

Un método para estimar los requerimientos de almacenamiento de agua con fines de riego

Se presenta un método para el cálculo de los requerimientos de almacenamiento con fines de riego para una finca. Este método es aplicable en primera instancia cuando se proyecta regar con riego por aspersión, pero es aplicable a otros métodos de riego haciendo las adaptaciones pertinentes.

HERNANDO BURITICA M.
Profesor asociado ing. agrícola
Universidad Nacional

Pag. 5 — 9
Ingeniería e Investigación
Volumen 3 N° 2
Trimestre 1 — 1985

En la mayoría de las regiones agrícolas de Colombia se dispone de un régimen de lluvias muy variable a lo largo del año, lo cual hace que deba disponerse alternativamente de sistemas de riego y drenaje en los meses de verano y de invierno.

El precisamente en la época de verano cuando las fuentes de abastecimiento de agua para riego: ríos, arroyos, quebradas, pozos, etc. están más deprimidas como consecuencia de la poca pluviosidad y del uso intensivo que se hace para riego y otros fines, no pudiéndose dotar a los cultivos con las dosis apropiadas de riego, situación que se refleja en los bajos rendimientos de las cosechas.

El establecimiento de un sistema de almacenamiento de los excedentes de agua de los meses lluviosos puede garantizar un abastecimiento seguro para el riego con otras ventajas como son las de poder disponer de suministro adecuado con fines domésticos, atenuar los efectos erosivos de las corrientes, criadero de peces, etc.

Es de anotar que los volúmenes de agua empleados para riego, son elevados (del orden de 50 metros cúbicos por día y por hectárea) y que por tanto los reservorios proyectados para almacenar agua de los meses de invierno con este propósito, deban construirse preferiblemente donde las condiciones topográficas permitan un vaso profundo.

El método propuesto permite hacer una estimación de los volúmenes de agua requeridos para riego de un cultivo cuando se prevé un período de sequía determinado.

INFORMACION REQUERIDA

Cultivos

Uso consuntivo máximo y profundidad radicular efectiva.

El uso consuntivo puede estimarse a partir de la evaporación del tanque "A", según el método propuesto por Christiansen .

$$UC = KEv$$

donde:

UC es el uso consuntivo;

K es el factor de cultivo;

Ev es la evaporación del tanque "A" real o estimada.

La profundidad radicular efectiva es la profundidad del suelo explorada por las raíces de las plantas para extraer el 90% de la humedad requerida. Esta profundidad es variable para cada cultivo y está limitada por las condiciones del suelo.

Suelos y método de riego

Textura, capacidad de retención de humedad aprovechable, velocidad de infiltración básica, perfil estructural.

Superficie total que debe regarse, sistema de riego empleado, eficiencias de aplicación y de conducción, número de horas de trabajo por día, número de días en que no se regará, etc.

Caudal disponible en la fuente.

Deben hacerse aforos de caudales mínimos y máximos.

PROCEDIMIENTO

Lámina neta de riego (L_n) en centímetros

Cuando no se especifica lo contrario, el cálculo se hace para las condiciones críticas de máximo desarrollo radicular y uso consuntivo máximo:

$$L_n = Ca H Pr$$

donde L_n es la lámina neta de riego;

Ca es el coeficiente de reposición o de agotamiento de la humedad del suelo en décimos (0.5 para la mayoría de los cultivos);

H es la capacidad de retención de humedad aprovechable del suelo en centímetros de agua por metro de profundidad de suelo;

Pr es la profundidad efectiva de raíces en metros.

Lámina bruta de riego (L_b)

$$L_b = L_n/E$$

donde L_b es la lámina bruta de riego en centímetros;

E es la eficiencia del sistema de riego (E es el producto de la eficiencia de aplicación por la eficiencia de los sistemas de conducción) medida en centésimos.

Frecuencia de riego (FR) en días:

$$FR = L_n/UC_{max}$$

Período de riego (PR), número de días durante los cuales se hará efectivamente el riego:

$$PR = FR - \text{No. de días sin riego.}$$

Velocidad de aplicación (riego por aspersión) (V_a) en centímetros por hora:

$$V_a = 0.9 \text{ (infiltración básica)}$$

Tiempo (minutos) para regar un lote (Tr):

$$Tr = 60L_b/V_a$$

Número de lotes que se riegan en un día (L/D):

$$L/D = 60Ht/Tr$$

Se ajusta a un número entero según preferencias del regador.

Superficie que debe regarse en un día (Has.):

$$\text{Has}/D = \text{Superficie total}/PR$$

Superficie del lote que debe regarse en una tanda:

$$\text{Has}/T = (\text{Has}/D)/(L/D)$$

Caudal requerido por el sistema de riego (litros por segundo):

$$Q = 1666.7 (\text{Has}/T L_b)/Tr$$

$$Q(\text{GPM}) = 15.85Q \text{ (lts/seg)}$$

Volumen de agua requerido para el último día de riego (metros cúbicos):

$$V_r = 0.060 (Q - Q_f)Tr$$

Volumen de agua almacenado entre el fin de un día de riego y el principio del otro:

$$V_s = 0.06Q_f(1440 - TrL/D)$$

Volumen de agua requerido para regar toda la superficie:

$$V_n = (V_r - V_s)PR + V_s$$

Volumen de agua requerido para regar considerando un período de sequía igual a n veces la frecuencia de riego:

$$V_n(n) = nV_n - 86.4(n - 1)(FR - PR)Q_f$$

Volumen bruto de agua requerido para regar considerando un embalse muerto de $x\%$ y pérdidas por evaporación del $e\%$:

$$V_b(n) = V_n(n) \times (x + e)/100$$

CALCULO DE UN EJEMPLO

Una finca de 10 hectáreas en la Sabana de Bogotá sembrada con pastos mejorados dispone de una fuente de agua para riego consistente en un arroyo que durante el período de verano transporta un caudal de 100 litros por minuto. Se desea construir un reservorio y se quiere estimar el volumen de agua que debe almacenarse.

INFORMACION

Cultivo:

Pasto tetralite

Profundidad radicular efectiva: 0.5 ms.

Evaporación del tanque: 5.0 mms/día

Factor de cultivo (K): 1.0

Uso consuntivo máximo: 5.0 mms/día

Suelos:

0 — 50 Cms. Suelo franco arcilloso, con capacidad de retención de humedad aprovechable de 18 cms/m. Peso específico aparente de 1.2 gs/cm³. Velocidad de infiltración básica de 1.0 cm/h;

50 — 100 Cms. Suelo arcilloso con capacidad de retención de humedad aprovechable de 20 cms/m. Peso específico aparente de 1 gs/cm³ cúbico.

Se va emplear riego por aspersión con una eficiencia estimada de 0.75. Se desea trabajar durante máximo 14 horas por día y disponer de 2 días para hacer mantenimiento del equipo.

CALCULO DE LAS NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO

Lámina neta de riego:

$$L_n = 0.5 \times 18 \times 0.5 = 4.5 \text{ cms.}$$

Lámina bruta de riego:

$$L_b = 4.5/0.75 = 6.0 \text{ cms.}$$

Frecuencia de riego:

$$FR = 4.5/0.5 = 9.0 \text{ días}$$

Período de riego:

$$PR = 9 - 2 = 7 \text{ días}$$

Velocidad de aplicación:

$$V_a = 0.9 \times 1.0 = 0.9 \text{ cms/h}$$

Tiempo para regar un lote:

$$T_r = 60 \times 6/0.9 = 400 \text{ minutos}$$

Número de lotes que se riegan en un día:

$$L/D = 60 \times 14/400 = 2.1 \text{ (Se aproxima a 2)}$$

Superficie que debe regarse en un día:

$$Has/D = 10/7 = 1.43 \text{ Has.}$$

Superficie del lote que debe regarse en una tanda:

$$Has/T = 1.43/2 = 0.715 \text{ Has.}$$

Caudal requerido por el sistema de riego:

$$Q = 1666.7 \times 0.715 \times 6/400 \\ = 17.86 \text{ ls/seg} = 283$$

Volumen de agua requerido para el último día de riego:

$$V_r = 0.06(17.86 - 100/60) \times 400 \times 2 \\ = 777.3 \text{ ms. cub.}$$

Volumen de agua almacenado entre el fin de un día de riego y el principio de otro:

$$V_s = 0.06 \times 100/60(1440 - 400 \times 2) = 64 \\ \text{metros cúbicos}$$

Volumen de agua requerido para regar toda la superficie:

$$V_n = 10(777.3 - 64) + 64 = 5056 \text{ metros cúbicos}$$

Volumen de agua requerido para regar toda la superficie considerando un período de sequía de 24 días:

$$V_n(2) = 2 \times 5056 - 86.4 \times (9 - 2) 100/60 = \\ = 9824 \text{ metros cúbicos.}$$

Volumen de agua bruto requerido considerando un embalse muerto del 20% y pérdidas por evaporación del 10% para un período de sequía de 18 días (dos veces la frecuencia de riego):

$$V_b(2) = 1.3 \times 9824 = 12771 \text{ metros cúbicos}$$

```

.LIST
5 REM *****PROGRAMA PARA EL CALC
  ULO DE LAS*****
8 REM *****NECESIDADES DE ALMA-
  NAMIENTO*****
9 REM *****DE AGUA PARA RIEGO***
  ***
10 HOME
20 PRINT TAB( 5):"CALCULO DE LA
  S NECESIDADES DE"
30 PRINT TAB( 3):"ALMACENAMIENT
  ODE AGUA PARA RIEGO": PRINT
  : PRINT : PRINT
40 INPUT "NOMBRE DE LA FINCA, VE
  REDA Y MUNICIPIO  ":A$,B$,C
  $: PRINT : PRINT
50 INPUT "SUPERFICIE DE RIEGO? (
  HAS)  ":S
55 PRINT
60 INPUT "PROFUNDIDAD RADICULAR?
  (MS)  ":PR: PRINT : PRINT
70 INPUT "USO CONSUNTIVO MÁXIMO?
  (MMS)  ":UCMAX: PRINT : PRINT
80 INPUT "RE MEDAD A PAVE
  CHABLE? (CMS/M)  ":H: PRINT
  : PRINT
90 INPUT "VELOCIDAD DE INFILTRAC
  ION BASICA? (CMS/H)  ":I
95 PRINT
100 INPUT "COEFICIENTE DE AGOTAM
  IENTO? (0.1 -0.9)  ":CA: PRINT
  : PRINT
105 PRINT : PRINT
110 INPUT "EFICIENCIA DEL SISTEM
  A? (0.10 - 0.90)  ":E
115 PRINT
120 INPUT "HORAS DE TRABAJO/DIA?
  ":HT
125 PRINT : PRINT
130 INPUT "NO. DE DIAS SIN OPERA
  CION DE RIEGO?  ":ND: PRINT
  : PRINT
140 INPUT "CAUDAL MINIMO DE LA F
  UENTE? (LS/MINUTO)  ":QF
145 PRINT : PRINT
150 LN = CA * H * PR
160 E = E + 0.001
170 LB = LN / E
173 LB = LB + 0.7
175 LB = INT (LB)
180 UCMAX = UCMAX + 0.001
190 FR = LN / (UCMAX * 0.1)
195 FR = INT (FR + 0.5)
200 PR = FR - ND
210 SD = S / PR

```

```

220 I = I + 0.001
230 VA = 0.9 * I
240 TR = (60 * LB) / VA
250 TR = INT (TR + 0.1)
260 TDR = (60 * HT) / TR
265 TDR = INT (TDR + 0.1)
270 SS = SD / TDR
280 Q = 1666.7 * SS * LB / TR
290 GPM = 15.85 * Q
300 VR = 0.06 * (Q - QF / 60) * T
    R * TDR
310 VS = 0.06 * (QF / 60) * (1440
    - (TR * TDR))
320 VN = FR * (VR - VS) + VS
330 PRINT "LAMINA NETA DE RIEGO
    ES (CMS): ";LN: PRINT
340 PRINT "LAMINA BRUTA DE RIEGO
    ES (CMS): ";LB: PRINT
350 PRINT "FRECUENCIA ENTRE RIEG
    OS ES (DIAS): ";FR
355 PRINT : PRINT "EL TIEMPO DE
    REGADO ES: ";TR: PRINT : PRINT
    "LOTES A REGAR/DIA ";TDR
360 PRINT "TODO LA SUPERFICIE DE
    BE REGARSE EN (DIAS): ";PR
365 PRINT
370 PRINT "LA SUPERFICIE QUE DEB
    E REGARSE POR DIA ES (HAS):
    ";SD: PRINT
380 PRINT "LA SUPERFICIE QUE DEB
    E REGARSE SIMULTANEAMENTE ES
    (HAS): ";SS: PRINT
390 PRINT "EL CAUDAL REQUERIDO E
    S (LS/SEG): ";Q: PRINT "GPM
    ";GPM: PRINT
400 PRINT "VOLUMEN DE AGUA REQUE
    RIDO PARA EL ULTIMO DIA DE R
    IEGO ES (METROS CUBICOS) ";
    VR: PRINT
410 PRINT "VOLUMEN DE AGUA RECUP
    ERADO ENTRE UN DIA DE RIEGO
    Y EL SIGUIENTE ES (MS CUB.)
    ";VS: PRINT
420 PRINT "VOLUMEN DE AGUA REQUE
    RIDO PARA UNA TEMPORADA DE R
    IEGO ES (MS CUB.): ";VN: PRINT
4306)PRINT "VOLUMEN"; TAB( 40);"VOL
    UMEN"
    PRINT TAB( 3);"DE RIEGO"; TAB(
    16);"NETO"; TAB( 40);"BRUTO"
450 FOR I = 1 TO 10
458 X = I - 1
460 VN(I) = I * VN - (X * 86.4 *
    (FR - PR) * (QF / 60))
470 VB(I) = VN(I) * 1.3
480 PRINT TAB( 8);I; TAB( 16);V
    N(I); TAB( 40);VB(I)
490 NEXT I
495 PRINT : PRINT : PRINT
500 INPUT "DESEA HACER OTRO CALC
    ULO? (S=SI N=NO) ";Z#
510 IF Z# = "SI" THEN 40
520 IF Z# = "NO" THEN 530
530 PRINT "MUCHAS GRACIAS!!"
540 END

```

ERUN
 CALCULO DE LAS NECES
 AMIENTODE AGUA PARA RIEGO

NOMBRE DE LA FINCA, VEREDA Y MUNICIPIO LA CAJITA
 ??SUBIA
 ??SILVANIA

SUPERFICIE DE RIEGO? (HAS) 10

PROFUNDIDAD RADICULAR? (MS) .5

USD CONSUNTIVO MAXIMO? (MMS) 5

RETENCION DE HUMEDAD APROVECHABLE? (CMS/M) 18.

VELOCIDAD DE INFILTRACION BASICA? (CMS/H) 1.0

COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO? (0.1,-0.9) 0.5

EFICIENCIA DEL SISTEMA? (0.10 - 0.90) 0.75
 HORAS DE TRABAJO/DIA? 14
 NØ. DE DIAS SIN OPERACION DE RIEGO? 2
 CAUDAL MINIMO DE LA FUENTE? (LS/MINUTO) 100
 LAMINA NETA DE RIEGO ES (CMS): 4.5
 LAMINA BRUTA DE RIEGO ES (CMS): 6
 FRECUENCIA ENTRE RIEGOS ES (DIAS): 9
 L TIEMPO DE REGADO ES: 399
 LOTES A REGAR/DIA 2
 TODO LA SUPERFICIE DEBE REGARSE EN (DIAS): 7

LA SUPERFICIE QUE DEBE REGARSE POR DIA ES (HAS): 1.42857143

LA SUPERFICIE QUE DEBE REGARSE SIMULTANEAMENTE ES (HAS): .714285714

EL CAUDAL REQUERIDO ES (LS/SEG): 17.9022556
 GPM 283.750752

VOLUMEN DE AGUA REQUERIDO PARA EL ULTIMO DIA DE RIEGO ES (METROS CUBICOS)
 777.36

VOLUMEN DE AGUA RECUPERADO ENTRE UN DIA DE RIEGO Y EL SIGUIENTE ES (MS CUB.)
 64 METROS CUBICOS

VOLUMEN DE AGUA REQUERIDO PARA UNA TEMPORADA DE RIEGO ES (MS CUB.): 5056.32

| TEMPORADA DE RIEGO | VOLUMEN NETO | VOLUMEN BRUTO |
|-----------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 5056.32 | 6573.216 |
| 2 | 9824.64 | 12772.032 |
| 3 | 14592.96 | 18970.848 |
| 4 | 19361.28 | 25169.664 |
| 5 | 24129.6 | 31368.48 |
| 6 | 28897.92 | 37567.296 |
| 7 | 33666.24 | 43766.112 |
| 8 | 38434.56 | 49964.928 |
| 9 | 43202.88 | 56163.744 |
| 10 | 47971.2 | 62362.56 |

DESEA HACER OTRO CALCULO? (S=SI N=NO) N
 MUCHAS GRACIAS!!

BIBLIOGRAFIA

Buriticá, Hernando. "Manual de riego y drenaje". I parte. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional. Bogotá. 1982.

Hargreaves, H. George. "Consumptive Use Computations from Evaporation Pan Data". U.S.A.I.D. Bogotá. 1966.

U.S.D.A. Soil Conservation Service. "National Engineering Handbook". Section 15 Irrigation. Chapter I: Soil Plant Water Relationships. U.S.D.A. Soil Conservation Service. Washington. U.S.A. 1966.