

Eliane

FOL
02157



CONFECCION DE CURVAS DE HUMEDAD, DETERMINACION DE DIAS DE STRESS,
ESTIMACION DEL USO - CONSUMO Y DE COEFICIENTES DE EVAPOTRANSPIRA-
CION DEL CULTIVO, PARA EL ANALISIS CUANTITATIVO DE PESQUISA EN
IRRIGACION.

Dr. Luis A. Gurovich
Consultor en Manejo de Suelos y Agua
IICA-EMBRAPA/CPATSA.
1979



34346

CONFECCION DE CURVAS DE HUMEDAD, DETERMINACION DE DIAS DE STRESS, ESTIMACION DEL USO - CONSUMO Y DE COEFICIENTES DE EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO PARA EL ANALISIS CUANTITATIVO DE PESQUISAS EN IRRIGACION.

Dr. Luis A. Gurovich

Consultor en Manejo de Suelos y Agua

IICA-EMBRAPA/CPATSA.

1979.

1.- INTRODUCCION

Quando se conoce la evapotranspiración real (ET_r) de un tratamiento de irrigación, entre dos riegos consecutivos y la lámina de agua aplicada, por medio del muestreo de suelos antes y después del riego, es posible dibujar las curvas de humedad del suelo en el tiempo, obteniéndose así una visión de la situación de almacenamiento y consumo de agua, a medida que el cultivo se desarrolla y produce rendimiento.

Asimismo, cuando se conocen las curvas características de retención de agua por el suelo (relación $T = f(\theta)$), es posible traducir la información anterior a curvas de tensión promedio ponderada en el tiempo, lo que es un índice de gran importancia para determinar situaciones de stress relativo durante el periodo de cultivo.

Si existe un índice de stress del cultivo, ya sea en base a contenido de agua de suelo, o de tensión a una cierta profundidad en el perfil, establecido en experimentos anteriores, pueden definirse, con ayuda de las curvas de humedad, los días de stress a que estuvo sometido el cultivo, o sea los días en que el contenido total de agua en el suelo, o el potencial promedio ponderada, se encuentran bajo el índice de stress. Los días de stress representan una información muy valiosa para analizar el efecto de diversos tratamientos de irrigación, ya que permiten relacionar el rendimiento final con etapas de déficit hídrico a lo largo de la temporada de cultivo, establecidas así en forma cuantitativa en el tiempo.

Las curvas de humedad permiten, al mismo tiempo, visualizar y calcular la evapotranspiración real (uso-consumo) total y parcial de cada tratamiento de irrigación y comparar estos valores entre sí, a lo largo del periodo de cultivo, señalándose los excesos de agua, por sobre la capacidad de almacenamiento del suelo, ya sean intencionales (con el objeto de producir un lavado de sales) o resultante de un manejo poco adecuado del experimento.

A partir de la información de ET real de cada tratamiento y de valores de ET potencial, obtenidos de Tablas de datos climáticos, o estimados en relación al mejor tratamiento, pueden definirse los coeficientes de evapotranspiración del cultivo K_c, en cada etapa de desarrollo y producción, para cada régimen de riego.

2.- METODOLOGIA

2.1 Curvas de humedad de cada tratamiento.

A partir de muestreo de suelos, se determina la carga de agua almacenada en el perfil del suelo (h).

$$h = \sum_{i=1}^n w_i \cdot D_{Ai} \cdot \bar{H}_i \quad \text{Ecuación 1}$$

En que: w_i = contenido gravimétrico de agua de cada estrata (fracción decimal)

D_{Ai} = densidad aparente de cada estrata (gr/cm^3)

\bar{H}_i = profundidad de cada estrata H_i ponderada de acuerdo al contenido relativo de raíces.
(cm)

\bar{H}_i = $H_i \times \%$ del total de raíces Ecuación 2

Ejemplo:

En un suelo con las siguientes características

| Estrata | Grosor (cm) | Densidad aparente (gr/cm^3) |
|---------|-------------|---|
| 1 | 0 - 15 | 1.25 |
| 2 | 15 - 35 | 1.35 |
| 3 | 35 - 65 | 1.50 |

Hay en un momento determinado una distribución de raíces

| Estrata | % de raíces del total |
|---------|-----------------------|
| 1 | 40% |
| 2 | 50% |
| 3 | 10% |

Si inmediatamente antes de la irrigación el contenido gravimétrico de agua es

| Estrata | W % |
|---------|-----|
| 1 | 8 |
| 2 | 12 |
| 3 | 15 |

La carga de agua almacenada es

$$h = (0.08 \times 1.25 \times (15 \times 0.4)) + (0.12 \times 1.35 \times (20 \times 0.5)) + (0.15 \times 1.50 \times (30 \times 0.1)) =$$

$$h = 2.895 \text{ cm.}$$

Si después de la irrigación el contenido gravimétrico de agua es

| Estrata | W % |
|---------|-----|
| 1 | 15 |
| 2 | 19 |
| 3 | 17 |

La carga de agua efectiva almacenada es

$$h = (0.15 \times 1.25 \times (15 \times 0.4)) + (0.19 \times 1.35 \times (20 \times 0.5)) + (0.15 \times 1.50 \times (30 \times 0.1)) =$$

$$h = 4.455 \text{ cm.}$$

y la carga de agua efectivamente aplicada es

$$h \text{ aplicada} = 4.455 - 2.895 = 1.47 \text{ cm}$$

En esta forma se procede antes y después de cada irrigación graficándose la curva de humedad, como aparece esquematizada en la Figura 1. Aquí se incluye además el agua almacenada en el perfil del suelo correspondiente a capacidad de campo y punto de marchitez permanente. En la figura 1, la línea gruesa representa la carga de agua almacenada por el suelo con cada irrigación y la línea fina, la carga de agua evapotranspirada realmente por el cultivo. Esta línea comienza desde el equivalente de capacidad de campo, si el suelo tiene un drenaje adecuado, ya el exceso de agua percola relativamente rápido bajo la zona radicular; el exceso está representado por el trazo AB sobre la línea gruesa.

Si el drenaje no es eficiente, puede haber una contribución de las estratas inferiores hacia las superiores, y en este caso la carga de agua almacenada en las estratas inferiores a la carga calculada en la zona radicular, de acuerdo a la ecuación 3.

$$h = \sum_{i=1}^n W_i \cdot DA_i \cdot \bar{H}_i + W_d \cdot DA_d \cdot H_d \quad \text{Ecuación 3}$$

W_d e DA_d y H_d corresponden a la estrata bajo la zona radicular, que contribuye con agua para el cultivo.

2.2 Curvas de potencial promedio ponderado para cada tratamiento

De manera similar a las curvas de humedad, puede ponderarse el potencial del agua en el suelo, que corresponde a un cierto contenido de agua (Ecuación 4).

$$\bar{T}_i = T_i * (\bar{H}_i / H_t) \quad \text{Ecuación 4.}$$

T_i = potencial del agua en el suelo que corresponde a un cierto contenido de agua (bares)

\bar{H}_i = profundidad de la estrata, ponderada de acuerdo a la distribución radicular

H_t = profundidad total del perfil

En el ejemplo anterior, supongase las siguientes funciones de retención de agua:

| Estrata | Función de retención |
|---------|---|
| 1 | $T1 = - \exp (12.36 - 4.76 \ln \theta)$ |
| 2 | $T2 = - \exp (21.70 - 7.40 \ln \theta)$ |
| 3 | $T3 = - \exp (15.17 - 4.47 \ln \theta)$ |

$$\theta = W_i \times DA_i = \text{Contenido volumetrico de agua (\%)}$$

Para el caso antes de la irrigación.

$$T1 = - \exp (12.36 - 4.76 \text{ en } (8 \times 1.25)) = - 3.99 \text{ bares}$$

$$T2 = - \exp (21.70 - 7.40 \text{ en } (12 \times 1.35)) = - 2.97 \text{ bares}$$

$$T3 = - \exp (15.27 - 4.47 \text{ en } (15 \times 1.50)) = - 3.49 \text{ bares}$$

$$\bar{T} = \left(-3.99 - \frac{15 \times 0.4}{65} \right) + \left(-2.97 - \frac{20.05}{65} \right) + \left(-3.49 - \frac{30.01}{65} \right) = 0.986 \text{ bares.}$$

Para el caso después del riego.

$$T1 = - \exp (12.36 - 4.766 \text{ en } (15 \times 1.25)) = - 0.199 \text{ bares}$$

$$T2 = - \exp (21.70 - 7.40 \text{ en } (19 \times 1.35)) = - 0.099 \text{ bares}$$

$$T3 = - \exp (15.17 - 4.47 \text{ en } (17 \times 1.50)) = - 1.99 \text{ bares}$$

$$\bar{T} = \left(-0.199 - \frac{15 \times 0.4}{65} \right) + \left(-0.099 - \frac{20 \times 0.5}{65} \right) + \left(-1.99 - \frac{30 \times 0.1}{65} \right) = - 0.125 \text{ bares}$$

La curva de potencial promedio ponderado se grafica de acuerdo a la Figura 2. Las mismas consideraciones sobre el efecto del drenaje que se mencionan para la curva de humedad, tienen aplicación para este caso.

2.3 Días de Stress

En la Figura 3 se presenta una curva de humedad típica de un cultivo de maíz irrigado en forma deficitaria, al comienzo de la temporada de cultivo. Los días de stress están marcados con línea gruesa y corresponden a los siguientes periodos:

| Días desde siembra | Días de stress |
|--------------------|----------------|
| 49 - 63 | 13 |
| 66 - 79 | 14 |
| 86 - 87 | 1 |
| 103 - 105 | 2 |
| 114 - 115 | <u>1</u> |
| TOTAL | 31 días |

El criterio de irrigación representado por la recta horizontal con la flecha STRESS corresponde a la carga de agua almacenada en el perfil cuando un tensiómetro colocado a 30 cm de profundidad tiene una lectura de - 0,6 bares. Evidentemente que puede usarse cualquier criterio de stress, evaluando la carga de agua almacenada en el suelo en la forma señalada anteriormente.

2.4 Estimación del uso-consumo del cultivo, para diferentes regimenes de irrigación.

El uso consumo del cultivo puede evaluarse a partir de la curva de humedad, al considerar los trazos que unen la carga de agua almacenada en el suelo antes de la irrigación con la horizontal correspondiente a capacidad de campo, si el drenaje es adecuado, o la horizontal que representa al almacenamiento de agua en el suelo con drenaje deficiente, tal como se indica na Figura 3.

La suma de estos trazos corresponden al uso-consumo acumulado en el tiempo y cada trazo individual, al uso-consumo entre cada irrigación consecutiva. En este último valor, dividido por el intervalo de irrigación, se evalúa la tasa de evapotranspiración del cultivo a lo largo del periodo de crecimiento y producción.

2.5 Coeficientes de evapotranspiración del cultivo, para diferentes regimens de irrigación.

Cuando se dispone de datos de evapotranspiración potencial para una región, provenientes de estimaciones agrometeorológicas (fórmulas empíricas) o de experiencias anteriores con el mismo cultivo, regado en condiciones óptimas en relación al suelo y a la demanda evapotranspirativa de la atmósfera, puede evaluarse los coeficientes de evapotranspiración del cultivo para cada etapa del crecimiento y para cada tratamiento de irrigación, de acuerdo a la relación:

$$Kc = \frac{\text{ET real}}{\text{ET potencial}}$$

La comparación de los valores de Kc entre tratamientos es una herramienta muy adecuada para explicarse posibles diferencias en rendimiento.

FIGURA N° 1

ESQUEMA DE UNA CURVA DE HUMEDAD

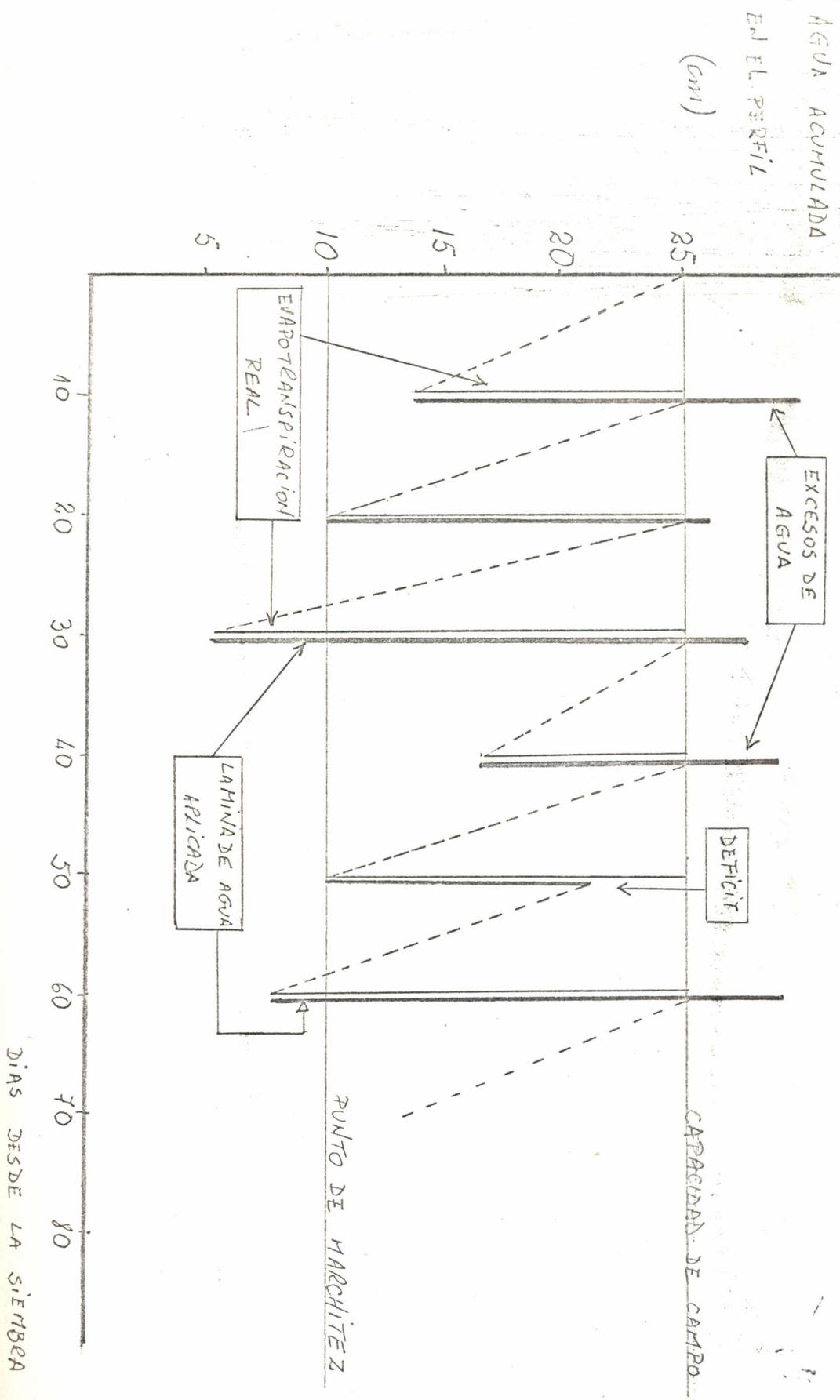
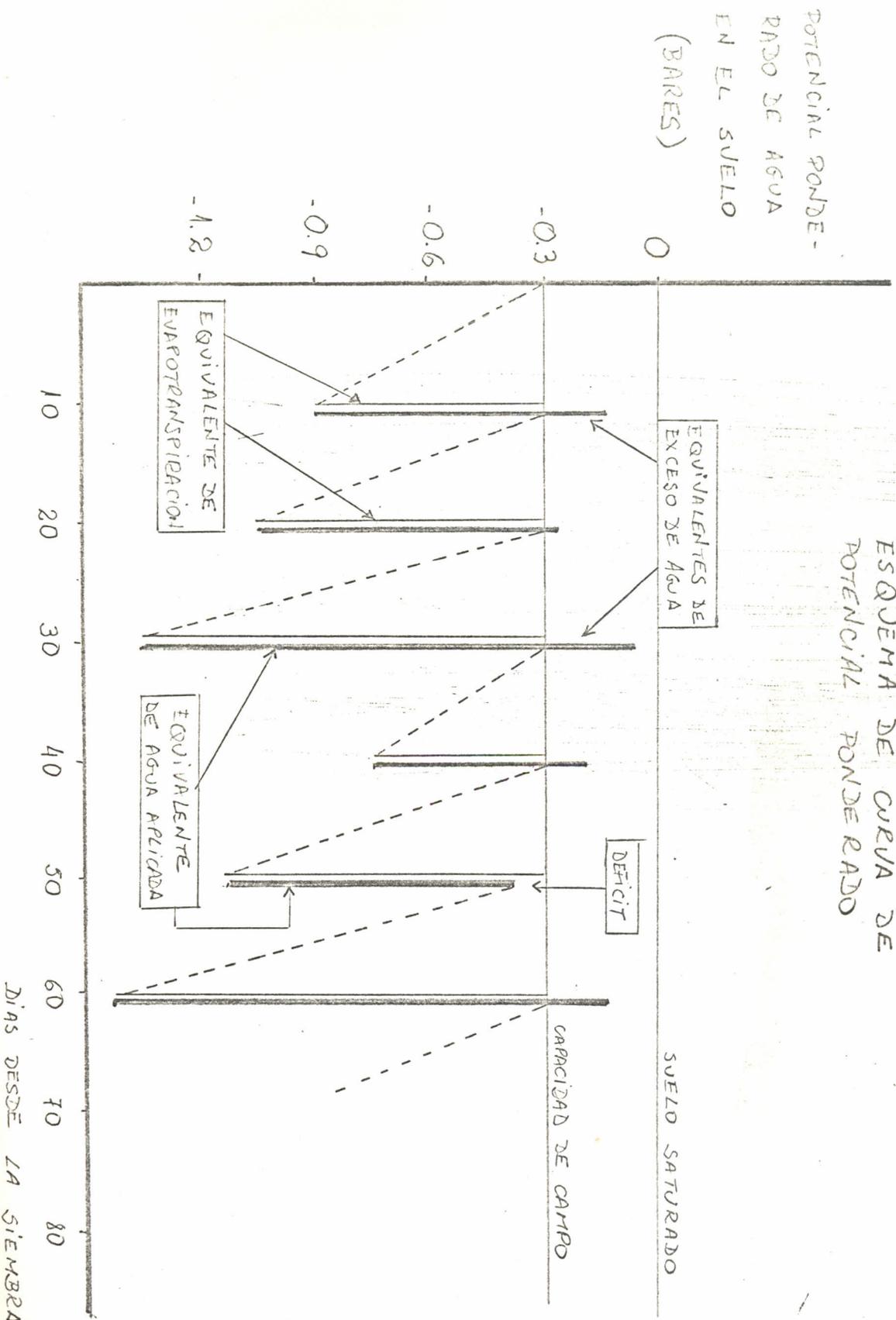


FIGURA Nº 2
 ESQUEMA DE CURVA DE
 POTENCIAL PONDERADO



Eta : Evapotranspiración ac
Q : Lámina de riego (cm)

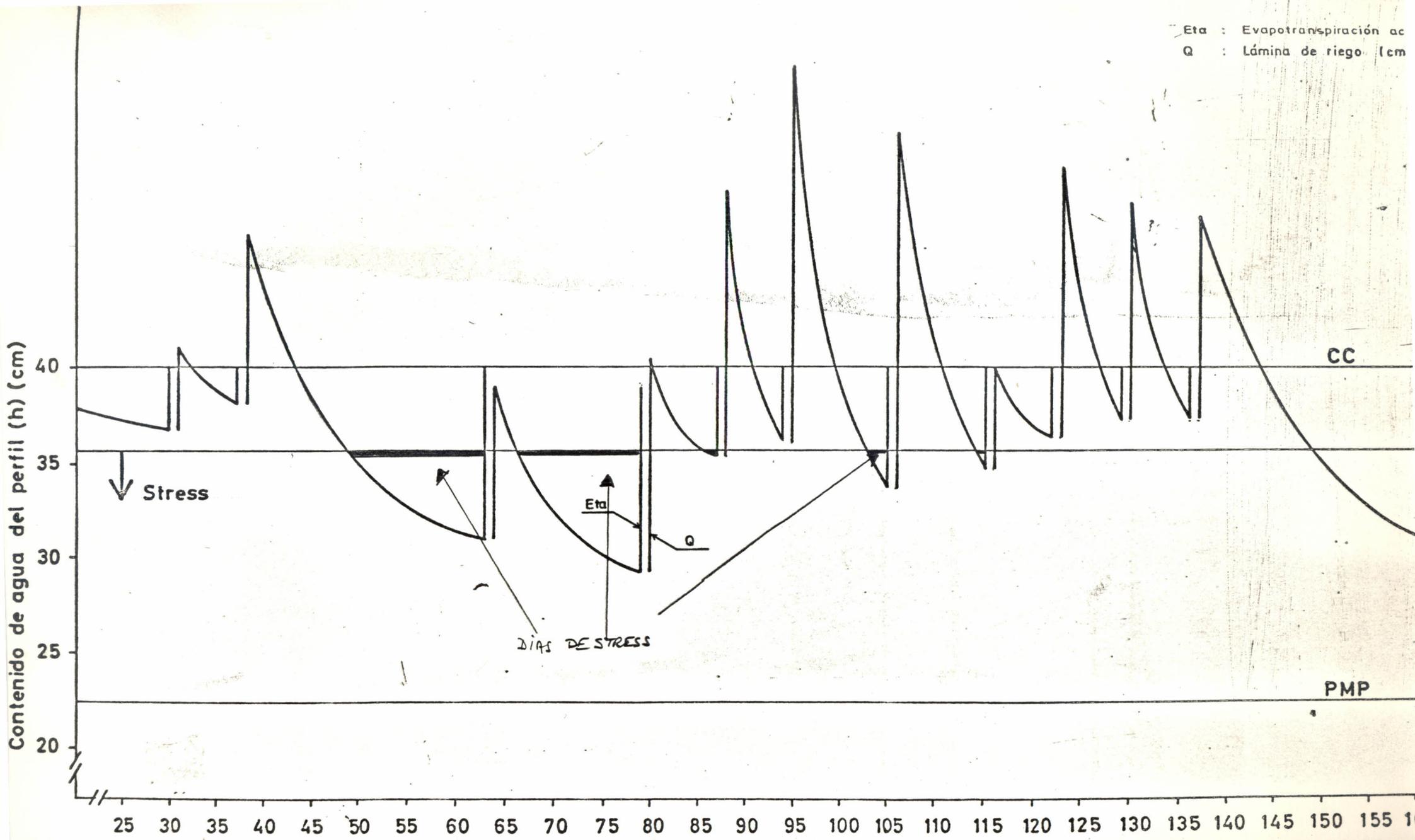


Figura 3

Curvas de humedad.
Tratamiento 3. Riego sobre los requerimientos.

Días desde siembra