido determinadas como se indica en un trabajo anterior (1973), a tres niveles: superficie, 25 y 50 cm.

Se trata de un suelo con valores de densidad y porosidad total medios. En consonancia con la textura de los diferentes niveles, existe un predominio de la microporosidad en superficie y de la microporosidad en profundidad, así como valores superiores de capacidad de retención de agua en el nivel más profundo.

La parcela donde se han realizado las experiencias posee una extensión de 14.000 m². Su forma es rectangular, casi cuadrada. Fué sembrada de remolacha azucarera variedad SACHA POLI, semilla monogermen, cultivo que se ajusta a la definición de ETP, una vez que sus hojas cubren el suelo.

El trabajo ha sido relizado durante dos años consecutivos, 1972 y 1973. La siembra fué realizada en la primera quincena de abril con una densidad aproximada de 75.000 y 80.000 plantas/Ha en el primero y segundo año, respectivamente, dispuestas en líneas separadas 61 cm, con una distancia de 18-22 cm entre cada dos plantas de la misma línea. La remolacha fué entresacada en la primera quincena de junio de cada año, y abonada con NPK ⁸⁾, ²⁴⁾, ³²⁾, 1.000 Kg/Ha de fondo y 500 Kg/Ha de cobertera.

Los bloques experimentales se escogieron al azar en el centro de la parcela, seguidos unos de otros y formando una recta. Por el centro de los bloques pasaba una línea de conducción de agua. En cada uno de los bloques existía un aspersor con un círculo de riego de 18 m de diámetro y con una media pluviométrica, controlada con pluviómetro, de 4,2 mm/hora.

La ETP fué calculada a partir de la fórmula de BOUCHET (1963): $ETP = 0,24 Ep \cdot \varphi(\theta)$.

Se utilizaron los datos meteorológicos obtenidos en el centro de la parcela experimental. El coeficiente $\alpha = 0,24$, fué calculado en un trabajo anterior (1972).

Las diferentes dosis de riego fueron determinadas sumando las diferencias diarias $ETP - P = D$ y multiplicando por los coeficientes 0.25, 0.50, 0.75 y 1.25 durante el período de 1972 y por 0.35, 0.50, 0.75, 0.85, 1.0 y 1.25 durante 1973.

La fecha de aplicación de cada riego se obtuvo teniendo en cuenta el momento en que D, calculado como se acaba de indicar, se aproximaba a la RFU del suelo: 54 mm, BLANCO y al. (1972).

Finalmente, el tiempo de funcionamiento de los aspersores se determinó mediante la expresión $t = D \cdot \text{coeficiente} / 4,2$.

La experiencia consta de cuatro repeticiones por cada nivel de riego, recolectándose en cada una de ellas cuatro bloques de 1,5 m², con el fin de obtener el rendimiento medio para nivel de riego establecido.

El estudio ha sido complementado, de forma paralela, con otros tres sistemas de predicción de dosis de riego: evaporímetro clase A, evapotranspirómetros y cálculo del valor de la evapotranspiración real, ETR.

La dosis de riego calculada con auxilio del evaporímetro se determinó por medida de los mm necesarios para llevar el agua hasta el nivel establecido, en el tanque situado en el centro de la parcela.

Dos evapotranspirómetros, cuyo diseño puede verse en BLANCO y GARMENDIA (1973), fueron mantenidos constantemente con un contenido de humedad próximo a la *capacidad de campo*. Puede conocerse el valor de la ETP mediante el balance: $ETP = R + P - d$ en la que R = riego; P = lluvia y d = drenaje.

Por último, se calculó el valor de la ETR por el método de *variación de la reserva de agua* del suelo, para lo cual se realizaron perfiles hídricos, antes de cada riego, en los bloques correspondientes. Se tomaron muestras a tres profundidades con cuatro repeticiones, cuyas medias, llevadas a la fórmula siguiente, permiten conocer la dosis de riego, D': $D' (m^3/Ha) = dap \cdot (HE - H_{ob}) \cdot h$ donde dap = densidad aparente del suelo; HE = humedad equivalente, % (pF 2,7); H ob = humedad observada, % y h = espesor explotado por las raíces, en cm.

TABLA 1. — Valores de ETP y P. Deficit de agua y dosis de riego para todos los tratamientos.

			Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Total
Año 1972	ETP	mensual	109,7	137,5	174,6	172,4	102,0	696,2
		acumulado	109,7	247,2	421,8	594,2	696,2	
	P	mensual	38,0	25,0	14,0	1,9	85,6	164,5
		acumulado	38,0	63,0	77,0	78,9	164,5	
	ETP-P	mensual	71,7	112,5	160,6	170,5	16,4	531,7
		acumulado	71,7	184,2	344,8	515,3	531,7	
		0,25 D	17,9	28,1	40,1	42,6	4,1	132,8
	0,50 D	35,8	56,2	80,2	85,2	8,2	265,6	
	0,75 D	53,7	84,3	120,3	127,8	12,3	398,4	
	1,25 D	89,5	140,5	200,5	213,0	20,5	664,0	
Año 1973	ETP	mensual	98,6	131,4	178,2	174,7	123,5	706,4
		acumulado	98,6	230,0	408,2	582,9	706,4	
	P	mensual	73,9	30,2	17,3	11,3	7,1	139,8
		acumulado	73,9	104,1	121,4	132,7	139,8	
	ETP-P	mensual	24,7	101,2	160,9	163,4	116,4	566,6
		acumulado	24,7	125,9	286,8	450,2	566,6	
		0,35 D	8,6	35,4	56,3	57,2	40,7	198,2
		0,50 D	12,4	50,6	80,4	81,6	58,2	283,2
		0,75 D	18,6	75,9	120,6	122,4	87,3	424,8
	0,85 D	20,9	86,0	136,8	138,9	98,9	481,5	
	1,25 D	31,0	126,5	201,0	204,0	145,5	708,0	

RESULTADOS. - a) *Cálculo de dosis de los riegos diferenciales.* — En la Tabla 1 se consignan los valores de ETP calculados a partir de la fórmula de BOUCHET, en primer lugar los mensuales, suma de los diarios; a continuación los acumulados, durante los meses mayo-septiembre, en los que la remolacha necesita aportes de agua, y correspondientes a los años 1972 y 1973. También figuran en la tabla las precipitaciones, P, y los déficits de agua, $D = ETP - P$, tanto mensual como acumulado. Puede apreciarse que

ambos años totalizan un déficit semejante, con diferencia notable en los meses de mayo y de septiembre, dentro de cada año y en sentido inverso comparando los dos períodos anuales. La tabla recoge también los valores de agua aplicada para cada nivel de riego, según el coeficiente empleado.

Las gráficas de la Figura 1, cuyas coordenadas son mm de lluvia nos riego y fechas, representan el valor total acumulado de ETP durante los cinco

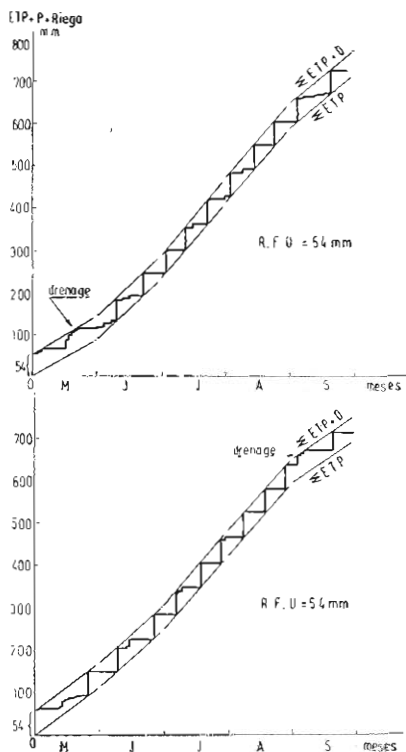


FIG. 1. — Evolución de ΣETP y $d \Sigma ETP + D$. Arriba 1973; abajo 1972.

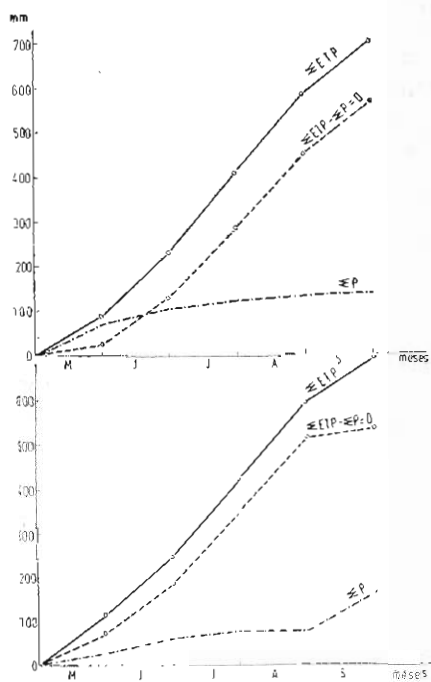


FIG. 2. — Evolución de ΣETP , $\Sigma ETP - P = D$ y ΣP . Arriba 1973; abajo 1972.

meses estudiados en ambos años. La gráfica $\Sigma ETP + D$ es el resultado de sumar el valor de la *reserva fácilmente utilizable*, 54 mm, al de ETP. El espacio entre ambas curvas significa un valor de la humedad del suelo dentro de la RFU. Los trazos de la recta quebrada representan: tiempo los horizontales, y aportes de agua por lluvia o riego los verticales.

De la gráfica se deduce que la fecha de aplicación de cada riego está determinada por la intersección del trazo horizontal con la curva ΣETP . Aplicando en ese día los 54 mm el trazo horizontal llega a tocar la curva $\Sigma ETP + D$. Si en fechas próximas a la aplicación de un riego existe lluvia, puede ser

sobrepasada la curva. Esto sucedió, ligeramente, el día 3 de septiembre de 1972 y, tal vez, el 20 de mayo de 1973.

La Figura 2 refleja gráficamente la evolución de las magnitudes Σ ETP, Σ ETP — Σ P = D y Σ P, en los dos ciclos.

b) Rendimientos

En la Tabla 2 se indican las producciones, en toneladas por hectárea, para cada nivel de riego, así como la cantidad de agua utilizada, en m³/Ha, entre riego y lluvia. El índice que figura en la tabla es el resultado de dividir la producción correspondiente a cada nivel de riego, por la del tratamiento con coeficiente 100%, con lo cual son comparables los resultados obtenidos en uno y otro año. En la última columna de la tabla figura el *rendimiento técnico* o eficacia del agua empleada en cada nivel de riego, obtenido por la expresión: producción (Kg/Ha) consumo de agua (m³/Ha), observándose que el mayor corresponde, en los dos años, al tratamiento 0,50 D.

La riqueza en azúcar, en la parcela no utilizada en la experiencia, fué de 17,95% (media de nueve muestras tomadas al azar). En los bloques de la experiencia: 18,32% (media) y 18,60% el valor superior (dosis de riego 0,75 D).

TABLA 2. — Consumos de agua y rendimientos obtenidos.

	Niveles de riego	P + R m ³ /Ha	Rendimiento T/Ha	Índice %	Producción P + R
Año 1972	0,25 D	2.973	40,20	47,7	13,5
	0,50 D	4.301	65,38	77,5	15,2
	0,75 D	5.629	79,72	94,5	14,2
	D	6.962	84,32	100	12,1
	1,25 D	8.285	83,10	98,5	10,0
Año 1973	0,35 D	3.380	46,31	58,5	13,7
	0,50 D	4.230	61,11	77,3	14,4
	0,75 D	5.646	72,45	91,7	12,8
	0,85 D	6.213	77,40	98,0	12,5
	D	7.064	79,10	100	11,2
	1,25 D	8.478	79,80	101,0	9,4

El rendimiento en la parcela no utilizada en la experiencia fué de 40 T/Ha con una dosis de riego equivalente a 0,25 D.

c) Comparación de métodos

En la Tabla 3 están agrupados los valores mensuales y totales de la *evapotranspiración* según los distintos métodos, así como las relaciones entre dichos valores, cuyos índices K se indican.

La evapotranspiración de la remolacha, ETM medida con dos evapotranspirómetros, es superior a la calculada mediante la fórmula de BOUCHET, ETB, salvo en los primeros meses, en los que la planta no cubre el suelo. Llega a superar durante los meses de mayor crecimiento a la ETP medida

TABLA 3. — Valores de la evapotranspiración obtenidos por los diversos métodos y relaciones entre ellos.

Meses	ETM remolacha	ETB Bouchet	ETA evapor. clase A	Variación de la re- serva + P	ETM \approx ETF festuca	$\frac{ETM}{ETB}$ K	$\frac{ETM}{ETA}$ K'	$\frac{ETM}{ETF}$ K''
Mayo	52,3	104,1	106,9	83,4	96,3	0,50	0,49	0,54
Junio	104,7	134,4	139,2	96,8	128,3	0,78	0,75	0,82
	189,3	176,4	191,4	131,4	186,7	1,07	0,99	1,01
Agosto	191,4	173,5	197,6	136,0	185,0	1,10	0,97	1,03
Septiembre	117,2	112,7	121,7	102,3	121,8	1,04	0,96	0,96
	654,9	701,1	756,8	549,5	718,1	0,97	0,86	0,91

con cuatro evapotranspirómetros con festuca y lolium, ETF, situados en las proximidades. La ETM, sin embargo, es en todo momento inferior a la ETP medida con el evaporímetro clase A, ETA, obteniéndose el índice $K' = 0,86$, frente al 0,76 encontrado por SARRAF y al. (1971). En ciertos meses, cuando la vegetación es pequeña, disminuye hasta llegar a ser menor que 0,50.

Los datos obtenidos con el evaporímetro clase A superan siempre a los calculados por la fórmula de BOUCHET. Lo contrario sucede con los valores deducidos por suma de la reserva del suelo y la lluvia mensual.

Comparando las fórmulas del balance hídrico en el caso de aplicación del déficit, $D = ETP - P$, con el déficit real obtenido por variación de la reserva $D' = ETR - P$, se observa que la contribución real de las reservas del suelo son menores que las teóricas, por lo que $ETR = D' + P < ETR$, en concordancia con los resultados obtenidos por DAMAGEZ y al. (1961) y por el I.T.B. (1971).

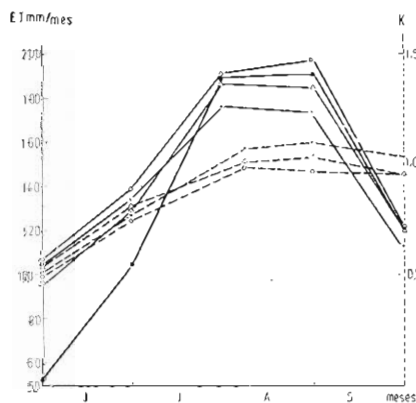


FIG. 3. — Evolución comparada de la ETM (•) con la ETB (+), ETA (o) y ETF (Δ).

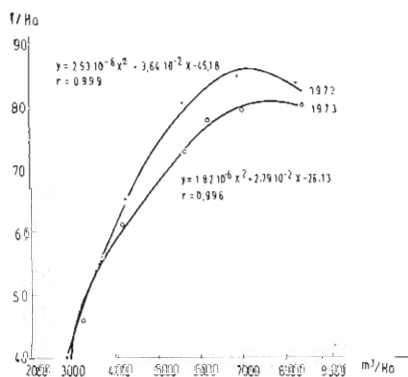


FIG. 4. — Relaciones entre la producción y el agua aplicada a los diferentes tratamientos, para cada año de experiencia.

En la gráfica de la figura 3 podemos observar la evolución de la ETP correspondiente a cada fórmula, así como la relación entre ellas, o índice K.

El consumo punta de la remolacha se sitúa en los meses de julio y agosto, con una media de 6 mm/día. En estas fechas el suelo está totalmente

cubierto por la planta, cuya altura es de 40 cm, su número de hojas > 15 < 20. El diámetro de la corona es de unos 8 cm y la profundidad radicular unos 80 cm.

d) *Productividad*

Representando, para cada nivel de riego, la productividad, T/Ha, en función del agua consumida, m³/Ha, se obtienen las curvas de la figura 4, cuyas ecuaciones se indican, en las que el test de t es 18,3591 para α , - 14,5217 para α^2 lo que da significativo al 0,1% (1972); y 10,6796 para α , - 8,2778 para α^2 (1973), lo que da significativo al 0,1 y 0,5%, respectivamente.

Tomando la dy/dx de cada una de las ecuaciones se deduce que, en el intervalo estudiado, la productividad del agua aplicada, dx = 1% ETP, varía con el nivel de alimentación en agua, según una ley lineal dada por las ecuaciones:

$$y' = - 0,00000506 x + 0,0364 \quad \text{año 1972}$$

$$y' = - 0,00000364 x + 0,4279 \quad \text{año 1973}$$

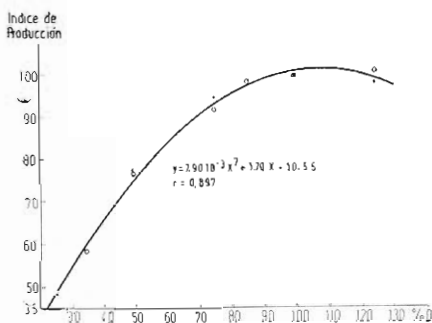


FIG. 5. — Relación entre los índices de productividad y las dosis de los riegos diferenciales en los dos años.

Procediendo de la misma forma, en la curva obtenida al representar el índice de producción de % D, Figura 5, se obtiene la función indicada, en la que el test de t es 21,8591 para x, - 15,9173 para x², significativos al 0,1%, que también da, para un aporte suplementario de agua, dx, que la productividad varía de forma lineal con el nivel de riego:

$$y' = 0,015806 x + 1,696834$$

CONCLUSIONES. — Del trabajo realizado pueden deducirse las conclusiones siguientes:

1ª. Las cuatro formas de obtención de EPT dan valores semejantes, siendo la de Bouchet la más sencilla y la que mejor se adapta a la utilización del déficit diario, permitiendo situar con precisión la fecha y dosis de riego.

2ª. La mejor producción se obtiene, en los dos años, para valores de D 100%, siendo la mayor riqueza en azúcar la correspondiente a la dosis 0,75 D.

3ª. La eficacia mayor del agua, en ambos años, ha sido la de la dosis de riego 0,50 D.

4ª. La producción aumenta considerablemente con dosis elevadas de riego, pasando de 40,2 T/Ha para 0,25 D, a 84,3 para 1,0 D.

5ª. Se han establecido las funciones producción-consumo, obteniéndose las ecuaciones cuadráticas indicadas, con excelentes correlaciones.

Los autores agradecen su valiosa colaboración a D. M. MARTÍN CEA, ingeniero técnico y a D. A. RINCÓN.

BIBLIOGRAFIA

- BLANCO DE PABLOS A. y CUADRADO SANCHEZ S.: Previsión y marcha de los regadíos a nivel de explotación agrícola. XXX Congreso Luso-Español para el Progreso de las Ciencias (en prensa) (1972).
- BLANCO DE PABLOS A. y CUADRADO SANCHEZ S.: Necesidades de agua y fertilidad de los suelos según sus propiedades físicas e hidrodinámicas. *An. Edaf.*, XXXII, 703 (1973).
- BLANCO DE PABLOS A., GARMENDIA IRAUNDEGUI J.: Medida de la evapotranspiración potencial y comparación con la obtenida por diversas fórmulas de cálculo. V Jornadas Científicas de la A.M.E. (en prensa) (1973).
- BOUCHET R. J.: L'eau et la production vegetale. I.N.R.A. Versailles (1963).
- DAMAGNEZ J. DE VILLELE O.: Besoin en eau d'une culture d'orangers. Influence de la salure et de l'enrocinement. *Ann. Int. Nat. Rech. Agron. de Tunisie*, 32, 159 (1961).
- GOELLNER M.: Influence de la modulation des arrosages sur les rendements. CTIFL-Documents, nº 11 (1966).
- GOELLNER M.: La productivité de l'irrigation: éléments concernant la culture de la pomme de terre. CTIFL-Documents, nº 14 (1967).
- I.T.B.: Essais d'irrigation avec controle de l'evapotranspiration maximale et suivant deux modes d'apport d'eau. Compte Rendu des Travaux effectués en 1971 (1971).
- I.T.B.: Nouvelles méthodes de mesure de la consommation en eau des cultures de betteraves. Trabajos realizados desde 1965.
- LEINEN R.: Rentabilité et Technique d'Irrigation du Maïs. Chambre d'Agriculture d'Indre-et-Loire. Serv. d'util. Agric. Développ. 21, Rue Emile-Zola. 37-Tours (Francia). Ciclostilado. 14 PP. (1972).
- PENMAN H. L.: Natural evaporation from open water, Bare soil and Grass. *Proc. Royal Soc. (A)*, Vol. CXVIII, 120 (1948).
- SARRAF S., VINK N. and ABOUKHALED A.: Evaporation. Evapotranspiration Potentielle et Coefficient du Piche Corrigé. Magon, Sér. Sci., 32, Publ. Inst. Rech. Agron., Tal-Amara, Liban, 29 PP. (1969).
- SARRAF S., ABOUKHALED A.: Besoins en eau de certaines cultures sur le littoral Libanais. Magon, Sér. Tech., 26, Publ. Inst. Rech. Agron., Tal-Amara, Liban, 26 PP. (1971).
- THORNTWHAITE C. W.: An approach toward a rational clasification of climate. *Geograph. Rev.*, 38, 55 (1948).

RESUMEN — Se consideran las relaciones suelo-planta-clima, éste último factor desde el punto de vista de la demanda de agua de la atmósfera o evapotranspiración.

La finalidad del trabajo en hallar una forma de conocer el valor de la evapotranspiración potencial, ETP, que sirva de base al cálculo de dosis de riego, en parcelas experimentales de remolacha azucarera.

Han sido empleados cuatro sistemas para obtener el valor de ETP, durante dos años consecutivos: fórmula de Bouchet la más sencilla y la que mejor se adapta a la utilización del déficit diario.

Las dosis de riego fueron determinadas mediante la diferencia acumulada $ETP - Precipitación = D$, habiéndose establecido un sistema de riegos diferenciales, cuyas dosis se obtuvieron aplicando diversos coeficientes al valor de D , correspondiendo la mayor producción, en ambos años, al valor de $1,0 D$ y la mayor eficacia de agua al nivel de riego $0,5 D$.

Finalmente se establecen las funciones producción-consumo de agua, obteniéndose ecuaciones cuadráticas con excelentes correlaciones.

SUMMARY — The relation soil-plant-climate is studied. Climate is taken into account from the point of view of evapotranspiration.

The purpose of the present work is to get some way of evaluation of potential evapotranspiration, ETP, so as to be able to calculate the irrigation doses for experimental plots under sugar beet cultivation.

Four methods have followed through two consecutive years: Bouchet formula, evaporimeter class A, evapotranspirometers and calculation of real evapotranspiration, ETR. The four procedures give similar values and are shown comparatively. Bouchet formula comes to be the simplest and the one better adapted to the use of the daily deficit.

Irrigation doses (D) were obtained by subtracting total rain fall (P) from ETP. A set of differential water treatments was employed, whose doses were obtained by giving a number of coefficients to the D value. The highest yield came, for the two years, when the value $1,0 D$ was used and the highest water efficiency for irrigation purpose at that of $0,5 D$.

Finally quadratic equations are obtained showing good correlations between yield and consumption.

RÉSUMÉ — On considère les relations sol-plante-climat, ce dernier facteur du point de vue de la demande d'eau de l'atmosphère ou évapotranspiration.

Le but du travail consiste à trouver une forme de connaître la valeur évapotranspiration potentielle, ETP, qui serve de base pour le calcul de dose d'arrosage, dans des parcelles expérimentales de betterave sucrière.

On a employé quatre systèmes pour obtenir la valeur ETP, pendant deux années consécutives: formule de Bouchet, tank évaporimètre classe A, évapotranspiromètres et calcul de l'évapotranspiration réelle, ETR. Les quatre procédés donnent des valeurs semblables, la formule de Bouchet étant la plus simple et celle qui s'adapte le mieux à l'utilisation du déficit quotidien.

Les doses d'arrosages furent déterminées par la différence accumulée $ETP - Précipitation = D$, en ayant établi un système d'arrosages différentiels, dont les doses furent obtenues en appliquant des coefficients divers à la valeur, D , correspondant la plus grande production, pendant les deux années, à la valeur de $1,0 D$ et la plus grande efficacité d'eau au niveau d'arrosage $0,5 D$.

Finalment on établit les fonctions production-consommation d'eau, en obtenant des équations quadratiques avec d'excelentes corrélations.

ZUSAMMENFASSUNG — Man erwägt die Beziehungen Boden- Pflanze- Klima, diese letzte Sache vom Gesichtspunkt der Anfrage des Wasserres von der Lufthülle oder Evapotranspiración (Verdünstung).

Das Ziel der Arbeit besteht aus eine Form zu finden um den Wert von der Evapotranspiración (Verdünstung) zu kennen, die wie Grundlage für die Beregnung der Bewässerung in Parzellen von Zückerrüben dient.

Man hat vier Systeme angewend un den Wert von der Evatranspiración während zwei auf einander folgende Jahre zu erlangen: Formel von Bouchet, Verdünstungmetertank Klasse A, Evapotranspirometer und Beregnung der wirklichen Evapotranspiración. Die vier Verfahren geben ähnliche Werte, die Erfolge setzt sich vergleichbar aus, die Formel von Bouchet ist die meist einfache und passt sich das Beste an der Benützung der tägliche Unzulänglichkeit.

Die Anzahlen der Bewässerung werden durch den angehäuften Unterschied Evapotranspiración bestimmt — Hinabstürze = D, während es gibt ein System der Bewässerung, deren Anzahl man verlagnen hat durch verschiedene Koeffizienten am Wert von 1,0 D und die gröszere Wirksamkeit des Wateres am Niveau von der Bewässerung 0,5 D.

Endlich bergründet man die Funktionen der Wirsamkeit- Verbrauch vom Water, während man Ecuazionen (Ecuaciones) mit vortrefflichen Wechselwirkungen erlangt.

RIASSUNTO — Si considerano le relazioni suolo-pianta-clima quest'ultimo fattore dal punto di vista della domanda d'acqua dell'atmosfera o evapotranspirazione.

La finalità del lavoro consta nel trovare una forma per conoscere il valore evapotranspirazione potenziale ETP, che serve di base al calcolo delle dosi d'irrigamento, in parcelle sperimentali di barba zucheriera.

Si sono impiegati quattro sistemi per ottenere il valore di ETP durante due anni consecutivi: formula di Bouchet, serbatoio evaporimetro classe A, evapotranspiometro e calcolo dell'evapotranspirazione reale, ETR. I quattro processi danno valori simili, si espongono i suoi risultati comparativamente, essendo la formula di Bouchet la più semplice e quella che meglio s'adatta all'utilizzazione del deficit giornaliero.

Si determinarono le dosi d'irrigamento mediante la differenza accumulata ETP — Precipitazione = D, essendo stato fissato un sistema degli irrigamenti differenziali, le cui dosi si ottennero applicando diversi coefficienti al valore di D, corrispondendo la maggiore produzione in entrambi gli anni, al valore di 1,0 D e la maggiore efficacia d'acqua al livello d'irrigamento 0,5 D.

Finalmente si stabilirono le funzioni produzione-consumo d'acqua ottenendosi equazioni quadratiche con eccellenti correlazioni.