



1

DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE RIEGO DEL ARROZ Y MAÍZ EN EL DISTRITO DE DAVID, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

Richard José Ortega Justavino¹*

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá.



*richard.ortega@up.ac.pa

RESUMEN

El cultivo de maíz y arroz son de suma importancia para el país, debido al alto consumo de estos rubros. Actualmente, el cambio climático ha llevado a implementar sistemas de riego para poder producir y evitar pérdidas. En este contexto, este estudio tuvo como objetivo determinar las necesidades del cultivo de arroz y maíz en la época seca (enero-mayo). Para ello es necesario calcular las necesidades de riego, mediante la ecuación de Penman-Monteith (recomendada por la FAO) la cual se utiliza para calcular evapotranspiración del cultivo de Referencia (ET_o) y luego obtener la evapotranspiración del cultivo (ET_c).

Dichos requerimientos de riego se obtuvieron utilizando el Software CROPWAT, utilizando datos de dos estaciones agrometeorológicas (ETESA y FCA Chiriquí). Los requerimientos de riego del cultivo de arroz, para una probabilidad de ocurrencia del 50 % de ET_o y precipitación, en ETESA resultaron valores más bajos en enero y más altos en marzo (0.31 y 0.81 l s⁻¹ ha⁻¹, respectivamente). En la FCA se encontraron valores de 0.30 a 0.70 l s⁻¹ ha⁻¹. Con respecto al maíz los resultados indican un caudal mínimo de 0.09 y máximo de 0.70 l s⁻¹ ha⁻¹ para ETESA; y para la FCA la dotación para maíz resultó de 0.08 y 0.68 l s⁻¹ ha⁻¹. Estos resultados sugieren que para poder establecer los cultivos de arroz y maíz en la época seca será necesario regar los cultivos ya que la precipitación no es suficiente para abastecer a los mismos.

PALABRAS CLAVES: Evapotranspiración del cultivo, Evapotranspiración del cultivo de referencia, Maíz, Arroz, Necesidades de Riego.



DETERMINATION OF THE IRRIGATION NEEDS OF RICE AND MAIZE IN THE DISTRICT OF DAVID, PROVINCE OF CHIRIQUI, REPUBLIC OF PANAMA

ABSTRACT

The cultivation of corn and rice are very important for the country, due to the high consumption of these items. Currently, climate change has led to the implementation of irrigation systems to produce and avoid losses. In this context, this study aimed to determine the needs of rice and corn cultivation in the dry season (January-May). For this, it is necessary to calculate the irrigation needs, using the Penman-Monteith equation (recommended by FAO) which is used to calculate evapotranspiration of the Reference crop (ET_o) and then obtain the evapotranspiration of the crop (E_c).

These irrigation requirements were obtained using the CROPWAT Software using data from two agrometeorological stations (ETESA and FCA Chiriquí). The rice crop irrigation requirements, for a 50 % probability of occurrence of ET_o and precipitation, in ETESA results in lower values in January and higher in March (0.31 and 0.81 l s⁻¹ ha⁻¹, respectively). In the FCA, values from 0.30 to 0.70 l s⁻¹ ha⁻¹ were found. With respect to corn, the results indicate a minimum flow of 0.09 and a maximum of 0.70 l s⁻¹ ha⁻¹ for ETESA; and for the FCA the allocation for corn was 0.08 and 0.68 l s⁻¹ ha⁻¹. These results suggest that in order to establish rice and corn crops in the dry season it will be necessary to irrigate the crops since precipitation is not enough to supply them.

KEYWORDS: Evapotranspiration of the crop, Evapotranspiration of the refence crop, corn, rice, irrigation needs.

INTRODUCCIÓN

Panamá cuenta con dos estaciones climáticas diferenciadas, una época seca desde el mes de diciembre hasta mediados de mayo, y otra lluviosa de mediados de mayo a mediados de diciembre. Con el cambio climático esta situación ha variado, ya que se ha extendido la estación seca, provocando el retraso de la siembra de arroz y maíz por la falta de lluvia (Leis, 2015). Esto ocasiona fuertes pérdidas en el sector agropecuario tanto por la disminución en la cosecha, como por la necesidad de importar estos granos. Ello ha llevado a la necesidad de implementar proyectos de riego para poder abastecer la demanda local.

Un primer paso en todo proyecto de riego es determinar las necesidades hídricas de los cultivos, para determinar el momento del riego y la cantidad de agua a aplicar, con el fin de evitar que se desperdicie este recurso.

La superficie cultivada de arroz mecanizada en Panamá para el periodo 2015-2016 fue de 58 330 has, de las cuales 10 170 de ellas, fueron sembradas bajo riego con un rendimiento de 5308.56 kg. ha⁻¹ y 48 60 ha en secano con un rendimiento de 4404.11 kg. ha⁻¹. (INEC, 2016). En la provincia de Chiriquí se cultivaron 19 790 ha, que representa el 34 % de la producción nacional siendo la provincia donde más se cultiva este rubro, de las cuales 2 790 ha fueron cultivadas bajo riego con un rendimiento de 5354.01 kg. ha⁻¹ y 17 000 ha en secano con rendimientos de 4190.45 kg. ha⁻¹. (INEC, 2016).

La producción de maíz en Panamá para el periodo 2015 fue de 69 910 ha de las cuales 13 250 ha corresponden a la provincia de Chiriquí, con un rendimiento de 1642.03 kg. ha⁻¹. (INEC, 2016).

El objetivo de este estudio fue determinar las necesidades de riego de los cultivos de arroz y maíz en la época seca (enero-mayo) en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, provincia de Chiriquí, Panamá

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación de la Evapotranspiración

Se aplicó la metodología de la FAO (Allen *et al.*, 2006) que calcula la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) por medio de la ecuación Penman-Monteith, utilizando para ello el modelo CROPWAT-FAO 8.0 (Swennenhuis, 2006).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Donde:

ET_o = evapotranspiración de referencia [mm día-1]

R_n = radiación neta en la superficie del cultivo [MJ m⁻² día-1]

G = densidad del flujo de calor del suelo [MJ m⁻² día-1]

T = temperatura diaria media del aire a 2 m de altura [C°]

u₂ = velocidad del viento a 2 m de altura [m s⁻¹]

e_s = presión de vapor a saturación [kPa]

e_a = presión de vapor actual [kPa]

e_s - e_a = déficit de presión de saturación [kPa]

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor

γ = constante psicométrica

Se utilizó una serie de datos meteorológicos mensuales, de 28 años consecutivos de dos estaciones ubicadas una en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá cuyas coordenadas son 8° 23' 40" latitud N y 82° 20' 03" longitud O (CEIACHI, 2016) y otra en ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica S, A) en David, con coordenada 8° 23' 48" N y 82° 25' 42" O (ETESA, 2016). Los parámetros que utiliza el programa para calcular la evapotranspiración son: temperaturas máxima y mínima (°C), velocidad del viento a 2 m de altura (m.s⁻¹), humedad relativa (%), horas de brillo solar (Hr) y lluvia (mm) (Allen *et al.*, 2006). Debido a la falta de datos en

algunos meses en la estación meteorológica ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se estimaron con datos de la estación ETESA David a través regresiones estadísticas con el objeto de obtener los datos faltantes, por medio del programa Microsoft Excel 2016. Los valores del coeficiente del cultivo (Kc) se obtuvieron del FAO 56 (Allen *et al.*, 2006).

Se calculó la probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones y ETo para cada mes (20; 50; 80; 90) % utilizando el Programa INFOSTAT (Di Rienzo, *et al.*, 2016). Cabe destacar que se usó la distribución que mejor se ajustaba al modelo según el mes, tanto para ETo como para la precipitación, con el objeto de observar su impacto sobre las necesidades netas de riego.

Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo

Para calcular las necesidades hídricas de los cultivos de arroz y maíz se utilizó el programa CROPWAT 8.0 (Swennenhuis, 2006), en el cual se siguieron los siguientes pasos:

- Se introdujeron los valores de ETo según la probabilidad de ocurrencia
- Se calculó la precipitación efectiva utilizando la ecuación FAO/AGLW:

$$Ppte=0.6*ppt-10 \text{ para } Ppt \leq 70 \text{ mm}$$

$$Ppte=0.8*ppt-24 \text{ para } Ppt > 70 \text{ mm}$$

Donde:

Ppte= es la precipitación efectiva en mm

Ppt=precipitación según la probabilidad en mm

- Los valores del kc del cultivo utilizados se obtuvieron del archivo del CROPWAT 8.0 (Swennenhuis, 2006) y tablas propuestas en el FAO 56 (Allen *et al.*, 2006). Cabe mencionar que se ajustaron los valores según las particularidades del cultivo en el área de estudio (Steduto, *et al.*, 2012)
- El valor de la capacidad de almacenaje de agua según la textura de suelo utilizada se obtuvo del archivo de textura media que provee el programa CROPWAT (Swennenhuis, 2006).

- Por último, se obtuvo el calendario de riego con la cantidad de agua a aplicar en cada riego a cultivo y considerando una eficiencia de riego del 50 %.
- Para las dos estaciones se utilizó como fecha tentativa de siembra el mes de enero y cosecha en el mes de mayo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación las ecuaciones obtenidas por regresión para completar los datos climáticos faltantes (**Tabla 1**). En la misma el parámetro “Y” representa el valor de la variable de la estación ETESA David, y en función de este parámetro se estima el dato faltante de la estación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Tabla 1. Ecuación de Regresión de Parámetros Climáticos.

| Parámetro climático | Ecuación de Regresión | r ² |
|---------------------|-----------------------|----------------|
| Temperatura Mínima | $Y=1.0909x-2.6039$ | 0.69 |
| Temperatura Máxima | $Y=1.0113x+0.0424$ | 0.85 |
| Humedad Relativa | $Y=0.6328x+30.539$ | 0.55 |
| Hora de Luz solar | $Y=0.8904x+0.2911$ | 0.89 |
| Viento | $Y=0.6621x+0.2927$ | 0.64 |
| Precipitación | $Y=0.9847x+20.066$ | 0.85 |

Los valores de ETo obtenidos, muestran que para las dos estaciones la evapotranspiración más alta se produce en el mes de marzo para una probabilidad de ocurrencia de 50 % con valores de 5,6 mm. día⁻¹ para ETESA y 5,1 mm. día⁻¹ para la Facultad. Los valores más bajos de ETo para una probabilidad de ocurrencia del 50 % se producen en el mes de noviembre para la estación ETESA David con valor de 3,2 mm. día⁻¹, y para la Facultad de 3,1 mm. día⁻¹ para los meses de octubre y noviembre como se puede apreciar en la (**Tabla 2** y **Tabla 3**).

En el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de ETo las distribuciones que más se ajustaron fueron la normal y la Gumbel con “r” confiables que van de 0.994 hasta 0.976 para estación de ETESA David y 0.982 y 0.992 para la Facultad como se puede apreciar en la **Tabla 2** y **Tabla 3**.

Tabla 2. Evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{To}) de la estación ETESA David según la probabilidad de ocurrencia (mm. día^{-1}).

| Probabilidad de ocurrencia / mes | 20% | 50% | 80% | 90% | Distribución | r |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|--------------|-------|
| Enero | 4.2 | 4.4 | 4.8 | 5.1 | Gumbel | 0.986 |
| Febrero | 4.9 | 5.3 | 5.8 | 6.2 | Gumbel | 0.986 |
| Marzo | 5.1 | 5.6 | 6.1 | 6.3 | Normal | 0.975 |
| Abril | 4.4 | 4.7 | 4.9 | 5.0 | Normal | 0.980 |
| Mayo | 3.6 | 3.8 | 4.0 | 4.0 | Normal | 0.991 |
| Junio | 3.3 | 3.4 | 3.6 | 3.7 | Gumbel | 0.976 |
| Julio | 3.3 | 3.4 | 3.6 | 3.7 | Normal | 0.981 |
| Agosto | 3.4 | 3.5 | 3.7 | 3.8 | Normal | 0.984 |
| Septiembre | 3.3 | 3.5 | 3.7 | 3.9 | Normal | 0.986 |
| Octubre | 3.1 | 3.3 | 3.5 | 3.6 | Normal | 0.994 |
| Noviembre | 3.0 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | Normal | 0.976 |
| Diciembre | 3.3 | 3.7 | 4.0 | 4.1 | Normal | 0.994 |

Tabla 3. Evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{To}) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias según la probabilidad de ocurrencia (mm. día^{-1}).

| Probabilidad de ocurrencia / mes | 20% | 50% | 80% | 90% | Distribución | r |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|--------------|-------|
| Enero | 4.0 | 4.3 | 4.6 | 4.8 | Normal | 0.988 |
| Febrero | 4.6 | 4.9 | 5.4 | 5.7 | Gumbel | 0.982 |
| Marzo | 4.8 | 5.1 | 5.4 | 5.6 | Normal | 0.987 |
| Abril | 4.3 | 4.6 | 4.8 | 4.9 | Normal | 0.984 |
| Mayo | 3.5 | 3.7 | 3.9 | 4.1 | Normal | 0.987 |
| Junio | 3.2 | 3.4 | 3.5 | 3.7 | Gumbel | 0.983 |
| Julio | 3.2 | 3.3 | 3.5 | 3.6 | Gumbel | 0.986 |
| Agosto | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.7 | Gumbel | 0.987 |
| Septiembre | 3.2 | 3.4 | 3.5 | 3.7 | Gumbel | 0.980 |
| Octubre | 3.0 | 3.1 | 3.4 | 3.5 | Gumbel | 0.991 |
| Noviembre | 2.9 | 3.1 | 3.3 | 3.4 | Normal | 0.988 |
| Diciembre | 3.3 | 3.5 | 3.8 | 4.0 | Normal | 0.992 |

Precipitación

Con respecto a la precipitación y la precipitación efectiva, en la **Tabla 4** se pueden apreciar valores de 0 mm.mes^{-1} de precipitación efectiva para el mes de febrero que se presentan en ambas estaciones y valores altos de 300 mm.mes^{-1} de lluvia efectiva para ETESA y 328 mm.mes^{-1} de lluvia efectiva para la facultad en el mes de octubre.

Tabla 4. Precipitación y Precipitación Efectiva de las estaciones de ETESA David y Facultad de Ciencias Agropecuarias (mm)

| | ETESA David | | Facultad de Ciencias Agropecuarias | |
|------------|---------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|
| | Precipitación | Precipitación Efectiva | Precipitación | Precipitación Efectiva |
| Enero | 20 | 2 | 20 | 2 |
| Febrero | 11 | 0 | 14 | 0 |
| Marzo | 19 | 1.4 | 35 | 11 |
| Abril | 70 | 32 | 64 | 28.4 |
| Mayo | 345 | 252 | 378 | 278.4 |
| Junio | 317 | 229.6 | 370 | 272 |
| Julio | 329 | 239.2 | 344 | 251.2 |
| Agosto | 371 | 272.8 | 379 | 279.2 |
| Septiembre | 356 | 260.8 | 384 | 283.2 |
| Octubre | 406 | 300.8 | 440 | 328 |
| Noviembre | 262 | 185.6 | 278 | 198.4 |
| Diciembre | 58 | 24.8 | 56 | 23.6 |
| Año | 2564 | 1801.0 | 2762 | 1955.4 |

Si se compara la precipitación efectiva con la ETo se observa un marcado déficit de agua que va desde el mes diciembre hasta abril y un exceso que corresponde a los meses de mayo hasta noviembre en ambas estaciones, como se aprecia en las **figuras 1 y 2**.

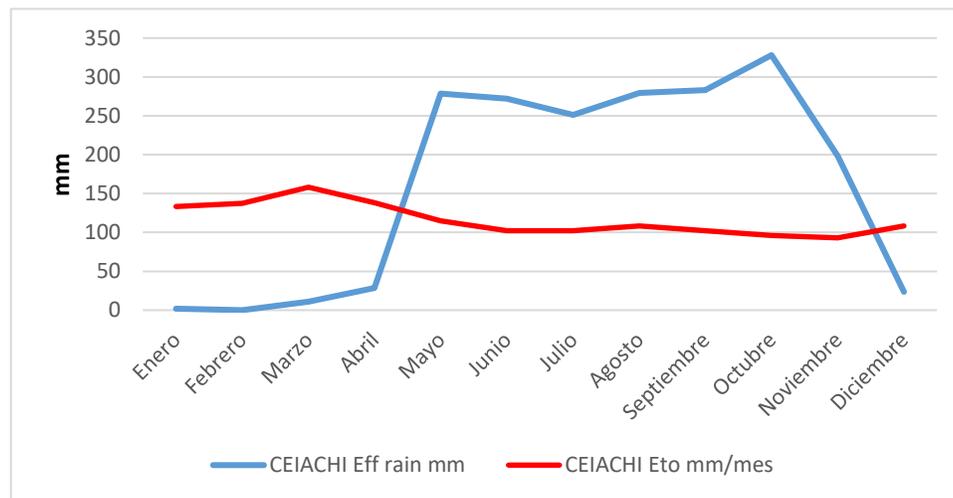


Figura 1. Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ETo) vs Precipitación Efectiva Estación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

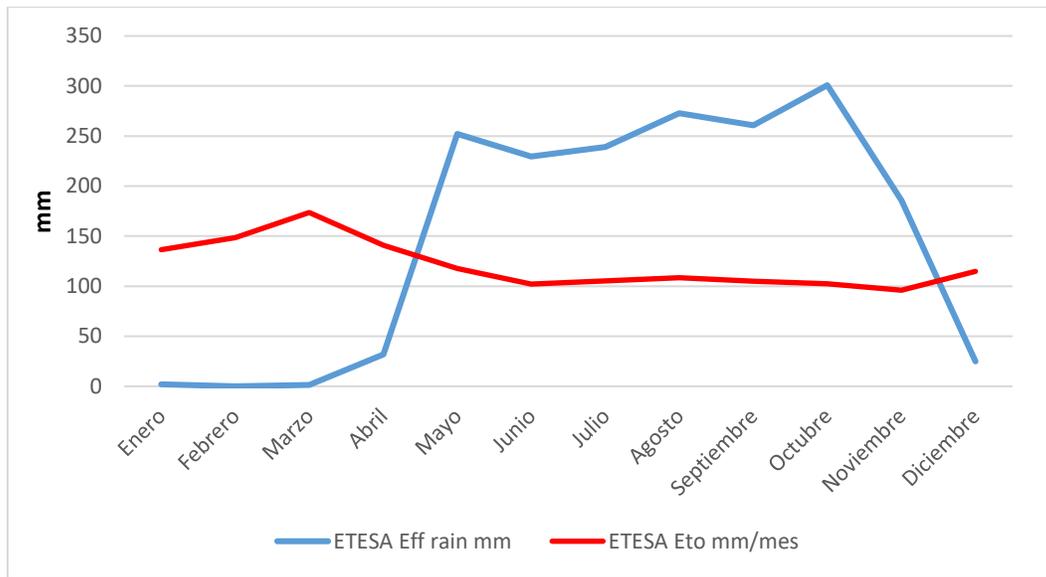


Figura 2. Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ETo) vs Precipitación Efectiva ETESA.

Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo

Como se mencionó anteriormente, también se calcularon las necesidades hídricas del cultivo de arroz y maíz con los datos de las dos estaciones agrometeorológicas y el kc de cada cultivo, para los periodos de enero a mayo. En la **Tabla 5**, **Tabla 6**, **Tabla 7** y **Tabla 8**, se pueden apreciar los valores kc para cada década (diez días) del arroz y maíz, la evapotranspiración (ETc) del cultivo de los mismos para cada estación y los requerimientos de agua.

Tabla 5. *Requerimiento de Agua del Cultivo de Arroz en la Facultad Ciencias Agropecuarias con una evapotranspiración del cultivo de referencia y precipitación efectiva del 50 % y una eficiencia de riego del 50 %.*

| Mes | Década | Etapas | Kc Coef. | Etc. mm.día ⁻¹ | Etc. mm.dec ⁻¹ | Ef. Ppt mm.dec ⁻¹ | Req. Riego mm.dec ⁻¹ |
|-------|--------|--------|----------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Ene | 2 | Inic. | 1.05 | 4.51 | 27.1 | 0 | 27.1 |
| Ene | 3 | Inic. | 1.05 | 4.73 | 52 | 0 | 52 |
| Feb | 1 | Des | 1.08 | 5.08 | 50.8 | 0 | 50.8 |
| Feb | 2 | Des | 1.19 | 5.82 | 58.2 | 0 | 58.2 |
| Feb | 3 | Med | 1.27 | 6.3 | 50.4 | 0.1 | 50.3 |
| Mar | 1 | Med | 1.27 | 6.4 | 64 | 2.3 | 61.7 |
| Mar | 2 | Med | 1.27 | 6.49 | 64.9 | 3.4 | 61.5 |
| Mar | 3 | Med | 1.27 | 6.27 | 69 | 5.4 | 63.6 |
| Abr | 1 | Med | 1.27 | 6.06 | 60.6 | 1.1 | 59.5 |
| Abr | 2 | Med | 1.27 | 5.85 | 58.5 | 0 | 58.5 |
| Abr | 3 | fin | 1.24 | 5.33 | 53.3 | 27.4 | 25.9 |
| Mayo | 1 | fin | 1.1 | 4.4 | 44 | 73.1 | 0 |
| Mayo | 2 | fin | 0.99 | 3.68 | 14.7 | 42 | 0 |
| Total | | | | | 667.6 | 154.9 | 569.1 |

Tabla 6. *Requerimiento de agua del cultivo de maíz en la Facultad de Ciencias Agropecuarias para una evapotranspiración del cultivo de referencia, precipitación efectiva del 50 % y eficiencias de riego del 50 %.*

| Mes | Década | Etapas | Kc Coef | Etc. mm.día ⁻¹ | Etc. mm.dec ⁻¹ | Ef. Ppt mm.dec ⁻¹ | Req. Riego mm.dec ⁻¹ |
|-------|--------|--------|---------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Ene | 2 | Inic. | 0.3 | 1.29 | 7.7 | 0 | 7.7 |
| Ene | 3 | Inic. | 0.3 | 1.35 | 14.8 | 0 | 14.8 |
| Feb | 1 | Des | 0.38 | 1.78 | 17.8 | 0 | 17.8 |
| Feb | 2 | Des | 0.65 | 3.2 | 32.0 | 0 | 32 |
| Feb | 3 | Des | 0.91 | 4.51 | 36.0 | 0.1 | 35.9 |
| Mar | 1 | Des | 1.16 | 5.85 | 58.5 | 2.3 | 56.2 |
| Mar | 2 | Med | 1.29 | 6.57 | 65.7 | 3.4 | 62.3 |
| Mar | 3 | Med | 1.29 | 6.36 | 69.9 | 5.4 | 64.5 |
| Abr | 1 | Med | 1.29 | 6.14 | 61.4 | 1.1 | 60.3 |
| Abr | 2 | fin | 1.29 | 5.91 | 59.1 | 0 | 59.1 |
| Abr | 3 | fin | 1.09 | 4.67 | 46.7 | 27.4 | 19.2 |
| Mayo | 1 | fin | 0.77 | 3.09 | 30.9 | 73.1 | 0 |
| Mayo | 2 | fin | 0.48 | 1.76 | 15.8 | 94.5 | 0 |
| Total | | | | | 516.5 | 207.4 | 430 |

Tabla 7. Requerimiento de agua del cultivo de Arroz en ETESA David para una evapotranspiración del cultivo de referencia, precipitación efectiva del 50 % y una eficiencia de riego del 50 %.

| Mes | Década | Etapa | Kc Coef | Etc. mm.día ⁻¹ | Etc. mm.dec ⁻¹ | Ef. Ppt mm.dec ⁻¹ | Req. Riego mm.dec ⁻¹ |
|-------|--------|-------|------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Ene | 2 | Inic | 1.05 | 4.62 | 27.7 | 0 | 27.7 |
| Ene | 3 | Inic | 1.05 | 4.94 | 54.3 | 0 | 54.3 |
| Feb | 1 | Des | 1.08 | 5.41 | 54.1 | 0.1 | 54 |
| Feb | 2 | Des | 1.19 | 6.3 | 63 | 0 | 63 |
| Feb | 3 | Med | 1.27 | 6.85 | 54.8 | 0.1 | 54.7 |
| Mar | 1 | Med | 1.27 | 7.08 | 70.8 | 0 | 70.8 |
| Mar | 2 | Med | 1.27 | 7.25 | 72.5 | 0 | 72.5 |
| Mar | 3 | Med | 1.27 | 6.83 | 75.1 | 1.5 | 73.6 |
| Abr | 1 | Med | 1.27 | 6.36 | 63.6 | 1.3 | 62.3 |
| Abr | 2 | Med | 1.27 | 5.98 | 59.8 | 1.7 | 58.1 |
| Abr | 3 | Fin | 1.24 | 5.46 | 54.6 | 29.1 | 25.5 |
| Mayo | 1 | Fin | 1.1 | 4.51 | 45.1 | 67.2 | 0 |
| Mayo | 2 | Fin | 0.99 | 3.78 | 15.1 | 38.2 | 0 |
| Total | | | | | 710.4 | 139.1 | 616.5 |

Tabla 8. Requerimiento de Agua del Cultivo de Maíz para ETESA David para una evapotranspiración del cultivo de referencia, precipitación efectiva del 50 % y para una eficiencia del riego del 50

| Mes | Década | Etapa | Kc Coef | Etc. mm.día ⁻¹ | Etc. mm.dec ⁻¹ | Ef. Ppt mm.dec ⁻¹ | Req. Riego mm.dec ⁻¹ |
|------|--------|-------|------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Ene | 2 | Inic | 0.3 | 1.32 | 7.9 | 0 | 7.9 |
| Ene | 3 | Inic | 0.3 | 1.41 | 15.5 | 0 | 15.5 |
| Feb | 1 | Des | 0.38 | 1.9 | 19 | 0.1 | 18.9 |
| Feb | 2 | Des | 0.65 | 3.46 | 34.6 | 0 | 34.6 |
| Feb | 3 | Des | 0.91 | 4.9 | 39.2 | 0.1 | 39.1 |
| Mar | 1 | Des | 1.16 | 6.47 | 64.7 | 0 | 64.6 |
| Mar | 2 | Med | 1.29 | 7.34 | 73.4 | 0 | 73.4 |
| Mar | 3 | Med | 1.29 | 6.92 | 76.1 | 1.5 | 74.6 |
| Abr | 1 | Med | 1.29 | 6.44 | 64.4 | 1.3 | 63.2 |
| Abr | 2 | fin | 1.29 | 6.04 | 60.4 | 1.7 | 58.7 |
| Abr | 3 | fin | 1.09 | 4.77 | 47.7 | 29.1 | 18.6 |
| Mayo | 1 | fin | 0.77 | 3.17 | 31.7 | 67.2 | 0 |
| Mayo | 2 | fin | 0.48 | 1.81 | 16.2 | 85.9 | 0 |
| | | | | | 550.9 | 186.9 | 469.2 |

En la **Tabla 9** se pueden apreciar las dotaciones de riego del cultivo de arroz y maíz en las dos estaciones meteorológicas consideradas en los meses de enero hasta abril, para el mes de mayo no hay que suplir con riego ya que el aporte de lluvia resulta suficiente. Además, se puede observar que la dotación más alta se presenta en el mes de marzo para ambos cultivos.

Tabla 9. *Requerimiento de Riego de los cultivos de arroz y maíz con una evapotranspiración del cultivo de referencia y precipitación efectiva del 50 % y una eficiencia de riego del 50 %.*

| | Requerimiento del riego del área l. s ⁻¹ . ha ⁻¹ | | | |
|----------------|--|---------|------|-------|
| | Enero | Febrero | Mazo | Abril |
| Arroz ETESA | 0.31 | 0.71 | 0.81 | 0.56 |
| Arroz Facultad | 0.30 | 0.66 | 0.70 | 0.56 |
| Maíz ETESA | 0.09 | 0.38 | 0.79 | 0.54 |
| Maiz Facultad | 0.08 | 0.35 | 0.68 | 0.54 |

Tabla 10. *Ejemplo de aplicación, utilizando el cultivo de Maíz con datos de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.*

| Mes | Enero | Febrero | Marzo | abril | Mayo |
|--------------|-------|---------|-------|-------|------|
| ETc (mm/día) | 1.35 | 4.51 | 6.57 | 6.14 | 3.09 |
| dt (mm) | 30 | 62 | 100 | 100 | 100 |
| p | 0.50 | 0.57 | 0.49 | 0.50 | 0.63 |
| d dis (mm) | 15 | 35 | 49 | 50 | 63 |
| Ir(días) | 11 | 8 | 7 | 8 | 20 |
| Efic (%) | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| db (mm) | 21 | 50 | 70 | 72 | 89 |

En la **Tabla 10** se muestra a modo de ejemplo el cálculo de la lámina bruta a aplicar para un cultivo de maíz, que tiene una profundidad de suelo de un metro, y con capacidad de retención de 100 mm de agua. La lámina total (dt) de agua en el suelo accesible para la planta depende de la profundidad de la raíz, en este caso 30 a 100 cm para el maíz, según su etapa de desarrollo. La fracción de agotamiento crítico (p), es decir, el porcentaje de la dt fácilmente se encuentra en un rango de 0.49 a 0.63 según la etapa de desarrollo. La lámina fácilmente disponible (d disp.) es el agua que puede extraer el cultivo (dt*p), en este caso varía de 15 mm en enero a 63 mm en mayo. Finalmente, la lámina bruta (db) obtenida tiene un rango 21 mm para el mes de enero a 89 mm en mayo, esta resulta de dividir la d disp. por la eficiencia de riego.

Por otro lado, el intervalo de riego (Ir) más bajo de 7 días corresponde al mes de marzo y el más alto de 20 días para mayo.

CONCLUSIONES

- En lo que respecta a los requerimientos de riego del cultivo de arroz, el valor más bajo se presentó en el mes de enero con una dotación de $0.31 \text{ l. s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ y la más alta de $0.81 \text{ l. s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ para la estación de ETESA en el mes de marzo. En la FCA se encontraron valores de 0.30 a $0.70 \text{ l. s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$
- En el mes de mayo el programa no arrojó datos de requerimiento de riego ni programación, ya que la precipitación puede suplir las necesidades de riego de ambos cultivos para las dos estaciones.
- El cultivo de maíz utilizando un ciclo de siembra de enero a mayo presentó un caudal mínimo de 0.09 y máximo de $0.70 \text{ l. s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ para ETESA.
- En la Facultad la dotación para maíz resultó de $0.08 \text{ l. s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$, siendo este el valor más bajo y $0.68 \text{ l. s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ siendo este el valor más alto. Al igual que en el arroz, para el maíz no se debe regar a partir de mayo por ser el inicio de la temporada lluviosa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., y Smith, D. (2006). Evapotranspiración del Cultivo – Guías Para la Determinación de Los Requerimientos de Agua de Los Cultivos. FAO, Estudio Riego y Drenaje N° 56. Rome - Italia.
- Centro de Investigación Agropecuaria de Chiriquí (CEIACHI). (2016). Datos Agro-Meteorológicos. FCA. Universidad de Panamá. Panamá
- Di Rienzo, J.S., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., y Tablada, M C.W. (2016). InfoStat versión, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina URL <http://www.infostat.com.ar>
- Empresa de Transmisión Eléctrica S, A. (ETESA). (2016). Datos Climáticos de la Estación David Aeropuerto Enrique Malek. Hidro-meteorología Panamá. URL <http://www.etsa.com.pa/>
- INEC. (febrero de 2016). Contraloría General de la República de Panamá. Obtenido de Instituto Nacional De Estadística y Censo:

http://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=11&ID_PUBLICACION=774&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=4

Leis, G. (23 de marzo de 2015). *la estrella de Panama*. Obtenido de <http://laestrella.com.pa/opinion/columnistas/panama-riesgos-meteorologicos-cambio-climatico/23852780>

Steduto, P., Hsiao, T., Fereres, E., y Raes, D. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua . Estudio de Riego y Drenaje N° 66. Roma, Italia: FAO

Swennenhuis. J. CROPWAT 8.0. (2006). FAO, Roma, Italia. http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html.