

DISPONIBILIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN EL INTERFLUVIO DEL BOCONO MASPARRO

Water availability for maize (*Zea mays L.*) in the interfluve Bocono Masparro

Asdrúbal Farías⁽¹⁾, Rafael España⁽²⁾ y María Moreno⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidad Central de Venezuela - Maracay, Aragua. Venezuela. ajfara@gmail.com

⁽²⁾UNELLEZ - Guanare, Portuguesa. Venezuela.

Recibido: 10-02-14 / Aceptado: 15-04-14

RESUMEN

En los llanos occidentales de Venezuela, se ha iniciado recientemente un crecimiento significativo en la actividad agrícola intensiva. Por tanto, es indispensable para el aprovechamiento del recurso hídrico determinar la disponibilidad de agua para atender la demanda del cultivo de maíz (*Zea mays L.*), como herramienta para los entes responsables del manejo este recurso en la zona. Con la información disponible en estudios y proyectos en la zona, relacionados con el clima, suelo y planificación de los recursos hídricos de la región, se estableció una metodología integradora de herramientas de información para evaluar la disponibilidad de agua para el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) a lo largo de los ríos Masparro y Boconó, en los estados Barinas y Portuguesa. Se determinaron los requerimientos netos de riego (RNR) del cultivo. Se caracterizaron los elementos de clima y suelo necesarios para la determinación del balance hídrico empleando el aplicativo CROPWAT. Fueron establecidas combinaciones del cultivo, el clima y la clase textural de los suelos. Se calculó el RNR, encontrándose que en todas las combinaciones evaluadas los RNR no superan los 6 mm.mes^{-1} . Se elaboró un mapa de distribución de los RNR, obteniéndose que estos se concentran al centro del mapa en las cercanías del río Boconó. De acuerdo con las disponibilidades de agua y el RNR, se puede decir que la región se satisface las demandas de agua del maíz.

Palabras clave: Disponibilidad de agua, requerimientos netos de riego, evapotranspiración de los cultivos, CROPWAT, superficies regables.

SUMMARY

In the western plains of Venezuela, was recently launched significant growth in intensive agriculture. Therefore, determining the availability of water to satisfy the demand for maize (*Zea mays L.*) is essential as a tool for the entities responsible for the management of this resource in the area. With the available information on studies and projects in the area related to climate, soil and water in the region, a methodology was established to assess the availability of water for growing crop (*Zea mays L.*) along rivers and Boconó Masparro in Barinas and Portuguesa. Net irrigation requirements (NIR) crop using CROPWAT were determined using information from weather and soil textural classification of the area. It was found that all NIR combinations tested did not exceed the 6 mm.mes^{-1} . A map of the NIR was developed, resulting in these concentrated in the center of the map, near the river Boconó. According to the availability of water and NIR, we can say that the demand for water in the region of maize is satisfied.

Keywords: Water availability, net irrigation requirements, crop evapotranspiration, CROPWAT, irrigated surfaces.

INTRODUCCIÓN

La agricultura bajo riego constituye uno de los mayores consumidores de agua dulce en el mundo. Esto ha generado, en situaciones de limitaciones de recursos hídricos, severos conflictos de uso al entrar en juego las demandas de agua para abastecimiento humano, hidroeléctrico e industrial, las cuales se han incrementado constantemente (Trezza, 2008). En los últimos años, en la región sur-occidental, particularmente en los llanos occidentales, se ha iniciado un crecimiento significativo en la actividad agrícola intensiva. Por lo que se considera un elemento indispensable para el aprovechamiento del recurso hídrico de la zona una evaluación de la disponibilidad de agua para atender la demanda del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en la región, como herramienta para la toma de decisiones por parte de los entes responsables del manejo este recurso. En este sentido, se determinaron los requerimientos de riego del cultivo maíz (*Zea mays L.*) en la zona por medio de un análisis de la disponibilidad de agua para riego en la zona de estudio mediante una metodología que integra la información disponible en estudios y proyectos en la región referida.

METODOLOGÍA

En primer lugar, se identificaron las estaciones meteorológicas que llevaban registros necesarios (temperatura del aire (máxima, media y mínima) (°C), humedad relativa (máxima, media y mínima) del aire (%), insolación (horas.luz⁻¹), velocidad del viento (km.h⁻¹); radiación (MJ.m⁻².día⁻¹), precipitación (mm)) para la determinación del balance hídrico y los requerimientos netos de riego (RNR) a través del aplicativo CROPWAT 8.0 (FAO, 2009). La selección de las estaciones se llevó a cabo, por medio de los polígonos de Thiessen. Seguidamente de este grupo de estaciones se eligieron las que presentaron los períodos de registro comprendido entre los años 1972-1992(21 años), no se estimaron los datos faltantes. En el caso de la precipitación, luego de seleccionadas las estaciones se estimó la media anual de cada estación según el procedimiento planteado por Smith (1993). La evapotranspiración de referencia (ET_o) en las estaciones elegidas se estimó a través del método FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 2006), siguiendo las recomendaciones de Bracho y Puche (2007) y Trezza (2008). Finalmente se determinaron los RNR del cultivo, empleando el aplicativo CROPWAT 8 (FAO, 2009). Estableciéndose el 15 de mayo como fecha de siembra del cultivo según MOP (1976).

Para la determinación de las clases texturales de los suelos, se caracterizaron las series de suelo representativas de la zona. Recopilando la información de los estudios de suelo llevados a cabo en la región por el MOP (1963), Schargel y Quintanilla (1967), Schargel (1970), Schargel y Strebin (1970), y Strebin *et al.*, (1974). Luego empleando la base cartográfica de BIOCENTRO (1999), se construyó el mapa de clase texturales de los suelos, con el programa ArcView 3.2[®]. Se establecieron así combinaciones del cultivo con los polígonos para cada estación de precipitación con sus correspondientes clases texturales. Luego para cada uno de estos polígonos, se cargaron los RNR, determinándose los volúmenes netos de riego como el producto del RNR por la superficie de sus polígonos. Para la elaboración del mapa de los RNR, fue empleado el programa ArcView 3.2[®].

Debido a la imposibilidad de poder determinar los gastos mínimos mensuales de los ríos Boconó y Masparro a partir de registros de posteriores a la construcción de los

embalses Masparro y Boconó-Tucupido. En sentido, se recopilaron los caudales turbinados disponibles en la central hidroeléctrica de la Hidroeléctrica "Juan Antonio Rodríguez Domínguez" (Peña Larga) de CADAFE-DESURCA del período 2004 al 2010, esta información se relacionó con la capacidad de descarga a nivel mínimo del embalse para compararlo con los datos del embalse Masparro y así conocer el caudal mínimo mensual de cada río. Los gastos mínimos mensuales del río La Yuca fueron determinados a partir de la curva de duración de caudales mínimos instantáneos, empleando información de los estudios MOP (1976), MARNR (1981, 1983), CIDIAT-ULA-CORPOANDES (1971) y los datos de la estación del MPPA (2010) Puente La Yuca (230) para el período de 1969 a 1982. Luego se seleccionó el máximo de los RNR y tomando en cuenta las disponibilidades de agua, se calculó el área que se podría regar para satisfacer dichos requerimientos.

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De las veinte estaciones meteorológicas (Figura 1), sólo seis registran los elementos necesarios para la determinación de la ETo (Guanare Aeropuerto (2299), Peña Larga (3120), La Quinta (3180), Barinas Aeropuerto (3178), San Nicolás (3217) y Bruzual (4292)). La distribución mensual de los elementos climáticos, presentan régimen similar en la mayoría de las estaciones meteorológicas, ubicándose en la temperatura media anual alrededor de los 26°C, con una mínima de 21 °C y una máxima de 32°C; aproximadamente 77% de humedad relativa y una insolación cercana a las 6 horas.día⁻¹. Por otro parte el período de registro de las estaciones meteorológicas es heterogéneo, sin embargo resultaron superior a los mínimos sugeridos por Lobo et al., (2005), los cuales son un mínimo de 5 años para datos de temperatura, radiación y humedad relativa y 1 año para datos de velocidad del viento.

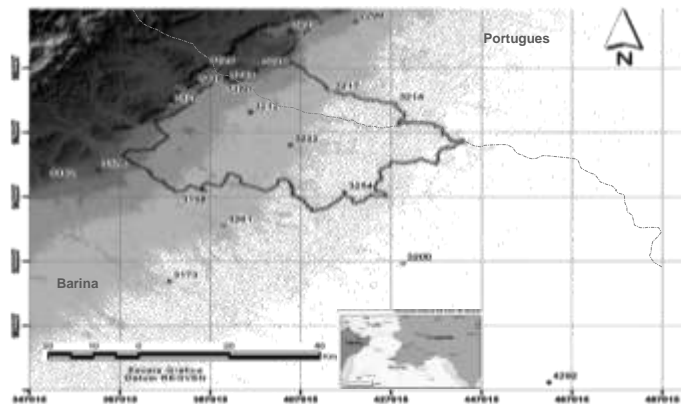


Figura. 1. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas en la región.

En la distribución espacial de las estaciones, resultan relevantes las estaciones San Nicolás (3217), La Quinta (3180) y Barinas Aeropuerto (3178). Las diferencias entre las magnitudes de la ETo de estas estaciones no son significativas, presentando estas un coeficiente de correlación superior a 0,90. Por presentar un comportamiento más cercano a la media de estas tres últimas estaciones se emplearon los valores de ETo de la estación La Quinta (3180), estos valores se concentran en los meses de julio y agosto (Tabla 1).

Tabla1. Valores estimados de ETC (mm.mes⁻¹) para el cultivo de maíz, calculados con los datos de la estación La Quinta (3180).

Mes	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Total (mm.período ⁻¹)
ETc (mm.mes ⁻¹)	18,2	61,1	118,1	120,4	33,7	351,5

En el caso de la precipitación, de las estaciones meteorológicas sólo siete (07), cumplieron con las premisas establecidas, Barrancas (3128), Torunos (3158), Sabaneta (3212), Pto Animas (3214), Sipororo (3216), San Hipólito (3222) y Mijagual (3254). Las series representativas en cada tipo designado de clase textural, fueron la serie Boconó (Typic Ustipsamments), Fanfurria (Aquic Haplustepts) y Méndez (Vertic Endoaquepts), para las texturas ligeras, medias y pesadas respectivamente. Sólo en la composición con suelos livianos (serie Boconó) reportandatos de RNR (mm), específicamente entre los meses de Julio y Agosto, estando los valores por encima de los 3 mm.mes⁻¹(Tabla2).

Tabla2. RNR (mm.mes⁻¹) promedio para el cultivo de maíz en suelos livianos.

Estación	Peña Larga (3120)	Sabaneta (3212)	Sipororo (3216)	San Hipólito (3222)
Julio	0	2,95	0	2,98
Agosto	2,97	0	5,84	0
Total	2,97	2,95	5,84	2,98

En cuanto a la distribución espacial de los RNR como se aprecia en la figura 2, estos se concentran en la parte central, específicamente en las cercanías del río Boconó.

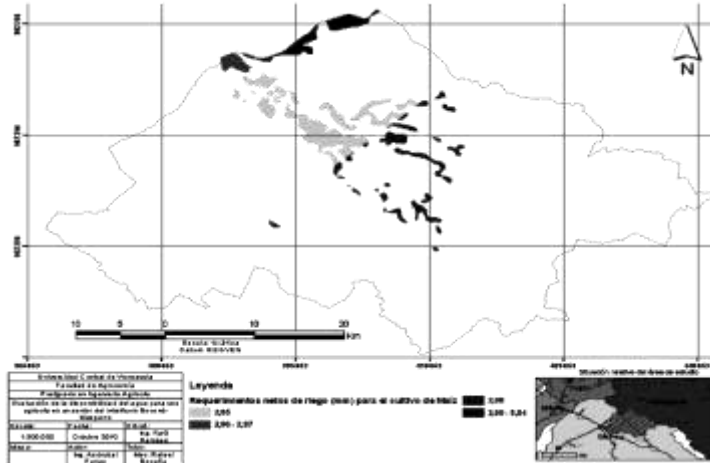


Figura 2. RNR (mm.mes^{-1}) para el cultivo del maíz durante los meses de julio y agosto en la composición con suelos livianos (serie Boconó).

El caudal neto total ($\text{l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$) es de $4,67 \times 10^{-3} \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$, destacando la estación Sipororo (3216) con $1,85 \times 10^{-3} \text{ l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ (Tabla4).

Tabla4. Volumen neto de riego promedio anual durante el ciclo del cultivo de Maíz en los suelos livianos para el período 1972-1992.

Estación	Peña Larga (3120)	Sabaneta (3212)	Sipororo (3216)	San Hipólito (3222)	Total
RNR (mm)	2,97	2,95	5,84	2,98	
Área (Km^2)	6,12	43,25	14,3	22,42	86,09
Volumen Neto (Hm^3)	0,02	0,13	0,08	0,07	0,3
Caudal Neto ($\text{l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$)	0,00094	0,00094	0,00185	0,00094	0,00467

Según los registros el caudal mínimo turbinado durante el período 2004 al 2010 en la presa sobre el río Boconó, fue de $11,9 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, en el río Masparro se estimó un gasto mínimo mensual de $7,5 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. El río la Yuca presenta un caudal mínimo de $1,2 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. El río Masparro después de su confluencia con el río La Yuca, dispondría de un caudal mínimo mensual de $8,7 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Siendo en este caso disponible entre los ríos Boconó y Masparro un caudal de $20,60 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ mínimo al mes. En la región se logra satisfacer en el mes de máxima

demanda, agosto, ya que se podrían regar potencialmente $4411,13 \times 10^3$ ha (24 veces toda el área bajo estudio de 186644 ha).

CONCLUSIONES

Los RNR sólo en el caso de la composición con suelos livianos (serie Boconó) reporta la necesidad de aplicación de un riego suplementario, entre los meses de Julio y Agosto, con una demanda superior a los 3 mm.mes^{-1} . La disponibilidad de agua superficial en la región, está compuesta por el río La Yuca y los embalses Boconó-Tucupido y Masparro; de estos el embalse sobre el río Boconó es la principal fuente de aguas superficiales, aportando cerca del 58% de estas. De acuerdo con las disponibilidades de agua y los requerimientos netos de riego del maíz, se puede decir que la región se satisface las demandas de agua del cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la UCV, por el financiamiento a través del PI 01-00-7163-2008; a BIOCENTRO, al MPPAT, y al MPPA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen R.; L. Pereira, D. Raes; M. Smith. (2006). Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje 56. FAO. Roma. 300 p.

Arcview 3.2 .1995. ESRI Software <http://www.esri.com/software>.

Bracho G. y M. Puche. (2007). Limitaciones del uso de la ecuación Penman-Monteith FAO para la generación de mapas, Caso Venezuela. Coordinación de la Red Riegos del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) Taller de Modernización de riegos y uso de tecnologías de la información La Paz, Bolivia, 17-19 de septiembre de 2007. Disponible en línea: www.ceer.isa.utl.pt/cyted/2007/bolivia2007/Tema%201/1.3_GennadyBracho_LaPaz_Set07.pdf.

Centro para el estudio de la Biodiversidad Neotropical, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (BIOCENTRO). (1999). Caracterización físico natural

para el desarrollo regional de occidente (DRO) a escala 1:250000. PDVSA. Guanare, Venezuela.

CIDIAT-ULA-CORPOANDES. (1971). Proyecto de desarrollo agrícola Boconó-Masparro. Módulo I. Tomo I, Mérida Venezuela 247 p.

FAO. (2009). CROPWAT versión 8.0. Programa de computación. Disponible en: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html.

Lobo D., D. Gabriels, F. Ovalles; F. Santibañez, M. Moyano, R. Aguilera, R. Pizarro, C. Sangüesa, N. Urra. (2005). Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe. Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC), Programa Hidrológico Internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (PHI-UNESCO) Chile, 59p. disponible en línea http://www.cazalac.org/documentos/Guia_Mapas_ZA_ALC.pdf

Ministerio de Obras Públicas (MOP). (1963). Estudio Agroeconómico Preliminar del Sector Río Guanare - Río Boconó. MOP División de Agronomía. Guanare. 148 p.

Ministerio de Obras Públicas (MOP). (1976). Programa Guanare - Masparro plan de desarrollo (Decreto 107). Comisión Asesora del Ejecutivo Nacional para el Programa Guanare Masparro. Caracas; Venezuela. 126 p.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). (1983). Inventario nacional de sitios de aprovechamiento hidráulico. Serie: inventario nacional del recurso agua. Caracas Venezuela. 18 p.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). (1981). Los excesos de aguas superficiales en los Llanos Occidentales. Su problemática. Bases para una solución integral. 2da edición. Proyecto Inventario Nacional de Tierras. División de Información e Investigación del Ambiente Zona 2. Maracay, Venezuela 81 p.

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA). (2010). Embalses de Venezuela. Viceministerio del Agua. disponible on line 9/02/2010 http://www.minamb.gob.ve/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=37&Itemid=10

Schargel R. (1970). Estudio Agrológico Detallado Sector Boconó-Masparro entre E18 y E24. MOP. Dirección de Obras Hidráulicas. División de Edafología. Oficina Edafológica de Occidente Estado Barinas. División de Edafología. MOP. Guanare. 64 p.

- Schargel R. y R. Quintanilla. (1967). Estudio agrologico detallado del Sistema de Riego Río Boconó . (Primera Etapa), Ministerio de Obras Públicas (MOP). División de edafología. 53 p.
- Schargel R. y S. Strebin. (1970). Estudio agrológico preliminar Sector Obispo (Estado Barinas). MOP. Dirección de Obras Hidráulicas. División de Edafología. Oficina Edafológica de Occidente Estado Barinas. División de Edafología. MOP. Guanare.57 p.
- Smith, M. (1993). CROPWAT. Programa de ordenador para planificar el riego. Estudio FAO Riego y Drenaje 46. Roma, Italia. 133 p.
- Strebin S., P. Quintero de Briceño, R. Schargel, P. Urriola. (1974). Informe Interpretativo de Suelos de la Zona Guanare-Masparro Estado Portuguesa y Barinas MOP. Dirección General de Recursos Hidráulicos Dirección de Información Básica División de Edafología. 46 p.
- Trezza, R. (2008). Estimación de la evapotranspiración de referencia a nivel mensual en Venezuela. ¿Cuál método utilizar?. Bioagro, 20(2): 89-95.
- USDA.(1964). Estimation of direct runoff from storm rainfall.National Engineering Handbook, Washington DC, USA.Section 4 Hydrology, Chapter 4: 1-24.