

DETERMINACION DEL BALANCE HIDRICO EN CAÑA DE AZUCAR (*Sacharum officinarum* L.) EN SUELOS DE CONSACA, NARIÑO, COLOMBIA

G. Arturo Martínez *, G. Eraso David *, L. Legarda Burbano **, A. Arias Hernández **

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió el balance hídrico de los suelos de Consacá, tomando como base la Estación Meteorológica de la misma región. Para la determinación del balance hídrico se empleó la metodología propuesta por Thornthwaite y Matter con algunas modificaciones. Se concluye que hay una marcada deficiencia de 51,8 mm para los meses de Julio y Agosto, normalizándose a partir de Octubre hasta Diciembre cuando la precipitación es mayor.

ABSTRACT

In the present work were studied the hydric balance of Consaca's soils; its basis was meteorological station of the region. Methods of Thornthwaite and Matter with some modifications were used to determine the hydric balance. We conclude there is a great deficiency of water, 51,8 mm for July and August. It is normal from October to December, when the precipitation is the highest.

INTRODUCCION

La planificación agrícola se ve beneficiada con el conocimiento del balance hídrico, ya que la utilización del agua para su consumo por las plantas entraña problemas de abastecimiento tanto superficial como subterráneo; así mismo, el estudio de los excesos y deficiencias de agua condiciona las posibilidades de conducir con éxito los cultivos. Un pilar básico en el conocimiento y la interpretación de los elementos del balance hídrico es la estimación de la evapotranspiración potencial.

Los suelos de clima medio de la región de Consacá, Nariño Colombia, son de un gran porvenir agropecuario, razón por la cual se planeó el presente trabajo, cuyo objetivo consistió en determinar y discutir el balance hídrico en caña de azúcar (*Sacharum officinarum* L.), principal cultivo de la región.

REVISION DE LITERATURA

Conviene distinguir el concepto de evapotranspiración potencial (ETP) o máxima cantidad de agua evapotranspirada cuando el suelo se encuentra bien provisionado de humedad y, la evapotranspiración actual (ETA), que es aquella producida cuando la vegetación está sometida a condiciones climáticas y edáficas de suministro de agua tales que, las plantas no pueden transpirar sino el agua de que realmente disponen, por estar el suelo parcialmente seco (5, 10, 11, 14, 16).

Cuando el suelo está suficientemente húmedo la evapotranspiración de una planta bien desarrollada es principalmente una función de los factores climáticos tales como temperatura, humedad relativa, radiación solar, insolación y velocidad del viento, y depende muy poco de la fisiología de la planta (13, 19,

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
BIBLIOTECA Y DOCUMENTACION

HEMEROTECA

X-8-80

* Ingenieros Agrónomos

** Jefe del Departamento de Ingeniería Agrícola y Profesor, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia

(20). Cuando el agua es deficiente, las características fisiológicas de la planta adquieren importancia.

Los métodos con que se cuenta para estimar la evapotranspiración se basan en sólidos principios físicos, tales como el de la transferencia de flujo de vapor (Teoría de Dalton) o el balance de energía, o el balance hidrológico o en medidas directas con lisímetros, evapotranspirómetros, evaporímetros, atmómetros, tanques, etc., o en métodos empíricos basados en correlaciones entre factores climáticos (14).

Entre estos últimos cabe mencionar el método de Thornthwaite (19, 20, 21) empleado en el presente trabajo para el cálculo de la evapotranspiración potencial. El método propuesto por este autor es sencillo, ampliamente usado y se basa en los valores de los promedios mensuales de temperatura. Esta fórmula ha sido deducida para las regiones húmedas del Oeste y Parte Central de los Estados Unidos.

El proceso inverso al de agotamiento de la humedad del suelo por acción de la evapotranspiración, lo constituye el aporte hídrico por diversos conceptos: precipitación, ascenso del agua por capilaridad, condensación del vapor. En la generalidad de los casos, la precipitación representa la casi totalidad del aporte hídrico del suelo (10).

La capacidad de almacenaje de agua en el suelo y su disponibilidad para la planta, está comprendido entre el contenido hídrico que incluye la capacidad de campo y el punto de marchitamiento. Dado que, la capacidad de campo representa la máxima capacidad capilar de un suelo, la que a su vez está relacionada con el tamaño de sus partículas, depende fundamentalmente de la textura (10).

Según algunos investigadores como Colman (6), Israelsen y Hansen (12), Grassi (10), Marshall (15), Richards y Weaver (17) los valores de succión en capacidad de campo para la mayoría de los suelos agrícolas, se encuentra en las proximidades de $1/10$ a $1/3$ de bares.

La representación de las curvas de retención de humedad con relación a la energía de retención, muestran claramente que las mismas son distintas para diferentes tipos de suelos. Dado que para el mismo contenido, la tenacidad con que está retenida el agua, es mayor en suelos arcillosos que en arenosos, el agua resulta más accesible a las plantas en suelos de textura gruesa con un menor contenido hídrico, que en suelos de textura fina (10).

MATERIALES Y METODOS

El Municipio de Consacá está situado al Suroccidente del Departamento de Nariño, a una altitud de 1.800 metros. De acuerdo con Arturo y Eraso (3) la zona se encuentra en el bosque seco subtropical. Los suelos presentan acentuado influjo de cenizas volcánicas.

Se elaboraron curvas de retención de humedad de los suelos de Consacá, por medio de la técnica de laboratorio descrita por Arias y Legarda (1), relacionando la succión (tensión) con que el agua es retenida en el suelo y el contenido de humedad respectivo.

El balance hídrico se determinó por el método modificado de Thornthwaite y Matter (20, 21) que requiere de los siguientes pasos:

a. El valor del almacenamiento de agua aprovechable, en el suelo, resulta de la diferencia de los valores de la humedad volumétrica de 0,33 a 0,80 ba

res y entre 0,33 y 2,00 bares. Estos valores se consideran como óptimos para caña de azúcar

b. La evapotranspiración potencial se estimó por el método de Thornthwaite (19) que tiene la siguiente expresión matemática :

$$ETP = 1,6 \frac{(10T)^a}{I}$$

donde :

ETP = evapotranspiración potencial en mm/mes

T, t = temperatura media mensual en °C

$$a = 0,000000675(I)^3 - 0,0000771(I)^2 + 0,01792(I) + 0,49239$$

I = índice de calor anual, igual a la suma de los índices mensuales (i) :

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

c. La evapotranspiración actual (ETA) se calculó multiplicando la ETP por el coeficiente del cultivo, que para el caso de la caña de azúcar, tiene un valor de 0,85 según Blaney-Criddle (4).

d. El déficit de agua se obtuvo restando de la evapotranspiración potencial la precipitación pluvial

e. El exceso de agua se obtuvo invirtiendo la resta anterior

f. Para calcular el almacenamiento de agua aprovechable, se convirtió la humedad volumétrica almacenada a lámina de agua; luego se comparó la lámina de almacenamiento con el exceso o déficit de agua. Donde existe exceso

el suelo retendrá agua hasta el valor que corresponde a su capacidad de almacenamiento; por el contrario, si existe déficit, éste será cubierto por el agua almacenada; la que sobra, será almacenada al final del mes

g. La evapotranspiración actual es igual a la suma de la precipitación y el almacenamiento de agua en el suelo. Esto es válido cuando la ETA no excede a la ETP. Si el valor de las dos es igual, se utiliza la evapotranspiración potencial.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se presentan en los Cuadros 1 a 4 y en las Figuras 1 a 3.

Los valores promedios de los puntos de humedad para el suelo y subsuelo, fueron respectivamente : punto de saturación 82,49% y 77,80%; capacidad de campo 30,51% y 30,01%; punto de marchitamiento 18,68% y 26,82%; coeficiente higroscópico 8,98% y 7,17% y agua aprovechable 11,82 y 8,72%.

Los resultados anteriores son ligeramente inferiores a los encontrados en algunos suelos volcánicos de Nariño, como los del Altiplano de Pasto (7) y Altiplano de Túquerres (9). Según algunos autores (2, 7) la baja capacidad de retención de humedad de los suelos se debe a la elevada densidad aparente y, por lógica al bajo porcentaje de porosidad.

El agua aprovechable es mayor en el suelo que en el subsuelo; no obstante, en ambas capas se considera baja si se relaciona con los valores encontrados en suelos volcánicos de Nariño y América Latina. Forsythe, Gavande y González (8), para suelos volcánicos del continente, recopilaron valores de medianos a altos de agua disponible, estos en térmi

nos de humedad volumétrica varían entre el 15 y 20%. En el presente trabajo se considera como agua aprovechable aquella que queda entre los límites de capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente; sin embargo, algunos investigadores consideran como agua fácilmente aprovechable, la que se sitúa entre la capacidad de campo y una succión matricial de 5 bares, la cual también es considerablemente baja. Sin embargo, cada especie vegetal extrae el agua del suelo contra la succión total con diferentes grados de facilidad, es decir, que las plantas tienen su propia capacidad para extraer el agua del suelo, e igualmente éste tiene su propia capacidad para proporcionar agua a varios niveles de succión matricial. Así, para el correcto desarrollo de la caña de azúcar, el cultivo predominante en la región, Blaney-Criddle (4) han reportado como valores óptimos de succión, aquellos comprendidos entre 0,33 y 0,80 bares, aunque otros autores como Taylor (18) afirman que el extremo se puede alcanzar a 2,0 bares.

Los Cuadros y Figuras ilustran claramente que para la zona de influencia de la Estación Meteorológica "Ospina Pérez" de Consacá, existe una deficiencia hídrica anual de 52,8 mm, concentrada en los meses de Julio y Agosto en los ámbitos de la succión entre 0,33 a 0,80 y 0,33 a 2,0 bares para la caña de azúcar. Estos meses corresponden a la segunda época de sequía, más acentuada que en la primera, por contar con una menor precipitación. El mes de Septiembre, específicamente, presenta un equilibrio entre la precipitación, la evapotranspiración potencial y la real

Sin embargo, las abundantes lluvias del mes de Octubre (162,7 mm promedio de 7 años), permiten restituir agua al suelo. En los meses de Noviembre a Junio, las aguas lluvias son superiores a los valores de evapotranspiración. Por consiguiente, existe un remanente de agua en el suelo, siempre y cuando la eficiencia de las lluvias alcance al 100%, es decir, que se puede aprovechar toda el agua caída, sin que ocurran las pérdidas por escorrentía superficial, que se produce cuando la intensidad de la lluvia es superior a la velocidad de infiltración; en la práctica se da a las lluvias una eficiencia del 50%. Por último, en Noviembre se presenta el máximo exceso de agua en el suelo, precisamente por ocurrir en dicho mes la mayor precipitación (201,0 mm promedio de 7 años de registro).

CONCLUSIONES

1. La capacidad de retención de humedad y los valores de agua aprovechable son bajos
2. Los meses de acusado déficit hídrico son Julio y Agosto, lo cual implica la necesidad de suministrar agua suficiente en la caña de azúcar
3. En los meses de Octubre a Mayo la precipitación es superior a la evapotranspiración, o sea que se satisfacen las necesidades de agua por el cultivo
4. En el mes de Septiembre se presenta un equilibrio entre la precipitación, la evapotranspiración potencial y la real.

LITERATURA CITADA

1. ARIAS, A. y LEGARDA, L. Método rápido para obtener la curva de retención de humedad en suelos de Nariño y Putumayo. In Memorias del V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Medellín, Agosto 1975. 20 p. Suelos Ecuatoriales 8(1): 322-334. 1977.

2. ARIAS A. y GUERRERO RIASCOS R. Algunas propiedades físicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Pasto, Colombia, determinados por diferentes métodos. *Turrialba* 21(4): 393-403. 1971.
3. ARTURO G. y ERASO G. Estudio de algunas propiedades físicas de la región de Clima Medio del Suroccidente de Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. 1974. 99 p.
4. BLANEY H.F. y CRIDDLE, W.F. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Technical Paper 96. 1950. 40 p.
5. BUTLER P.F. y PRESCOTT J.A. Evapotranspiration from wheat and pasture in relation to available moisture. *Australian Journal of Agricultural Research* 6: 52-61. 1955.
6. COLMAN, E.A. A introduction of field capacity upon the depth of wilting of field soil. *Soil Science* 58: 143-150. 1944.
7. ESCOBAR, R., JURADO R. y GUERRERO RIASCOS R. Propiedades físicas de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas del Altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. *Turrialba* 22(3): 338-346. 1972.
8. FORSYTHE W., S. GAVANDE y GONZALEZ M. Propiedades físicas de suelos derivados de cenizas volcánicas, considerando algunos suelos de América Latina. *In* Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica. 1969. pp. B.3.1.
9. GONZALEZ, S., GUERRERO RIASCOS R. y ARIAS A. Propiedades físicas de algunos suelos de la Sabana de Túquerres, Nariño, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia)* 4(2): 39-50. 1972.
10. GRASSI, C.J. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida (Venezuela) Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, 1968. 100 p.
11. HARDY F. Edafología tropical. México. Herreros. 1970. 416 p.
12. ISRAELSEN, O.W. y HANSEN, V.E. Irrigation principles and practices. 3th ed. New York, Wiley. 1962. 350 p.
13. LEGARDA, B.L. y FORSYTHE W. Estudio comparativo entre la evaporación calculada por varias fórmulas y la evaporación del tanque, medida en tres lugares tropicales. *Turrialba* 22. 282-292. 1972.

Cuadro 1. Balance hídrico mensual para caña de azúcar, en suelos de Consacá entre 0,33 y 0,80 bares de agua aprovechable

Mes	Precipitación mm	Temperatura °C	ETP mm	Exceso de agua mm	Déficit de agua mm
Enero	94,3	18,6	59,67	34,63	-
Febrero	95,3	18,9	56,80	38,50	-
Marzo	112,9	18,8	62,32	50,58	-
Abril	169,6	18,8	60,52	109,08	-
Mayo	131,2	19,1	63,63	67,56	-
Junio	90,2	18,9	61,02	29,17	-
Julio	39,0	19,4	65,50	-	26,50
Agosto	41,0	19,5	66,30	-	25,30
Septiembre	65,9	19,4	63,61	2,29	-
Octubre	162,7	18,6	59,67	103,03	-
Noviembre	201,9	18,3	56,66	145,24	-
Diciembre	162,4	17,2	53,00	109,40	-

Cuadro 2. Almacenamiento de agua al final del mes y evapotranspiración actual (0,33 a 0,80 bares)

Mes	0 - 35 cm de profundidad agua disponible = 17,5 mm		35 - 60 cm de profundidad agua disponible = 13,7 mm	
	Almacena- miento al final del mes mm	ETA mm	Almacena- miento al final del mes mm	ETA mm
Enero	17,5	56,67	13,7	56,57
Febrero	17,5	56,80	13,7	56,80
Marzo	17,5	62,32	13,7	62,32
Abril	17,5	60,52	13,7	60,52
Mayo	17,5	63,64	13,7	63,64
Junio	17,5	61,03	13,7	61,03
Julio	17,5	56,80	-	53,00
Agosto	17,5	41,00	-	41,00
Septiembre	17,5	63,61	13,7	63,61
Octubre	17,5	59,67	13,7	59,67
Noviembre	17,5	56,66	13,7	56,66
Diciembre	17,5	53,00	13,7	53,00

Cuadro 3 Balance hídrico mensual para caña de azúcar en suelos de Consacá entre 0,33 y 2,0 bares de agua aprovechable

Mes	Precipitación mm	Temperatura °C	ETP mm	Exceso de agua mm	Déficit de agua mm
Enero	94,3	18,6	56,65	34,63	-
Febrero	95,3	18,9	56,80	38,50	-
Marzo	112,9	18,8	62,32	50,58	-
Abril	169,6	18,8	62,52	109,08	-
Mayo	131,2	19,1	63,64	67,56	-
Junio	90,2	18,9	61,93	29,17	-
Julio	39,0	19,4	65,50	-	26,50
Agosto	41,0	19,5	66,30	-	25,30
Septiembre	65,9	19,4	63,61	2,29	-
Octubre	162,7	18,6	56,67	103,03	-
Noviembre	201,9	18,3	56,66	145,24	-
Diciembre	162,4	17,2	53,00	109,40	-

Cuadro 4. Almacenamiento de agua al final del mes y evapotranspiración actual (0,33 a 0,80 bares)

Mes	0 - 35 cm de profundidad agua disponible = 26,3 mm		35 - 60 cm de profundidad agua disponible = 18,0 mm	
	Almacena- miento al final del mes mm	ETA mm	Almacena- miento al final del mes mm	ETA mm
Enero	26,3	59,67	18,0	59,67
Febrero	26,3	56,80	18,0	56,80
Marzo	26,3	62,32	18,0	62,32
Abril	26,3	60,52	18,0	60,52
Mayo	26,3	63,64	18,0	63,64
Junio	26,3	61,03	18,0	61,03
Julio		65,30	-	57,00
Agosto		41,00	-	41,00
Septiembre	26,3	63,61	18,0	63,61
Octubre	26,3	59,67	18,0	59,67
Noviembre	26,3	56,66	18,0	56,66
Diciembre	26,3	53,00	18,0	53,00

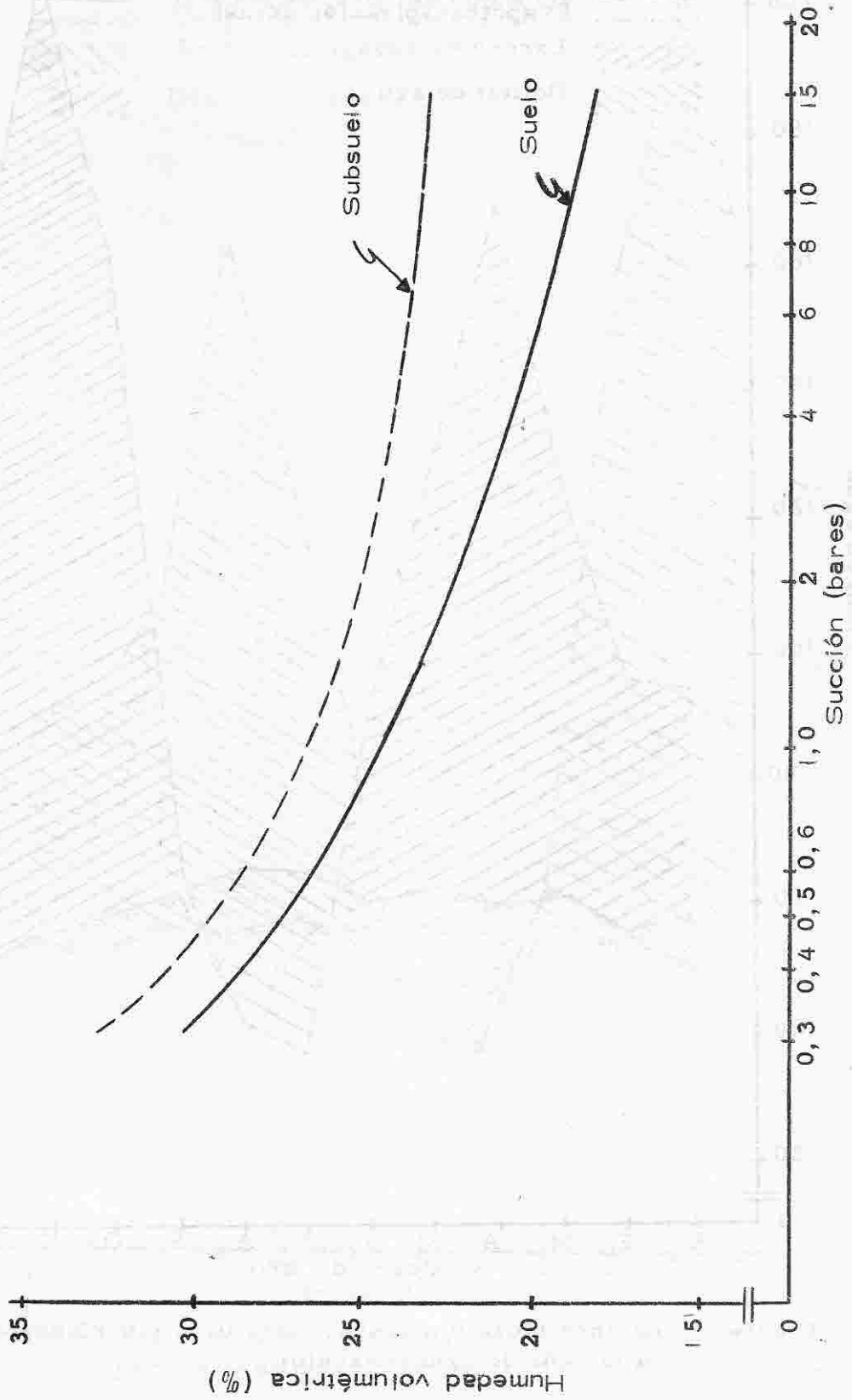


Figura 1. Curvas de retención de humedad de los suelos de Consacá

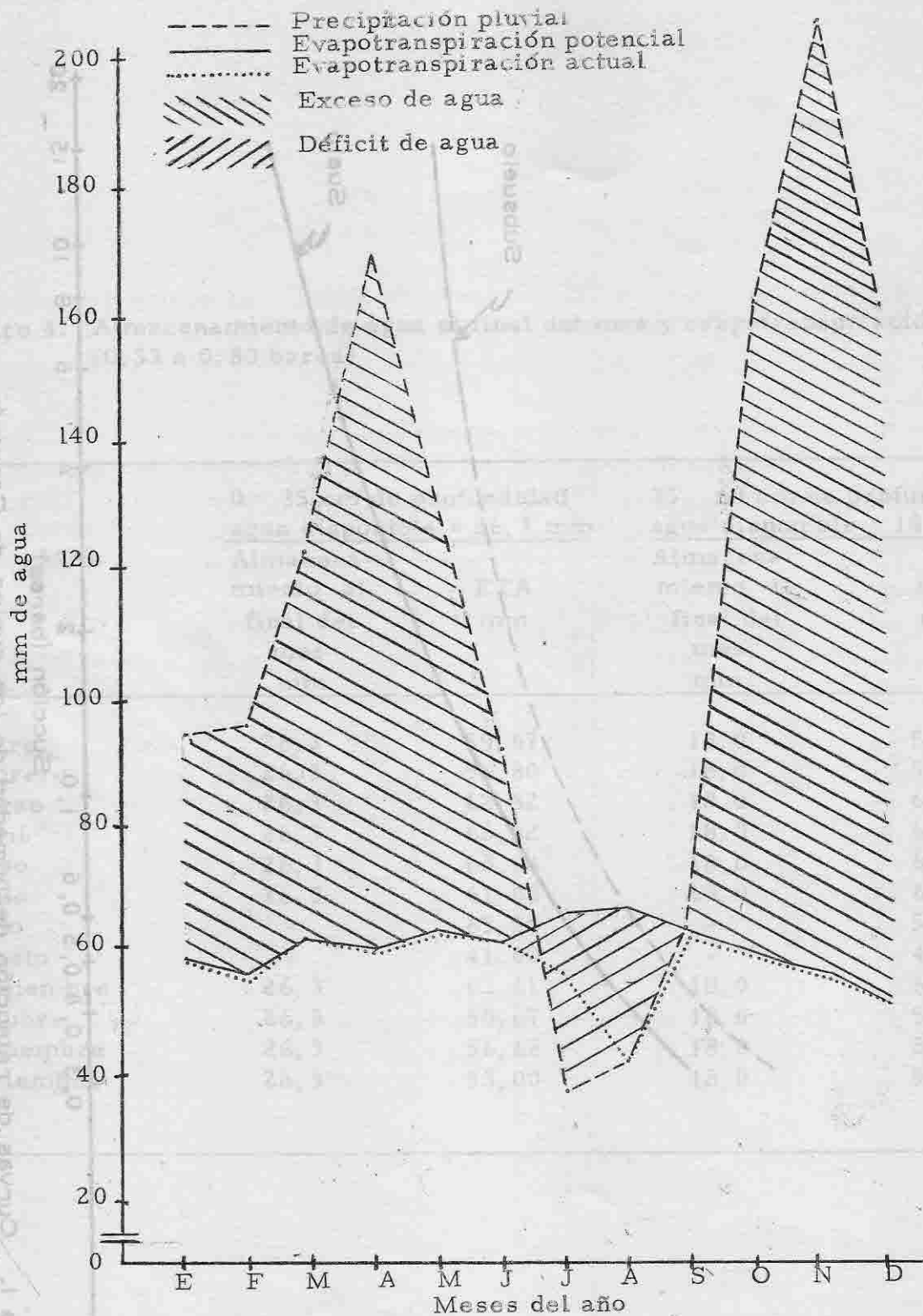


Figura 2 Balance hídrico mensual entre 0.33 y 0.80 bares para la caña de azúcar (suelo)

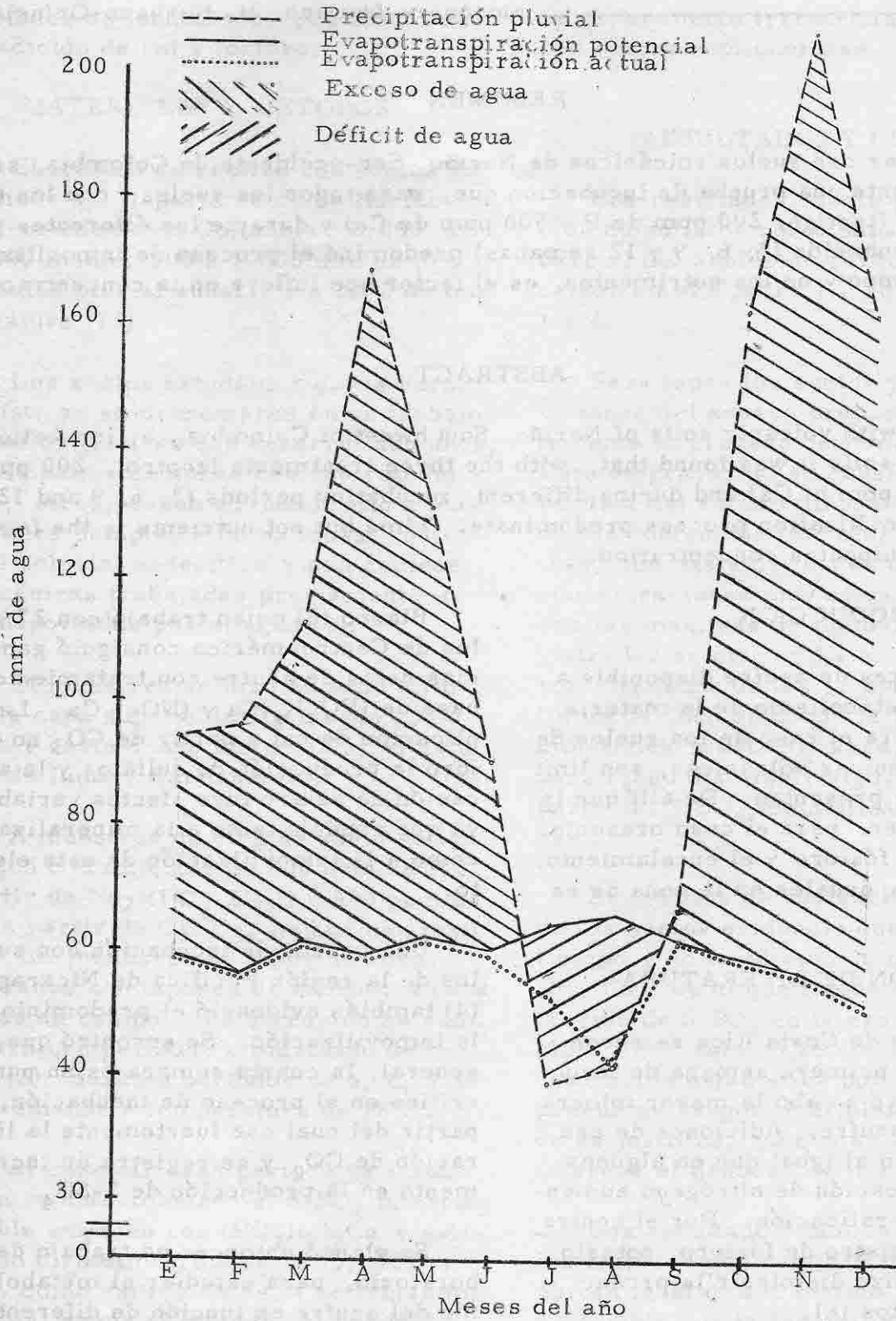


Figura 3 Balance hídrico mensual entre 0,33 y 2,0 bares para la caña de azúcar (suelo)