

Requisitos de riego para sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico^{1,2}

Megh R. Goyal³ y Eladio A. González

RESUMEN

Se estimó el requisito de riego neto (RRN) del sorgo para 5 épocas de siembra y 3 períodos distintos que terminaban a los 3, 3.5 y 4 meses. El estudio se hizo en las subestaciones agrícolas de Fortuna e Isabela, Puerto Rico. La subestación de Fortuna, Juana Díaz, está localizada en la costa semiárida del sur y la de Isabela en la costa húmeda del norte. Se utilizó el modelo modificado de Blaney-Criddle para estimar el uso consuntivo mensual a base de los promedios de temperatura y lluvia mensual. EL UC y RRN fueron mayores en la subestación de Fortuna para todas las fechas de siembra. En la siembra de enero, el RRN (pulg.) varió de 2.57 a 3.83, 0.71 a 3.83 y 2.13 a 4.24 para los períodos de 3, 3.5 y 4 meses en Fortuna, respectivamente, mientras que en Isabela los valores variaron de 1.53 a 2.76, 0.00 a 2.76 y 1.18 a 3.03 para los mismos períodos. El RRN (pulg.) total para Fortuna fue 9.36, 11.13 y 12.79 para los períodos de 3, 3.5 y 4 meses, respectivamente. Para estos mismos períodos en Isabela los valores fueron 6.45, 7.40 y 8.80, respectivamente. En ambos sitios el RRN mínimo ocurrió en marzo en el período de 3 meses y en abril para los períodos de 3.5 y 4 meses. En todas las fechas de siembra el RRN (pulg.) total varió de 8.46 a 9.36, de 10.37 a 11.13 y de 11.67 a 12.79 en Fortuna y de 5.34 a 6.45, de 6.36 a 7.40 y de 7.51 a 8.80 en Isabela, en los períodos de 3, 3.5 y 4 meses, respectivamente. En ambos sitios el RRN mínimo se observó en las siembras de noviembre, mientras que el RRN total máximo se observó en la siembra de enero. El RRN se estimó también para 20% de probabilidad de lluvia, lo cual representa un año seco.

ABSTRACT

Irrigation Requirements of Sorghum in South and North Coasts of Puerto Rico

Net irrigation requirements (NIR) of sorghum were estimated for three crop durations (3, 3.5 and 4 months), and 5 planting dates at the Fortuna Agricultural Experiment Substation, Juana Díaz, in the south coast of Puerto Rico and the Isabela Agricultural Experiment Substation, in the north coast of Puerto Rico. Modified Blaney-Criddle model was used to estimate monthly consumptive use (CU) with the temperature and rainfall data for these two locations. CU and NIR were highest at Fortuna than at Isabela for all three crop durations. For the January planting, the monthly NIR range (in) was 2.57 to 3.83 for 90 days, 0.71 to 3.83 for 3.5 months

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 30 de noviembre de 1987.

²Este estudio se realizó auspiciado por el USDA Grant No. 85-CSRS-2-2664, proyecto CBAG-PR-23, "Irrigation Requirement Estimation in Puerto Rico."

³Agrónomo Auxiliar e Ingeniero Agrícola Asociado, Estación Experimental Agrícola, Recinto Universitario de Mayagüez, Río Piedras, Puerto Rico.

and 2.13 to 4.24 for 120 days at Fortuna; and 1.53 to 2.76 for 3 months; 0.00 to 2.76 for 105 days; 1.18 to 3.03 for 4 months at Isabela. Seasonal NIR (in) was 9.36 for 3 months, 11.13 for 3.5 months, 12.79 for 120 days at Fortuna compared with 6.95 for 3 months, 7.40 for 105 days, 8.80 for 4 months at Isabela. At both locations minimum NIR was observed in March for 3 months and in April for 3.5 and 4 months. For all planting dates, seasonal NIR (in) ranged between 8.46 to 9.36, 10.37 to 11.13, and 11.67 to 12.79 for 3, 3.5 and 4 months at Fortuna compared with 5.34 to 6.45, 6.36 to 7.40 and 7.51 to 8.80 for 3, 3.5 and 4 months at Isabela. In both locations minimum total NIR was observed in the November planting, whereas maximum total NIR was observed in the January planting. NIR was also estimated for a 20% rainfall probability which would represent dry years.

INTRODUCCIÓN

Los factores ambientales ejercen una gran influencia sobre la transpiración y apertura de los estomas. De este modo el ambiente ejerce un control sobre el agua que se mueve a través de la planta. Si el agua del suelo es escasa y no la repone la lluvia o el riego, los cultivos se afectan (2). Los requisitos de agua mayormente los suplen la lluvia y el riego. En los lugares donde la lluvia se distribuye uniformemente durante el período de crecimiento del cultivo, el requisito de riego es mínimo. En Puerto Rico, las lluvias tienen un patrón irregular (7). Por ello, se requiere regar para tener éxito con los cultivos sembrados en las costas sur y norte de Puerto Rico. Es necesario saber el requisito de riego neto (RRN) de los cultivos para estas zonas si se quiere tener éxito en un proyecto que requiera que se riegue (1,9). El boletín técnico No. 21 del USDA (9) cubre los procedimientos para estimar el requisito de riego en una finca o proyecto (9). Hackbart (5) ha desarrollado un programa computadorizado para estimar el requisito de riego neto (RRN) para varios cultivos a base del modelo de Blaney-Criddle (1) y el boletín técnico del USDA (9).

Este estudio se hizo para estimar el RRN del sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estimado de agua usada (uso consuntivo, UC), lluvia efectiva (LIE) y el requisito de riego neto (RRN) del sorgo se calcularon para cinco posibles fechas de siembra y tres períodos que finalizan a los 3, 3.5 y 4 meses (6)⁴. El estimado se hizo para las subestaciones experimentales de Fortuna e Isabela.

Los valores de la capacidad del campo (10, 11) fueron 7.5 cm. para el suelo San Antón en Fortuna y 10 cm. para el suelo Coto en Isabela (cuadro 1). El cuadro 1 incluye las variables antes mencionadas y los factores de geografía y manejo, los cuales afectan los requisitos de riego.

⁴En los cuadros 2 al 6 estos períodos aparecen en días: 3 meses = 89, 90 ó 92 días; 3.5 meses = 104, 105 ó 107 días; 4 meses = 120 ó 122 días.

CUADRO 1.—Factores que afectan los requisitos de riego de los cultivos en las subestaciones de Fortuna e Isabela

| Descripción | Fortuna ¹ | Isabela ² |
|--------------------------------|--|---|
| I. Geografía | | |
| N.° de Estación climatológica | 7292 | 4702 |
| Localización | Juana Díaz, P. R. | Isabela, P. R. |
| Latitud | 18°01' N | 18°28' N |
| Longitud | 66°32' 0 | 67°04' 0 |
| Altitud sobre el nivel del mar | 21.0 m | 126.0 m |
| Zona climatológica | Costa semiárida del sur | Costa húmeda del norte |
| II. Suelo | | |
| pH | 7.9 | 5.4 |
| Clasificación | San Antón (Mollisol) (Fine loamy, montmorillonitic, isohyperthermic, Cumulic Haplustolls) | Coto Clay (Oxisol) (Kaolinitic, isohyperthermic, Tropeptic Haplorthox) |
| Capacidad de campo | 7.5 cm. | 10.0 cm. |
| III. Condiciones | | |
| Profundidad de raíces | 60 cm. | 60 cm. |
| Humedad del suelo | 3.75 cm. | 5.0 cm. |
| Agotamiento permitido | 50% ³ | 50% |
| Riego neto aplicado | 3.75 cm. | 5.0 cm. |
| Factor de humedad | 0.8 | 0.8 |
| Modelo de ET | Blaney-Criddle | Blaney-Criddle |

¹USDA, SCS, 1975. Soil Survey of Mayagüez Area of Western Puerto Rico, December 1975.

²USDA, SCS, 1979. Soil Survey of Ponce Area of Southern Puerto Rico, November 1979.

³Cuando se emplea el 50% del agua aprovechable.

Los promedios de temperatura (8), lluvia (3) y el porcentaje de luz solar (9) para las dos subestaciones experimentales las resumieron Goyal y cols. (4). El RRN mensual para el sorgo se estimó a base de estos datos de clima y un programa computadorizado (5) con la siguiente relación (1,9):

$$\begin{aligned}
 UC &= (Kc \times Kt \times p \times T \times H)/100 \dots\dots\dots /1/ \\
 LIE &= ((0.70917) \times (I)^{0.82416} - 0.11556) \times (10)^{0.2426CU} \times f). \dots\dots /2/ \\
 f &= (0.531747 + 0.295164 \times P - 0.0576997 \times D^2 + 0.003804 \\
 &\quad D^3). \dots\dots\dots /3/ \\
 RRN &= (UC - LIE) \dots\dots\dots /4/
 \end{aligned}$$

de donde,

UC = uso consuntivo mensual, pulgadas

LIE = lluvia efectiva, pulgadas

RRN = requisito de riego neto

Kt = coeficiente climatológico (9)

H = factor de humedad, 0.8 a 1.0

p = porcentaje mensual de horas de luz diaria (9)

T = temperatura media en °F (3,8)

f = factor de corrección (9)

I = promedio de lluvia mensual, pulgadas (3)

P = profundidad neta de aplicación , pulgadas

Kc = coeficiente de cosecha (1,5,9), como sigue:

| Total de días en el campo | Período en el campo, días | | | | |
|------------------------------|----------------------------|-------|-------|--------|--------|
| | 0-30 | 30-60 | 60-90 | 90-105 | 90-120 |
| | Coeficiente de cosecha, Kc | | | | |
| 90 | 0.64 | 0.98 | 0.54 | — | — |
| 105 | 0.61 | 0.98 | 0.79 | 0.54 | — |
| 120 | 0.58 | 0.96 | 0.88 | — | 0.54 |

El coeficiente de cosecha del sorgo que se usó en este estudio se desarrolló para la zona tropical (1,9), pero no ha sido verificado experimentalmente en Puerto Rico. Para convertir los valores de RRN LIE y UC^a a cm. se debe multiplicar por 2.54. El RRN fue también estimado para 20% de probabilidad de lluvia ^e.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

El clima de Fortuna es muy distinto al de Isabela. En el norte la zona es húmeda mientras que en el sur es semiárida. La zona de la costa sur muestra los promedios de temperaturas mensuales más altos y los promedios de lluvia mensuales más bajos.

En los cuadros 2 a 6 están tabulados UC, LIE y RRN mensuales del sorgo para las dos subestaciones. Para todas las fechas de siembra sugeridas (cuadros 2 a 6) el RRN fue más alto en Fortuna que en Isabela. Esto obedece a que en Fortuna el UC fue más alto y la LIE fue más baja que en Isabela.

^aTodos los valores de UC, LIE y RRN de los cuadros 2 al 6 están en pulgadas.

^eEsto ocurre en 2 de 10 años y representa años secos (3).

Requisito de riego neto a base del promedio de lluvia
Siembra del 1ro. de enero (cuadro 2)

En los períodos de 3, 3.5 y 4 meses el RRN mensual del sorgo varió de 2.57 a 3.83, de 0.71 a 3.83 y de 2.13 a 4.24 pulgadas en Fortuna y de 1.53 a 2.76, de 0.00 a 2.76 y de 1.18 a 3.03 pulgadas en Isabela. Para los períodos en el campo antes mencionados el RRN total fue 9.36, 11.13 y 12.79 en Fortuna y 6.45, 7.40 y 8.80 pulgadas en Isabela. En ambas localidades el RRN mínimo se observó el último mes de la siembra: marzo para el período de 3 meses y abril para los períodos de 3.5 y 4 meses. El RRN máximo se observó en febrero en los períodos de 3 y 3.5 meses en ambas localidades, mientras que en el período de 4 meses el valor máximo ocurrió en marzo.

CUADRO 2.—*Requisitos de riego (pulgadas por mes) para sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico^a con lluvia media.*

Fecha de siembra: enero 1ro.

| Mes | Parámetro ^b | Días en el campo | | | | | |
|---------------------|------------------------|----------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|
| | | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela |
| Enero | UC | 3.12 | 2.87 | 2.97 | 2.73 | 2.85 | 2.62 |
| | LIE | 0.16 | 0.70 | 0.16 | 0.69 | 0.16 | 0.69 |
| | RRN | 2.96 | 2.17 | 2.81 | 2.03 | 2.69 | 1.93 |
| Febrero | UC | 4.26 | 3.95 | 4.26 | 3.95 | 4.15 | 3.85 |
| | LIE | 0.43 | 1.19 | 0.43 | 1.19 | 0.43 | 1.19 |
| | RRN | 3.83 | 2.76 | 3.83 | 2.76 | 3.73 | 2.67 |
| Marzo | UC | 2.79 | 2.61 | 4.01 | 3.77 | 4.49 | 4.21 |
| | LIE | 0.22 | 1.08 | 0.24 | 1.15 | 0.24 | 1.18 |
| | RRN | 2.57 | 1.53 | 3.78 | 2.61 | 4.24 | 3.03 |
| Abril | UC | — | — | 1.45 | 1.35 | 2.93 | 2.71 |
| | LIE | — | — | 0.74 | 1.35 | 0.80 | 1.54 |
| | RRN | — | — | 0.71 | 0.00 | 2.13 | 1.18 |
| TOTAL | UC | 10.17 | 9.43 | 12.69 | 11.79 | 14.42 | 13.40 |
| | LIE | 0.81 | 2.97 | 1.56 | 4.38 | 1.63 | 4.60 |
| | RRN | 9.36 | 6.45 | 11.13 | 7.40 | 12.79 | 8.80 |
| Período en el campo | | A marzo 31 = 90 días | | A abril 15 = 105 días | | A abril 30 = 120 días | |

^aCosta sur = Subestación Experimental Agrícola de Fortuna, Juana Díaz, P. R.
 Norte = Subestación Experimental Agrícola, Isabela, P. R.
^bUC = Uso consuntivo mensual, pulgadas.
 LIE = Lluvia efectiva mensual, pulgadas.
 RRN = Requisito de riego mensual, pulgadas.

Siembra del 1ro. de febrero (cuadro 3)

En los períodos de 3, 3.5 y 4 meses el RRN mensual varió de 2.13 a 4.76, de 0.27 a 4.76 y de 1.89 a 4.60 pulgadas en Fortuna y de 1.18 a 3.49, de 0.00 a 3.49 y de 0.61 a 3.35 pulgadas en Isabela. En los períodos antes mencionados el RRN total fue 9.11, 10.51 y 12.38 pulgadas en Fortuna y 5.89, 6.89 y 7.72 pulgadas en Isabela. En ambas localidades el RRN mínimo se observó el último mes de cada período. En los tres períodos en ambas localidades el RRN máximo ocurrió en marzo.

Siembra del 1ro. de marzo (cuadro 4)

En los períodos de 3, 3.5 y 4 meses el RRN mensual varió de 1.89 a 4.35, de 0.64 a 4.35 y de 2.28 a 4.24 pulgadas en Fortuna y de 0.61 a 3.14, de 0.00 a 3.14 y de 0.93 a 3.04 pulgadas en Isabela. En los períodos antes mencionados el RRN total fue 9.04, 10.86 y 12.81 pulgadas en Fortuna

CUADRO 3.—*Requisitos de riego (pulgadas por mes) para sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico con lluvia media.*

Fecha de siembra: febrero 1ro.

| Mes | Parámetro ^a | Días en el campo | | | | | |
|---------------------|------------------------|----------------------|------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | | Fortuna | | Isabela | | Fortuna | |
| Febrero | UC | 2.57 | 2.38 | 2.45 | 2.27 | 2.36 | 2.19 |
| | LIE | 0.35 | 1.16 | 0.35 | 1.15 | 0.35 | 1.14 |
| | RRN | 2.22 | 1.22 | 2.10 | 1.12 | 2.01 | 1.04 |
| Marzo | UC | 5.01 | 4.70 | 5.01 | 4.70 | 4.85 | 4.55 |
| | LIE | 0.25 | 1.22 | 0.25 | 1.22 | 0.25 | 1.21 |
| | RRN | 4.76 | 3.49 | 4.76 | 3.49 | 4.60 | 3.35 |
| Abril | UC | 2.93 | 2.71 | 4.24 | 3.92 | 4.77 | 4.41 |
| | LIE | 0.80 | 1.54 | 0.86 | 1.65 | 0.89 | 1.69 |
| | RRN | 2.13 | 1.18 | 3.38 | 2.28 | 3.88 | 2.72 |
| Mayo | UC | — | — | 1.62 | 1.51 | 3.38 | 3.14 |
| | LIE | — | — | 1.36 | 1.51 | 1.50 | 2.53 |
| | RRN | — | — | 0.27 | 0.00 | 1.89 | 0.61 |
| TOTAL | UC | 10.51 | 9.80 | 13.33 | 12.40 | 15.36 | 14.29 |
| | LIE | 1.40 | 3.91 | 2.82 | 5.52 | 2.98 | 6.57 |
| | RRN | 9.11 | 5.89 | 10.51 | 6.89 | 12.38 | 7.72 |
| Período en el campo | | A abril 30 = 89 días | | A mayo 15 = 104 días | | A mayo 31 = 120 días | |

¹Costa sur = Subestación Experimental Agrícola de Fortuna, Juana Díaz, P. R.
Norte = Subestación Experimental Agrícola, Isabela, P. R.

²UC = Uso consuntivo mensual, pulgadas.

LIE = Lluvia efectiva mensual, pulgadas.

RRN = Requisito de riego mensual, pulgadas.

CUADRO 4.—*Requisitos de riego (pulgadas por mes) para sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico¹ con lluvia media.*

Fecha de siembra: marzo 1ro.

| Mes | Parámetro ² | Días en el campo | | | | | |
|---------------------|------------------------|---------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| | | Fortuna | | Isabela | | Fortuna | |
| Marzo | UC | 3.12 | 2.93 | 2.97 | 2.79 | 2.86 | 2.68 |
| | LIE | 0.32 | 1.12 | 0.32 | 1.11 | 0.32 | 1.11 |
| | RRN | 2.80 | 1.80 | 2.65 | 1.67 | 2.54 | 1.57 |
| Abril | UC | 5.27 | 4.87 | 5.27 | 4.87 | 5.15 | 4.76 |
| | LIE | 0.92 | 1.74 | 0.92 | 1.74 | 0.91 | 1.72 |
| | RRN | 4.35 | 3.14 | 4.35 | 3.14 | 4.24 | 3.04 |
| Mayo | UC | 3.38 | 3.14 | 4.84 | 4.49 | 5.42 | 5.03 |
| | LIE | 1.50 | 2.53 | 1.62 | 2.73 | 1.68 | 2.82 |
| | RRN | 1.89 | 0.61 | 3.22 | 1.76 | 3.75 | 2.22 |
| Junio | UC | — | — | 1.74 | 1.61 | 3.49 | 3.25 |
| | LIE | — | — | 1.10 | 1.61 | 1.22 | 2.32 |
| | RRN | — | — | 0.64 | 0.00 | 2.28 | 0.93 |
| TOTAL | UC | 11.78 | 10.94 | 14.82 | 13.76 | 16.93 | 15.72 |
| | LIE | 2.74 | 5.39 | 3.96 | 7.19 | 4.12 | 7.96 |
| | RRN | 9.04 | 5.55 | 10.86 | 6.57 | 12.81 | 7.76 |
| Período en el campo | | A mayo 31 = 92 días | | A junio 15 = 107 días | | A junio 30 = 122 días | |

¹Costa sur = Subestación Experimental Agrícola de Fortuna, Juana Díaz, P. R.
Norte = Subestación Experimental Agrícola, Isabela, P. R.

²UC = Uso consuntivo mensual, pulgadas.

LIE = Lluvia efectiva mensual, pulgadas.

RRN = Requisito de riego mensual, pulgadas.

y 5.55, 6.57 y 7.76 pulgadas en Isabela. En ambas localidades el RRN mínimo se observó el último mes de cada período. En ambas localidades los tres períodos muestran el RRN máximo en abril.

Siembra del 1ro. de noviembre (cuadro 5)

En los períodos de 3, 3.5 y 4 meses el RRN mensual varió de 1.75 a 4.40, de 0.90 a 4.40 y de 1.97 a 4.31 pulgadas en Fortuna y de 1.12 a 3.02, de 0.15 a 3.02 y de 0.92 a 2.95 pulgadas en Isabela. En los períodos antes mencionados el RRN total fue 8.46, 10.37 y 11.67 pulgadas en Fortuna y 5.34, 6.36 y 7.51 pulgadas en Isabela. En ambas localidades y en los períodos de 3 y 4 meses el RRN mínimo se observó en noviembre, mientras que en el período de 3.5 meses el valor mínimo fue en febrero. Para los tres períodos y ambas localidades el RRN máximo se observó en diciembre.

CUADRO 5.—Requisitos de riego (pulgadas por mes) para sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico¹ con lluvia media.

Fecha de siembra: noviembre 1ro.

| Mes | Parámetro ² | Días en el campo | | | | | |
|---------------------|------------------------|----------------------|------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | | Fortuna | | Isabela | | Fortuna | |
| Nov. | UC | 3.22 | 2.98 | 3.07 | 2.85 | 2.97 | 2.76 |
| | LIE | 1.47 | 1.86 | 1.46 | 1.85 | 1.45 | 1.84 |
| | RRN | 1.75 | 1.12 | 1.61 | 1.00 | 1.52 | 0.92 |
| Dic. | UC | 4.95 | 4.57 | 4.95 | 4.57 | 4.86 | 4.49 |
| | LIE | 0.55 | 1.55 | 0.55 | 1.55 | 0.55 | 1.54 |
| | RRN | 4.40 | 3.02 | 4.40 | 3.02 | 4.31 | 2.95 |
| Enero | UC | 2.63 | 2.42 | 3.80 | 3.49 | 4.21 | 3.86 |
| | LIE | 0.31 | 1.23 | 0.36 | 1.30 | 0.34 | 1.33 |
| | RRN | 2.32 | 1.19 | 3.46 | 2.19 | 3.86 | 2.53 |
| Feb. | UC | — | — | 1.26 | 1.17 | 2.36 | 2.19 |
| | LIE | — | — | 0.36 | 1.02 | 0.38 | 1.08 |
| | RRN | — | — | 0.90 | 0.15 | 1.97 | 1.11 |
| TOTAL | UC | 10.80 | 9.97 | 13.08 | 12.08 | 14.40 | 13.80 |
| | LIE | 2.33 | 4.63 | 2.71 | 5.72 | 2.73 | 5.79 |
| | RRN | 8.46 | 5.34 | 10.37 | 6.36 | 11.67 | 7.51 |
| Período en el campo | | A enero 31 = 92 días | | A febrero 15 = 107 días | | A febrero 28 = 120 días | |

¹Costa sur = Subestación Experimental Agrícola de Fortuna, Juana Díaz, P. R.

Norte = Subestación Experimental Agrícola, Isabela, P. R.

²UC = Uso consuntivo mensual, pulgadas.

LIE = Lluvia efectiva mensual, pulgadas.

RRN = Requisito de riego mensual, pulgadas.

Siembra del 1ro. de diciembre (cuadro 6)

En los períodos de 3, 3.5 y 4 meses el RRN mensual varió de 1.97 a 4.37, de 1.13 a 4.43 y 2.02 a 4.37 pulgadas en Fortuna y de 1.11 a 2.97, de 0.25 a 3.03 y de 1.13 a 2.97 pulgadas en Isabela. En los períodos antes mencionados el RRN total fue 8.62, 10.65 y 12.33 pulgadas en Fortuna y 5.44, 6.48 y 7.99 pulgadas en Isabela. En ambas localidades y en los períodos de 3 y 3.5 meses el RRN mínimo ocurrió en el último mes. En el período de 4 meses en ambas localidades el valor mínimo se observó el primer mes. Para los tres períodos y ambas localidades el RRN máximo se observó en enero.

El RRN estimado fue más alto para las siembras de sorgo de 3 meses en Fortuna que para las siembras de 4 meses en Isabela (cuadros 2 al 6). Aun cuando observamos que para el mes de noviembre el UC fue más alto que el de diciembre y enero, el RRN fue más bajo debido a que la

CUADRO 6.—*Requisitos de riego (pulgadas por mes) para sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico con lluvia media.*

Fecha de siembra: diciembre 1ro.

| Mes | Parámetro ² | Días en el campo | | | | | |
|---------------------|------------------------|---------------------|------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| | | Fortuna | | Isabela | | Fortuna | |
| Dic. | UC | 3.16 | 2.92 | 3.00 | 2.77 | 2.88 | 2.66 |
| | LIE | 0.88 | 1.56 | 0.87 | 1.54 | 0.86 | 1.53 |
| | RRN | 2.28 | 1.36 | 2.13 | 1.23 | 2.02 | 1.13 |
| Enero | UC | 4.72 | 4.34 | 4.78 | 4.40 | 4.72 | 4.34 |
| | LIE | 0.35 | 1.37 | 0.35 | 1.37 | 0.35 | 1.37 |
| | RRN | 4.37 | 2.97 | 4.43 | 3.03 | 4.37 | 2.97 |
| Febrero | UC | 2.36 | 2.19 | 3.36 | 3.11 | 3.80 | 3.53 |
| | LIE | 0.38 | 1.08 | 0.41 | 1.14 | 0.42 | 1.17 |
| | RRN | 1.97 | 1.11 | 2.95 | 1.97 | 3.38 | 2.36 |
| Marzo | UC | — | — | 01.34 | 1.25 | 2.79 | 2.61 |
| | LIE | — | — | 0.20 | 1.00 | 0.22 | 1.08 |
| | RRN | — | — | 1.13 | 0.25 | 2.57 | 1.53 |
| TOTAL | UC | 10.24 | 9.45 | 12.48 | 11.54 | 14.19 | 13.13 |
| | LIE | 1.61 | 4.00 | 1.83 | 5.06 | 1.85 | 5.15 |
| | RRN | 8.62 | 5.44 | 10.65 | 6.48 | 12.33 | 7.99 |
| Período en el campo | | A Feb. 28 = 90 días | | A marzo 15 = 105 días | | A marzo 31 = 120 días | |

¹Costa sur = Subestación Experimental Agrícola de Fortuna, Juana Díaz, P. R.

Norte = Subestación Experimental Agrícola, Isabela, P. R.

²UC = Uso consuntivo mensual, pulgadas.

LIE = Lluvia efectiva mensual, pulgadas.

RRN = Requisito de riego mensual, pulgadas.

lluvia efectiva (LIE) fue más alta (cuadros 2,3 y 5). Como es natural, si la lluvia efectiva es más alta, los requisitos de riego serán más bajos. La necesidad de riego más alta fue para las siembras de 4 meses en Fortuna.

Requisito de riego neto para 20% de probabilidad de lluvia

En los cuadros 7 al 11 están tabulados el UC, la LIE, y el RRN mensual del sorgo para un año con 20% de probabilidad de lluvia (año seco). Comparando el RRN a base de la lluvia media con el 20% de probabilidad de lluvia llegamos a estas observaciones: para todas las fechas de siembra sugeridas y los tres períodos en el campo, el RRN aumentó de 14 a 17% en Fortuna y 26% en Isabela. Aún así el RRN siempre es más alto en Fortuna. El RRN total para todos los períodos de 90 días aumentó de 0.73 a 2.2 pulgadas en Fortuna, mientras que en Isabela fue de 1.56 a 2.95 pulgadas. El mayor aumento en el RRN total ocurre en los períodos que comienzan el 1ro. de marzo.

CUADRO 7.—*Requisitos de riego (pulgadas por mes) para sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico' con lluvia media**Fecha de siembra: 1ro. de enero*

| Mes | Parámetro ² | Días en el campo | | | | | |
|-------|------------------------|---------------------------|---------|----------------------------|---------|----------------------------|---------|
| | | Hasta marzo 31 90 días | | Hasta abril 15 105 días | | Hasta abril 30 120 días | |
| | | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela |
| Enero | UC | 3.12 | 2.87 | 2.97 | 2.73 | 2.85 | 2.62 |
| | LIE | 0.00 | 0.37 | 0.00 | 0.37 | 0.00 | 0.36 |
| | RRN | 3.12 | 2.50 | 2.97 | 2.36 | 2.85 | 2.26 |
| Feb. | UC | 4.26 | 3.95 | 4.26 | 3.95 | 4.15 | 3.85 |
| | LIE | 0.04 | 0.54 | 0.04 | 0.54 | 0.04 | 0.54 |
| | RRN | 4.22 | 3.41 | 4.22 | 3.41 | 4.11 | 3.32 |
| Marzo | UC | 2.79 | 2.61 | 4.01 | 3.77 | 4.49 | 4.21 |
| | LIE | 0.04 | 0.51 | 0.04 | 0.54 | 0.04 | 0.56 |
| | RRN | 2.75 | 2.10 | 3.97 | 3.22 | 4.45 | 3.66 |
| Abril | UC | — | — | 01.45 | 1.35 | 2.93 | 2.71 |
| | LIE | — | — | 0.16 | 0.64 | 0.17 | 0.69 |
| | RRN | — | — | 1.29 | 0.71 | 2.76 | 2.03 |
| TOTAL | UC | 10.17 | 9.43 | 12.69 | 11.79 | 14.42 | 13.40 |
| | LIE | 0.17 | 1.42 | 0.23 | 2.08 | 0.25 | 2.14 |
| | RRN | 10.09 | 8.01 | 12.45 | 9.70 | 14.18 | 11.26 |

¹Costa sur = Subestación Experimental Agrícola de Fortuna, Juana Díaz, P. R.
Norte = Subestación Experimental Agrícola, Isabela, P. R.

²UC = Uso consuntivo mensual, pulgadas.

LIE = Lluvia efectiva mensual, pulgadas.

RRN = Requisito de riego mensual, pulgadas.

Estudios hechos por Capiel y cols. (2) muestran que el clima de la localidad aparentemente ejerce un efecto significativo sobre el rendimiento total y que las diferencias entre los rendimientos están íntimamente relacionadas con las diferencias en consumo de agua. Se recomienda consultar a los agentes del Servicio de Extensión Agrícola sobre la mejor localidad y fecha de siembra antes de utilizar estos valores de RRN y así determinar si es rentable regar el sorgo.

Limitaciones

Los valores de UC, LIE y RRN se estimaron a base de los factores indicados en el cuadro 1. Los factores de suelo y manejo están dentro de las prácticas normales y a base de la experiencia de los investigadores y extensionistas. Los valores de LIE y RRN se estimaron a base de los

CUADRO 8.—*Requisitos de riego (pulgadas por mes) para sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico con lluvia media.*

Fecha de siembra: 1ro. de febrero

| Mes | Parámetro ² | Días en el campo | | | | | |
|-------|------------------------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|---------------------------|---------|
| | | Hasta abril 30 89 días | | Hasta mayo 15 104 días | | Hasta mayo 31 120 días | |
| | | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela |
| Feb. | UC | 2.57 | 2.38 | 2.45 | 2.27 | 2.36 | 2.19 |
| | LIE | 0.03 | 0.58 | 0.03 | 0.58 | 0.03 | 0.58 |
| | RRN | 2.54 | 1.80 | 2.43 | 1.69 | 2.33 | 1.61 |
| Marzo | UC | 5.01 | 4.70 | 5.01 | 4.70 | 4.85 | 4.55 |
| | LIE | 0.04 | 0.57 | 0.04 | 0.57 | 0.04 | 0.57 |
| | RRN | 4.97 | 4.13 | 4.97 | 4.13 | 4.81 | 3.99 |
| Abril | UC | 2.93 | 2.71 | 4.24 | 3.92 | 4.77 | 4.41 |
| | LIE | 0.17 | 0.69 | 0.18 | 0.73 | 0.19 | 0.75 |
| | RRN | 2.76 | 2.03 | 4.06 | 3.19 | 4.58 | 3.65 |
| Mayo | UC | — | — | 01.62 | 1.51 | 3.38 | 3.14 |
| | LIE | — | — | 0.28 | 1.05 | 0.30 | 1.15 |
| | RRN | — | — | 1.35 | 0.45 | 3.08 | 1.99 |
| TOTAL | UC | 10.51 | 9.80 | 13.33 | 12.40 | 15.36 | 14.29 |
| | LIE | 0.24 | 1.84 | 0.52 | 2.94 | 0.56 | 3.05 |
| | RRN | 10.27 | 7.96 | 12.80 | 9.46 | 14.80 | 11.24 |

¹Costa sur = Subestación Experimental Agrícola de Fortuna, Juana Díaz, P. R.

Norte = Subestación Experimental Agrícola, Isabela, P. R.

²UC = Uso consuntivo mensual, pulgadas.

LIE = Lluvia efectiva mensual, pulgadas.

RRN = Requisito de riego mensual, pulgadas.

promedios mensuales de lluvia y temperatura, por lo cual una variación en uno de éstos puede afectar los valores estimados.

Es necesario recalcar que los valores estimados no están respaldados por experimentos en el campo, por lo que se recomienda realizar investigaciones al respecto. Un análisis de sensibilidad del modelo podrá hacerse cuando se obtengan datos experimentales.

Ejemplo de cómo utilizar esta información.

Si un investigador necesita sembrar sorgo en enero en Fortuna, y quiere estimar el requisito de riego neto para un periodo de 3 meses presumiendo que tiene una eficiencia de 40, 60 y 80% para los sistemas de riego por infiltración, pisteros y goteo, respectivamente, necesita hacer el estimado para una lluvia normal.

CUADRO 9.—*Requisitos de riego (pulgadas por mes) para sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico para un año seco con un 20% de probabilidad de lluvia*

Fecha de siembra: 1ro. de marzo

| Mes | Parámetro ^a | Días en el campo | | | | | |
|-------|------------------------|--------------------------|---------|----------------------------|---------|----------------------------|---------|
| | | Hasta mayo 31 92 días | | Hasta junio 15 107 días | | Hasta junio 30 122 días | |
| | | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela |
| Marzo | UC | 3.12 | 2.93 | 2.97 | 2.79 | 2.86 | 2.68 |
| | LIE | 0.04 | 0.52 | 0.04 | 0.51 | 0.04 | 0.51 |
| | RRN | 3.08 | 2.41 | 2.94 | 2.27 | 2.82 | 2.17 |
| Abril | UC | 5.27 | 4.87 | 5.27 | 4.87 | 5.15 | 4.76 |
| | LIE | 0.19 | 0.77 | 0.19 | 0.77 | 0.19 | 0.77 |
| | RRN | 5.08 | 4.10 | 5.08 | 4.10 | 4.96 | 3.99 |
| Mayo | UC | 3.38 | 3.14 | 4.84 | 4.49 | 5.42 | 5.03 |
| | LIE | 0.30 | 1.15 | 0.33 | 1.24 | 0.34 | 1.28 |
| | RRN | 3.08 | 1.99 | 4.51 | 3.25 | 5.08 | 3.75 |
| Junio | UC | — | — | 0.74 | 1.61 | 3.49 | 3.25 |
| | LIE | — | — | 0.23 | 1.56 | 0.25 | 1.71 |
| | RRN | — | — | 1.51 | 0.05 | 3.24 | 1.54 |
| TOTAL | UC | 11.78 | 10.94 | 14.82 | 13.76 | 16.93 | 15.72 |
| | LIE | 0.54 | 2.44 | 0.79 | 4.09 | 0.82 | 4.27 |
| | RRN | 11.24 | 8.50 | 14.03 | 9.67 | 16.11 | 11.45 |

^aCosta sur = Subestación Experimental Agrícola de Fortuna, Juana Díaz, P. R.

Norte = Subestación Experimental Agrícola, Isabela, P. R.

^bUC = Uso consuntivo mensual, pulgadas.

LIE = Lluvia efectiva mensual, pulgadas.

RRN = Requisito de riego mensual, pulgadas.

Solución: En el cuadro 2 se indica que el RRN para un período de 3 meses es 9.36 pulgadas. Requisito de riego total: a) por infiltración = $(9.36/0.40) = 23.4$ pulgadas; b) por pisteros = $(9.36/0.60) = 15.6$ pulgadas; c) por goteo = $(9.36/0.80) = 11.7$ pulgadas.

BIBLIOGRAFIA

- Burman, R. D., P. R. Nixon, J. L. Wright and W. O. Pruitt, 1980. Water requirements. *En: Design and Operation of Farm Irrigation Systems*, M. E. Jensen, Ed, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI Monograph No. 3, 189-225.
- Capiel, M., E. Brenes, M. A. Lugo López, P. G. Schoch and V. L. Guzmán, 1978. An evaluation of the growth and water consumption rate of grain sorghum (*Sorghum bicolor*) at four climatic sites in the tropics and subtropics. *J. Agric. Univ. P. R.* 62 (1):10-28.

CUADRO 10.—*Requisitos de riego (pulgadas por mes) para sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico para un año seco con un 20% de probabilidad de lluvia.*

Fecha de siembra: 1ro. de noviembre

| Mes | Parámetro ² | Días en el campo | | | | | |
|-------|------------------------|---------------------------|---------|------------------------------|---------|------------------------------|---------|
| | | Hasta enero 31 92 días | | Hasta febrero 15 107 días | | Hasta febrero 30 120 días | |
| | | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela |
| Nov. | UC | 3.22 | 2.98 | 3.07 | 2.85 | 2.97 | 2.76 |
| | LIE | 0.51 | 1.18 | 0.51 | 1.17 | 0.51 | 1.16 |
| | RRN | 2.70 | 1.81 | 2.56 | 1.68 | 2.47 | 1.59 |
| Dic. | UC | 4.95 | 4.57 | 4.95 | 4.57 | 4.86 | 4.49 |
| | LIE | 0.09 | 1.09 | 0.09 | 1.09 | 0.09 | 1.09 |
| | RRN | 4.86 | 3.48 | 4.86 | 3.48 | 4.77 | 3.40 |
| Enero | UC | 2.63 | 2.42 | 3.80 | 3.49 | 4.21 | 3.86 |
| | LIE | 0.02 | 0.68 | 0.02 | 0.72 | 0.02 | 0.74 |
| | RRN | 2.62 | 1.74 | 3.78 | 2.77 | 4.19 | 3.13 |
| Feb. | UC | — | — | 01.26 | 1.17 | 2.36 | 2.19 |
| | LIE | — | — | 0.03 | 0.46 | 0.03 | 0.49 |
| | RRN | — | — | 1.23 | 0.71 | 2.32 | 1.70 |
| TOTAL | UC | 10.80 | 9.97 | 13.08 | 12.08 | 14.40 | 13.30 |
| | LIE | 0.62 | 2.95 | 0.65 | 3.45 | 0.65 | 3.48 |
| | RRN | 10.18 | 7.02 | 12.43 | 8.63 | 13.75 | 09.83 |

¹Costa sur = Subestación Experimental Agrícola de Fortuna, Juana Díaz, P. R.

Norte = Subestación Experimental Agrícola, Isabela, P. R.

²UC = Uso consuntivo mensual, pulgadas.

LIE = Lluvia efectiva mensual, pulgadas.

RRN = Requisito de riego mensual, pulgadas.

- Climatology of the United States No. 20 of Puerto Rico and U.S. Virgin Islands. National Climatic Data Center-NOAA, United States Department of Commerce, Asheville NC.
- Goyal, M. R. and E. A. González, 1988. Seasonal consumptive use of sweet peppers in semiarid and humid regions of Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P. R.* 72 (4):
- Hackbart, C. A., 1987. Conuse Computer Model and SCS User's Guide. USDA - SCS, Fort Worth, Tx.
- Pava, H. M., A. Sotomayor-Ríos and D. E. Weibel, 1979. Maturation time and daily grain yield of sorghum in the tropics. *J. Agric. Univ. P. R.* 63 (2):152-61.
- Ravalo, E. J., M. R. Goyal and C. R. Almodóvar, 1986. Average monthly and annual rainfall distribution in Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P. R.* 70 (4):267-75.
- Temperature data. Puerto Rico and U.S. Virgin Islands, updated 1984. National Climatic Data Center, Asheville, NC 28801.
- USDA-SCS, 1970. Irrigation water requirements. Eng. Div. Tech. Release No. 21. US Govt. Printing office, Washington, D. C.

CUADRO 11.—*Requisitos de riego (pulgadas por mes) para sorgo en las costas sur y norte de Puerto Rico¹ para un año seco con un 20% de probabilidad de lluvia.*

Fecha de siembra: 1ro. de diciembre

| Mes | Parámetro ² | Días en el campo | | | | | |
|-------|------------------------|-----------------------------|---------|----------------------------|---------|----------------------------|---------|
| | | Hasta febrero 28 90 días | | Hasta marzo 15 105 días | | Hasta marzo 31 120 días | |
| | | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela | Fortuna | Isabela |
| Dic. | UC | 3.16 | 2.92 | 3.00 | 2.97 | 2.88 | 2.66 |
| | LIE | 0.18 | 1.05 | 0.18 | 1.05 | 0.18 | 1.04 |
| | RRN | 2.97 | 1.86 | 2.82 | 1.73 | 2.70 | 1.62 |
| Enero | UC | 4.72 | 4.34 | 4.78 | 4.40 | 4.72 | 4.34 |
| | LIE | 0.02 | 0.75 | 0.02 | 0.76 | 0.02 | 0.75 |
| | RRN | 4.70 | 3.58 | 4.77 | 3.64 | 4.70 | 3.58 |
| Feb. | UC | 2.36 | 2.19 | 3.36 | 3.11 | 3.80 | 3.53 |
| | LIE | 0.03 | 0.49 | 0.04 | 0.52 | 0.04 | 0.53 |
| | RRN | 2.32 | 1.70 | 3.32 | 2.60 | 3.76 | 3.00 |
| Marzo | UC | — | — | 01.34 | 1.25 | 2.79 | 2.61 |
| | LIE | — | — | 0.03 | 0.47 | 0.04 | 0.51 |
| | RRN | — | — | 1.31 | 0.78 | 2.75 | 2.10 |
| TOTAL | UC | 10.24 | 9.45 | 12.48 | 11.54 | 14.19 | 13.13 |
| | LIE | 0.24 | 2.30 | 0.27 | 2.79 | 0.27 | 2.83 |
| | RRN | 10.00 | 7.15 | 12.21 | 8.75 | 13.92 | 10.30 |

¹Costa sur = Subestación Experimental Agrícola de Fortuna, Juana Díaz, P. R.

Norte = Subestación Experimental Agrícola, Isabela, P. R.

²UC = Uso consuntivo mensual, pulgadas.

LIE = Lluvia efectiva mensual, pulgadas.

RRN = Requisito de riego mensual, pulgadas.

10. USDA-SCS, 1975. Soil Survey of Mayagüez Area of Western Puerto Rico. December 1975.

11. USDA-SCS, 1979. Soil Survey of Ponce Area of Southern Puerto Rico. November 1979.