

# Cálculo de calendarios de riego aplicación NEC-HID v.2.0

JOAQUÍN RODRÍGUEZ CHAPARRO (\*); ARIOSTO AGUILAR CHÁVEZ (\*\*)

**RESUMEN** Este artículo describe el modelo NEC-HID y las bases teóricas del mismo. Partiendo de los datos básicos, climatológicos, edáficos y de cultivos, se obtienen como resultado, con el modelo NEC-HID, la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ETo$ ) (por los métodos propuestos por la FAO de Penman Monteith, Penman modificado y Blaney Criddle modificado), la evapotranspiración del cultivo o cultivos de estudio, la precipitación efectiva, las necesidades de riego netas y el calendario de riegos.

## CALCULATION OF IRRIGATION CALENDARS. NEC-HID V.2.0

**ABSTRACT** This paper describes the NEC-HID model and its theoretical basis. From basic climatic, soil and crop data we obtain the reference crop evapotranspiration ( $ETo$ ) (Penman-Monteith, Penman modified and Blaney-Criddle modified FAO methods), the crop or crops evapotranspirations ( $ETc$ ), the effective rainfall, the net irrigation requirements and the irrigation calendar.

**Palabras clave:** Riego; Demandas; Evapotranspiración.

## 1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de disponer de herramientas rápidas, sencillas y fiables para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos se pone de manifiesto si consideramos que estas son un dato fundamental para:

- el dimensionamiento de los proyectos de riego y la valoración de sus requerimientos hídricos y, en su caso, energéticos.
- la organización de la explotación en las zonas de riego.
- el diagnóstico y la formulación del tratamiento en los proyectos de modernización de regadíos.

El Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX ha prestado una atención preferente a la cuantificación de las necesidades hídricas de los cultivos. Esta atención es la que ha dado lugar a la producción de la aplicación NEC-HID en colaboración con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). NEC-HID responde a la necesidad de disponer de una herramienta sencilla y fiable cuya clara presentación permite una fácil y rápida interpretación de los resultados con la que el especialista pueda tomar decisiones de cuanto y cuando regar.

## 2. EL MODELO NEC-HID

### 2.1. INTRODUCCIÓN

NEC-HID es una aplicación informática para determinar las necesidades hídricas netas de los cultivos a partir de informaciones sobre el clima y los cultivos.

Este programa utiliza los métodos semiempíricos de Penman Monteith, Penman Modificado y Blaney Criddle Modificado para determinar la evapotranspiración y los calendarios de riego.

En la figura nº1 se presenta un esquema de la aplicación NEC-HID.

La aportación que proporciona el programa para lograr este objetivo consiste en la generación y despliegue inmediato de gráficos de evapotranspiración del cultivo de referencia, evapotranspiración del cultivo, precipitación efectiva, así como del balance hídrico y los calendarios de riego cuya visualización gráfica facilita su comprensión.

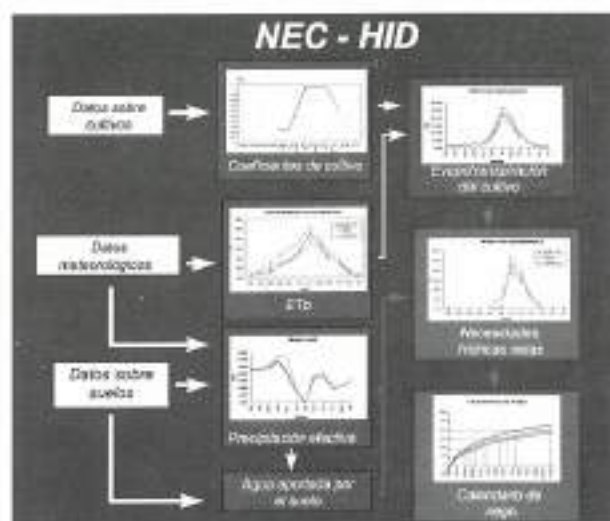


FIGURA 1. Aplicación NEC-HID.

(\*) Ingeniero Agrónomo del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, Mº de Fomento.

(\*\*) Maestro en Ingeniería Hidráulica, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, (IMTA).

## 2.2. ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN

La aplicación NEC-HID consta de un módulo principal programado en Quickbasic 4.5 y una serie de ficheros de apoyo con información general sobre los cultivos.

Del directorio donde se instala la aplicación, NEC-HID, derivan cuatro subdirectorios donde se almacenan los datos generales sobre cultivos (subdirectorio DATOS), los datos climáticos (subdirectorio CLIM), los datos particulares de los cultivos (subdirectorio CULT) y los resultados (subdirectorio ETP).

## 2.3. REQUERIMIENTOS INFORMÁTICOS DEL MODELO

Para el correcto funcionamiento e instalación del programa NEC-HID v.2.0 es necesario contar con un equipo de las siguientes características:

### Hardware:

Computadora IBM-XT/AT o cualquier otra compatible, con un procesador (80286, 80386, 80486 o pentium) y un disco duro con un espacio libre de al menos 200Kb. Monitor VGA.

### Software:

Sistema operativo MS DOS, versión 3.1 en adelante.

## 2.4. DESCRIPCIÓN OPERATIVA DEL MODELO NEC-HID

Al iniciar el trabajo con la aplicación NEC-HID se presentan las cinco opciones que se indican en la figura 2.

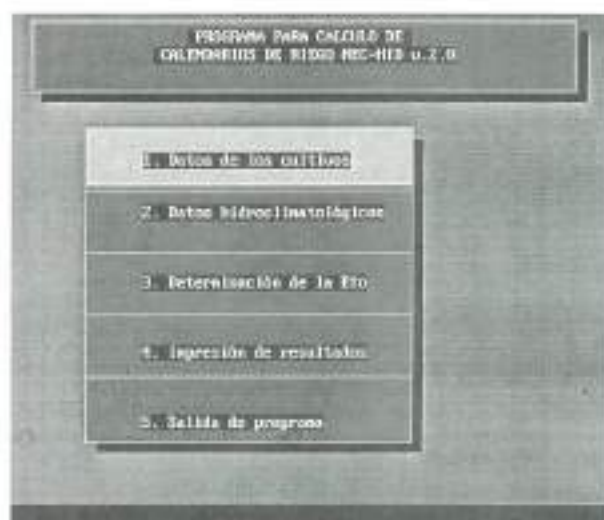


FIGURA 2. Principales opciones del programa NEC-HID.

### • Captura de datos de los cultivos

Esta opción es la n° 1, si la escogemos podemos indicar el nombre del archivo que queremos crear, o si ya fue creado, utilizar.

Podemos trabajar con cuatro tipos de cultivos distintos: extensivos, forrajeros, hortícolas y leñosos. En la figura n° 3 se muestran todos los cultivos con los que puede trabajar la aplicación.

De cada cultivo con el que se va a trabajar se piden los siguientes datos dependiendo del tipo:

En cultivos anuales se pide la duración en días de las cuatro fases, la dosis de riego neta en mm, la frecuencia de

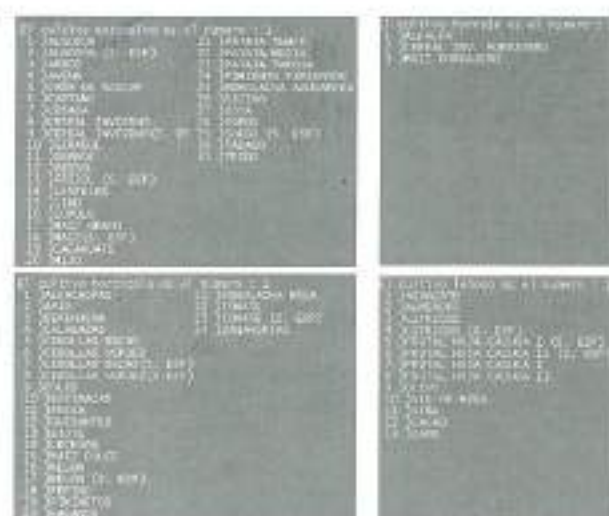


FIGURA 3. Cultivos con los que puede trabajar la aplicación.

riego en días, la fecha de siembra o plantación y la capacidad de almacenamiento del suelo.

En cultivos perennes únicamente se pide la dosis de riego neta en mm, la frecuencia de riego en días y la capacidad de almacenamiento del suelo.

### • Captura de datos hidroclimáticos

Es la opción n° 2, al escogérla podemos elegir un archivo ya generado, o bien generar uno. Este archivo consta de la siguiente información:

- Lugar de estudio (nombre).
- Latitud (grados y minutos).
- Longitud (grados y minutos).
- Altitud sobre el nivel del mar (metros).
- Relación entre el viento diurno y el nocturno.
- Altura a la que se hizo la medición de la velocidad del viento (metros).
- Capacidad de almacenamiento del suelo desnudo (mm).
- Año de registro climatológico.

A continuación el programa solicita los datos mensuales de temperatura, humedad relativa media, horas de sol, velocidad del viento y precipitación. En la figura n° 4 se muestra la pantalla donde se editan estos datos.

| MESES      | TEMPERATURA MEDIA (°C) | HUMEDAD RELATIVA (%) | HORAS DE SOL (h) | VELOCIDAD DEL VIENTO (km/h) | PRECIPITACIÓN (mm) |
|------------|------------------------|----------------------|------------------|-----------------------------|--------------------|
| ENERO      | 10.4                   | 7.8                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |
| FEBRERO    | 10.2                   | 8.4                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |
| MARZO      | 10.2                   | 8.4                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |
| ABRIL      | 10.2                   | 8.4                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |
| MAYO       | 10.2                   | 8.4                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |
| JUNIO      | 10.2                   | 8.4                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |
| JULIO      | 10.2                   | 8.4                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |
| AGOSTO     | 10.2                   | 8.4                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |
| SEPTIEMBRE | 10.2                   | 8.4                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |
| OCTUBRE    | 10.2                   | 8.4                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |
| NOVIEMBRE  | 10.2                   | 8.4                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |
| DICIEMBRE  | 10.2                   | 8.4                  | 188.7            | 20.4                        | 20.4               |

FIGURA 4. Pantalla de edición de los datos climatológicos.

### • Determinación de la evapotranspiración

Esta es la opción n° 3, permite utilizar los datos de cultivos y los climatológicos, para determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia, la evapotranspiración, la precipitación efectiva y el balance hídrico del cultivo seleccionado.

En esta opción se nos pide el nombre del archivo de datos de cultivos y el del archivo de datos climatológicos. Una vez introducidos estos, realiza los cálculos.

### • Presentación de resultados

En esta opción, la n° 4, del programa se nos presenta un menú con cuatro opciones (figura n° 5).

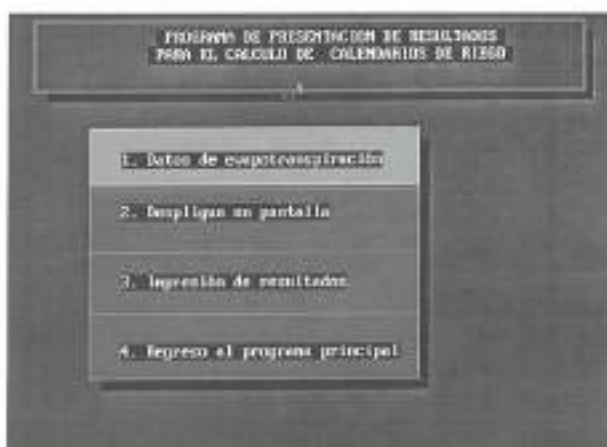


FIGURA 5. Menú de presentación de resultados.

Con la primera opción de este menú seleccionamos el fichero de resultados del cual queremos presentar información.

Con la segunda opción nos aparecerá una pantalla que nos indica los cultivos para los que se han realizado los cálculos.

Una vez escogido el cultivo del cual queremos presentar la información calculada nos da la opción de desplegar en pantalla la evapotranspiración o el calendario de riegos. Si escogemos la opción evapotranspiración nos da a elegir entre Penman Monteith, Penman modificado y Blaney Criddle modificado.

Al escoger uno de los métodos nos aparecen en pantalla cuatro gráficas (figura n° 6):

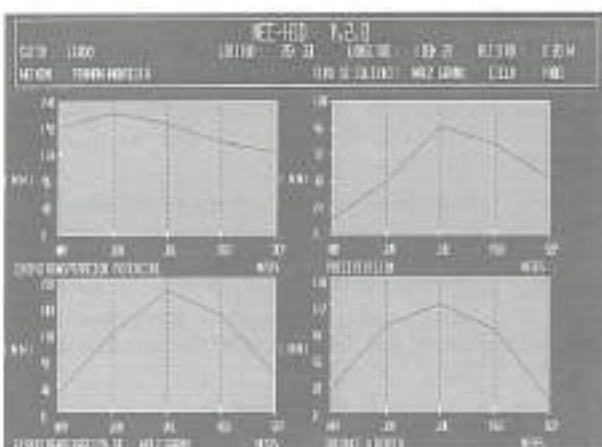


FIGURA 6. Presentación gráfica de resultados.

- Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm).
- Evapotranspiración del cultivo estudiado (mm).
- Precipitación efectiva (mm).
- Balance hídrico (mm).

Si escogemos la opción de calendario de riegos nos aparece en pantalla un gráfico como el de la figura n° 7.

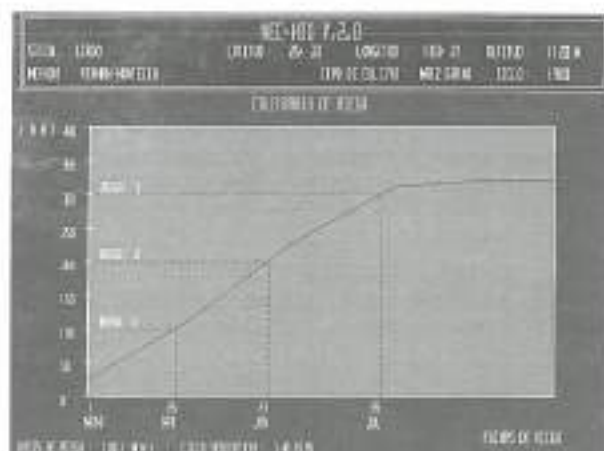


FIGURA 7. Presentación gráfica de resultados.

La tercera opción es la de impresión de resultados, con esta se pueden sacar por impresora los resultados numéricos de los cálculos de la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm), evapotranspiración del cultivo estudiado (mm), precipitación efectiva (mm) y balance hídrico (mm).

## 3. BASES TEÓRICAS DEL MODELO NEC-HID

### 3.1. BALANCE HÍDRICO

Las necesidades de riego de un cultivo expresan la cantidad de agua que es necesario aplicarle para compensar los déficits de humedad del suelo durante su periodo vegetativo. Sus necesidades de riego netas se calculan habitualmente estableciendo, para un determinado periodo, un balance entre las cantidades de agua requeridas para la evapotranspiración del cultivo y otros usos especiales, todo lo cual se contabiliza como "pérdidas", y las aportaciones naturales efectivas que constituyen las "ganancias".

Los parámetros que intervienen en el balance hídrico efectuado son: la evapotranspiración de los cultivos ( $ET_c$ ), la precipitación efectiva durante su periodo de permanencia en el terreno ( $P_e$ ) y el agua aportada por el suelo ( $A_s$ ).

La diferencia, entre el primero de los parámetros citados y los dos últimos calculada en términos mensuales, determina las demandas mensuales netas de cada cultivo, cuya suma expresa su dotación neta de riego.

$$Bh = Etc - Pe - As$$

### 3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETC)

Este parámetro se ha determinado utilizando los conceptos expuestos al efecto en la publicación "Crop water requirements", (Doorembos y Pruitt, 1977).

Según lo expresado en dicha publicación, la evapotranspiración de cada cultivo ( $ET_c$ ) se obtiene mediante el pro-

ducto de la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ) por el coeficiente de cultivo correspondiente ( $K_c$ ), respondiendo estos conceptos a las siguientes definiciones:

- Evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ): expresa el valor de la evapotranspiración que produce un cultivo exento de enfermedades, cultivado en una parcela extensa (de más de una hectárea), en condiciones de suelo óptimo, con fertilización y agua suficiente, y que alcanza su pleno potencial de producción en el medio vegetativo dado.
- Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ): expresa el valor de la evapotranspiración que produce una superficie extensa de cubierta vegetal de cultivo uniforme (8-15 cm de altura), constituida por gramíneas verdes en crecimiento activo, que proporciona al suelo una cobertura sombreada, y que no padece escasez de agua.
- Coeficiente de cultivo ( $K_c$ ): relación entre la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) y la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ), cuando ambas se dan en parcelas extensas y en condiciones de crecimiento óptimas.

### 3.2.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ )

De los cuatro procedimientos para la determinación de la  $ET_0$  que se exponen en el documento "Las necesidades de agua de los cultivos" —Blaney Criddle Modificado, Penman Modificado, Radiación y Evaporímetro de cubeta— los utilizados más ampliamente son los dos citados en primer lugar. Estos se han incluido en la aplicación así como el método de Penman Monteith propuesto como el más fiable en el documento "Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements" (FAO, 1991).

A continuación se exponen los algoritmos de cálculo de los tres métodos incluidos en la aplicación:

#### 3.2.1.1. Método Blaney-Criddle Modificado

La expresión de Blaney-Criddle modificada por Doorembos y Pruitt<sup>1</sup>, que permite obtener el valor medio mensual de la  $ET_0$  diaria en mm/día, es la siguiente:

$$ET_0 = a + b \cdot f$$

donde:

$$f \text{ (factor de uso consuntivo)} = p (0.46T + 8.13)$$

$$a = 0.0043 HR_{\min} - n/N - 1.41$$

$$b = 0.908 - 0.00483 HR_{\min} + 0.7949 n/N + 0.0768 [\ln(U_{2d} + 1)]^2 - 0.0038 HR_{\min} n/N - 0.000443 HR_{\min} U_{2d} + 0.281 [\ln(U_{2d} + 1)] [\ln(n/N + 1)] - 0.00975 [\ln(U_{2d} + 1)] [\ln(HR_{\min} + 1)]^2 [\ln(n/N + 1)]$$

los límites de aplicación de la ecuación anterior son:

$$0 \leq HR_{\min} \leq 100\%$$

$$0 \leq n/N \leq 1.0$$

$$0 \leq U_{2d} \leq 10 \text{ m/s}$$

siendo:

$ET_0$  : evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

$p$  : porcentaje de horas de sol diarias anuales en el período considerado.

$T$  : temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$n/N$  : relación de horas de sol efectivas.

$HR_{\min}$  : humedad relativa mínima (%).

$U_{2d}$  : velocidad diurna del viento a 2 m de altura.

#### 3.2.1.2. Método Penman Modificado

La expresión de Penman modificada por Doorembos y Pruitt, que permite obtener el valor medio mensual de la  $ET_0$  diaria, en mm/día, es la siguiente:

$$ET_0 = (W \cdot R_n + (1-W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)) / c$$

donde:

$ET_0$  : evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

$W$  : factor de ponderación.

$R_n$  : radiación neta sobre la superficie del cultivo (mm/día).

$f(u)$  : función de la velocidad del viento.

$(e_a - e_d)$  : déficit de presión de vapor (mbar).

$c$  : factor de corrección.

#### 3.2.1.3. Método Penman-Monteith

En la determinación de la  $ET_0$  por este procedimiento se ha utilizado la expresión incluida en el documento "Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO methodologies of crop water requirements" (FAO, 1991), que es la siguiente:

$$ET_0 = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \cdot \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot U_2 \cdot (e_a - e_d)$$

donde:

$ET_0$  : evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

$R_n$  : radiación neta sobre la superficie del cultivo ( $\text{MJ/m}^2$  día).

$G$  : flujo de calor del suelo ( $\text{MJ/m}^2$  día).

$T$  : temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$U_2$  : velocidad del viento a 2 m de altura.

$(e_a - e_d)$  : déficit de presión de vapor (kPa).

$\delta$  : pendiente de la curva de presión de vapor ( $\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$ ).

$\gamma^*$  : constante psicrométrica modificada ( $\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$ ).

$\lambda$  : calor latente de vaporización ( $\text{MJ/m}^2$  día).

#### 3.2.2. Coeficiente de cultivo ( $K_c$ )

El parámetro  $K_c$  correspondiente a un determinado cultivo expresa la relación entre su evapotranspiración ( $ET_c$ ) y la del cultivo de referencia ( $ET_0$ ) cuando ambos se desarrollan en condiciones de crecimiento óptimas y análogas. En su valor influyen las características fisiológicas de cada cultivo, la fecha de plantación, el ritmo de desarrollo, la duración del ciclo vegetativo y, especialmente durante la primera fase de desarrollo, la frecuencia de las lluvias o el riego.

Se ha optado por utilizar como método general de determinación de coeficientes el expuesto en la publicación de la FAO.

A efectos de determinación de los coeficientes  $K_c$ , en el procedimiento propuesto en la publicación "Crop water requirements" se distinguen cuatro fases durante el período vegetativo de los cultivos anuales:

- fase inicial: comprende desde la fecha de siembra hasta que tiene lugar la germinación y el crecimiento inicial del cultivo. Durante esta fase la superficie del suelo se encuentra prácticamente desprovista de cubierta vegetal.
- fase de desarrollo: comprende desde la terminación de la fase inicial hasta que el cultivo cubre la superficie del terreno.
- fase media: desde el final de la fase de desarrollo hasta el comienzo de la maduración, momento que se manifiesta a través de determinadas características que muestra el cultivo.

d) fase final: desde que determina la fase media hasta que se alcanza la plena maduración o se efectúa la recolección.

En los periodos "sin cultivo" de los cultivos anuales (suelo desnudo), la evaporación del suelo se ha valorado utilizando como valor de  $K_e$ , de acuerdo con el criterio expuesto en "Crop water requirements", el correspondiente a la fase inicial de los cultivos anuales.

En cuanto a cultivos forrajeros, en la alfalfa, aunque el valor de  $K_e$  registra determinadas variaciones como consecuencia de los sucesivos cortes que recibe el cultivo, a efectos de cálculo, se ha considerado suficientemente utilizar, durante el periodo en que los cortes se realizan, un valor medio constante establecido teniendo en cuenta las condiciones locales medias de viento y humedad. En los restantes periodos, el valor de  $K_e$  se ha asimilado al de la fase inicial de los cultivos anuales, obteniéndose en la misma forma que éste.

En los cítricos, los valores de  $K_e$  se han establecido en términos mensuales, a partir de la información que, en relación a ellos (cultivos en zonas predominantemente secas con vientos de débiles a moderados), se incluye en la publicación "Crop water requirements", para árboles maduros desarrollados y sin malas hierbas.

En los cultivos leñosos, los valores de  $K_e$  asignados a los frutales de hoja caduca se han establecido, en términos mensuales, a partir de la información contenida en la publicación "Crop water requirements" para condiciones de inviernos fríos con heladas letales, y considerando árboles desarrollados y sin malas hierbas.

### 3.3. PRECIPITACIÓN EFECTIVA ( $P_e$ )

Este parámetro se define como la fracción de la precipitación total utilizable para satisfacer las necesidades de agua del cultivo. Quedan por tanto excluidas de ella la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación de la superficie del suelo.

En esta aplicación se ha utilizado el elaborado por el Servicio de Conservación de Suelos del Ministerio de Agricultura de Estados Unidos, en el que los valores de la precipitación efectiva mensual (mm) se obtienen mediante la expresión:

$$P_e = (1,25247 P_t^{0,22416} - 2,93522) \cdot 10^{0,000062 P_t} \cdot f$$

En esta expresión:

$P_e$  = precipitación efectiva mensual (mm).

$P_t$  = precipitación total mensual (mm).

$U$  = uso consuntivo medio mensual (mm).

$f = 0,531747 + 0,011621D - 0,000089D^2 + 0,00000023D^3$ ,

siendo,

$D$  = dosis de riego neta (mm).

En la valoración de  $P_e$ , realizada para cada cultivo, el valor de  $U$  se ha asimilado al de  $ET_0$  y el valor asignado a  $D$ , considerando condiciones de suelo medias, ha sido, según el caso:

- en cultivos extensivos 75 mm
- en cultivos hortícolas 55 mm
- en alfalfa, praderas y cultivos leñosos 125 mm

En condiciones de suelo desprovisto de vegetación, el valor de  $ET_0$  se ha obtenido a partir de los valores correspondientes a la  $ET_0$  y utilizando como valor de  $K_e$ , de acuerdo

con el criterio expuesto en la publicación "Crop water requirements", el de la fase inicial de los cultivos extensivos. A estos efectos se ha considerado una frecuencia media de lluvias de 20 días.

### 3.4. AGUA APORTADA POR EL SUELO ( $A_s$ )

La consideración de este parámetro en el balance hídrico tiene por objeto evaluar, en los cultivos anuales, los excedentes de la precipitación efectiva sobre la evapotranspiración durante las épocas de lluvia, excedentes que, quedando almacenados en el suelo, pueden ser posteriormente aprovechados por ellos.

En los cultivos anuales se ha considerado que, cuando se efectúa la recolección, el cultivo ha llegado al límite del descenso tolerable de humedad, con lo que el suelo dispone de una capacidad para almacenar el agua de lluvia equivalente a la dosis neta ( $D$ , mm) en el momento en que se inicia el período "sin cultivo".

A partir de entonces cuando, en un determinado mes, la precipitación efectiva ( $P_e$ ) supera a la evapotranspiración del terreno desnudo, se considera que ese exceso de agua queda incorporado al suelo según el siguiente criterio:

- en su totalidad, si es  $\leq D$ .
- en una magnitud igual a la de  $D$  si es  $> D$ .

Si durante varios meses consecutivos  $P_e > ET_0$ , estos excedentes se incorporan mensualmente al suelo en tanto que su suma no supere el valor de  $D$ .

Así, al final del período sin cultivo, el suelo ha almacenado una altura de agua ( $A_s$ ), siempre  $\leq D$ , que se considera utiliza el cultivo siguiente. Esta agua que aporta el suelo,  $A_s$ , se deduce después en el balance hídrico mensual que se efectúa para calcular las dotaciones.

Con objeto de mantener del lado de la seguridad los valores de  $A_s$  y teniendo en cuenta el limitado desarrollo radicular de los cultivos en la fase inicial de su período vegetativo, que es cuando utiliza esa aportación, el valor de  $D$  utilizado en todos los casos para la evaluación de  $A_s$  ha sido el menor de los reseñados, es decir,  $D = 55$  mm.

### 3.5. CALENDARIOS DE RIEGO

#### 3.5.1. Lámina calculada

Se define como lámina calculada ( $L_c$ ) al agua necesaria para elevar el contenido de agua del suelo desde el punto de marchitamiento permanente (PMP) hasta la capacidad de campo (CC) en toda la profundidad radicular ( $Pr$ ). Para el cálculo de  $L_c$  se emplea la siguiente ecuación:

$$L_c = \left[ \frac{CC - PMP}{100} \right] Pr D_a$$

donde:

$L_c$  = lámina calculada (mm).

$PMP$  = punto de marchitamiento permanente (%).

$CC$  = capacidad de campo (%).

$D_a$  = densidad aparente ( $gr/cm^3$ ).

$Pr$  = profundidad radicular (mm).

#### 3.5.2. Calendario

Para determinarlo se utiliza un método gráfico. Consiste en realizar una gráfica de tiempo contra balance hídrico acumulado.

Para definir la fecha de riego se entra, sobre el eje correspondiente al balance hídrico acumulado, con el producto factor de consumo permisible por la lámina calculada y se sale sobre el eje de tiempos, obteniéndose la fecha del riego.

## 4. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, CH. A.; GARCÍA, V. N. *Calendarios de riego; Programa Penman V.1*, Publicación interna, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, 1991.
- AIRADOV I. P.; GOLOVANOV A. I.; MAMAEV M. G. *El riego*, URSS, Editorial MIR, 1985.
- American Society of Civil Engineers, *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice no. 70, New York, USA, 1990.
- BERNSTEIN L. "Las necesidades y usos del agua por las plantas", Water, Washington, D.C., Anuario publicado por el United States Department of Agriculture, 1955.
- BLANEY H. F. "El clima como índice de las necesidades de riego", Water, Washington, D.C., Anuario publicado por el United States Department of Agriculture, 1955.
- CUENCA, H. R. *Irrigation System Design: an Engineering Approach*, New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1989.
- DOORENBOS and PRUITT, FAO, *Crop Water Requirements*, Irrigation and Drainage Paper 24, Roma, Italia, 1977.

- FAO, *Expert Consultation on Revision of FAO Methodologies for Crop Water Requirements*, Land and Water Development Division, Roma, Italia, octubre 1991.
- ISRAELSEN O. W.; HANSEN V. E. *Principios y aplicaciones del riego*, España, Editorial Reverté, 1981.
- NOTARIO, B. C. *Apuntes del Curso internacional de ingeniería de regadíos*, Madrid, Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, Vol. III, 1992.
- TAYLOR S. A. "¿Cuándo hay que regar y cuánta agua hay que emplear?", Water, Washington, D.C., Anuario publicado por el United States Department of Agriculture.
- TROENTHWAITE C. W.; MATHER J. R. "El presupuesto hídrico y su uso en el riego", Water, Washington, D.C., Anuario publicado por el United States Department of Agriculture, 1965.
- TORRES, A. *Agrometeorología*, México, Editorial Diana, 1983.
- Los fundamentos de la agricultura*, México, Editorial Océano/Centrum, Biblioteca práctica agrícola ganadera, 1989.
- WITHERS B.; VIPOND S. *El riego*, México, Editorial Diana, 1983.
- ZIMMERMAN, D. J., *El riego*, México, Editorial CECSA, 1982.

## Fusión de dos empresas líderes en el mercado de química para la construcción: BETTOR, S.A. y HALESA MBT, S.A.

El proceso de adquisición por parte de SKW Trostberg AG (Alemania) de *Maters Builders Technologies - MBT* (Suiza), División de Química para la Construcción de Sandoz AG, ha supuesto en nuestro país la fusión de sus respectivas filiales españolas, BETTOR, S.A. y HALESA MBT S.A.

La operación de compra a nivel mundial ascendió a 1,3 Millardos de francos suizos. El nuevo grupo "SKW-MBT Construction Chemicals" cuyas ventas consolidadas ascenderán aproximadamente en 1996 a 2,4 Millardos de DM aproximadamente, con 6.500 colaboradores repartidos en más de 100 centros de producción de 40 países, ofrecerá la gama más completa, existente en el mercado mundial, de productos químicos y servicios para el sector de la construcción.

En España la existencia de sus filiales ha supuesto la fusión de las dos firmas:

**BETTOR, S.A.** es una empresa del grupo SKW Trostberg, líder en el mercado español de Aditivos para hormigón y mortero, con posiciones muy destacadas en los mercados de productos y sistemas para Saneamiento y Reparación del hormigón, Pavimentos industriales, Colocación de gres y cerámica, Láminas drenantes, Geotextiles e Impermeabilizantes. Habiendo destacado en los últimos años por sus innovadoras concepciones de marketing industrial como el Sistema Mornix de mortero retardado (este año es su 16º Aniversario) y el Club Dir de aplicadores oficiales de la firma. Su facturación para 1996 se situará en torno a los 3.600 millones de ptas. Las oficinas centrales y planta de producción, dotada de los últimos avances tecnológicos en procesos de fabricación, están ubicadas en Palau de Plegamans (Barcelona), y cuenta también con delegaciones en todo el territorio nacional.

**Halesa MBT S.A.** fue adquirida en 1989 por Masters Builders Technologies, División de Química para la Construcción de Sandoz AG. Se dedica asimismo a la fabricación, comercialización y asesoramiento en la aplicación de productos químicos para la construcción. Líderes en sistemas para Construcción Subterránea, destacan por la incorporación de innovaciones técnicas en el sector de los Aditivos para hormigón y mortero, en el segmento de pavimentos industriales y en el segmento de obras públicas, con productos y sistemas innovadores especialmente diseñados para ellos. Su facturación prevista alcanzará en 1996 los 1.800 millones de ptas. La sede social se localiza en Mejorada del Campo (Madrid), donde se cuenta también con una fábrica equipada con modernos e innovadores procesos de fabricación, y dispone igualmente de delegaciones distribuidas por todo el país.

Realizada la fusión, efectiva desde el pasado 2 de diciembre, se inicia el proceso de creación de la empresa **BETTOR MBT, S.A.** con sede central en Palau de Plegamans (Barcelona), que contará con las dos plantas de producción de Barcelona y Madrid para suministrar a todo el territorio nacional y cuyas ventas estimadas para 1997 alcanzarán los 5.000 millones de ptas.

La gerencia de la nueva firma estará bajo la responsabilidad de Carlos Santacreu y Felix Selinger. El primero, C. Santacreu, como Consejero Delegado y portavoz de la Gerencia, y F. Selinger como Director General.