

**VALIDACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN CROPWAT EN
LA REGIÓN DE LA MIXTECA POBLANA.
VALIDATION OF THE CROPWAT SIMULATION MODEL IN
THE MIXTECA POBLANA REGION.**

López Calderón J. C.^{*1}, Leana Acevedo J. L.¹, Castro Bravo C.¹, Romero Moranchel M.¹

¹Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros (UTIM). Programa Educativo de Agrobiotecnología. Prolongación Reforma 168, Barrio de Santiago Mihuacán. C.P. 74420 Izúcar de Matamoros, Puebla. Tel. (243)4363894,95 o 96.

*Correo electrónico: utimlopez@hotmail.com

RESUMEN

La capacidad de los modelos que simulan la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) en relación con el ambiente, nos permite cuantificar la relación de la variabilidad climática con el rendimiento, y explorar las formas de combinar los cultivos y sistemas de cultivos con el ambiente. El objetivo de esta investigación fue analizar por medio de una simulación, los requerimientos de agua necesarios en un cultivo de maíz, utilizando el programa de simulación CROPWAT (programa de ordenador para planificar y manejar el riego), bajo las condiciones ambientales de la región mixteca poblana. Se analizaron estadísticamente los diferentes valores climatológicos de la región mixteca poblana, las variables fisicoquímicas de suelo y los requerimientos para el cultivo de maíz. Estos datos se trabajaron con la ayuda del software CROPWAT y se obtuvo la mejor época de siembra para el maíz en esta región.

ABSTRACT

The ability of models that simulate Crop Growth Rate (TCC) in relation to the environment allows us to quantify the relationship of climate variability with yield and explore ways to combine crops and crop systems with the environment. The objective of this research was to analyze, by means of a simulation, the necessary water requirements in a corn crop, using the CROPWAT simulation program (computer

program to plan and manage irrigation), under the environmental conditions of the Mixtec region. poblana. The different climatological values of the Mixteca region of Puebla, the soil physicochemical variables and the requirements for the cultivation of corn were statistically analyzed. These data were worked with the help of the CROPWAT software and the best planting time was obtained for corn in this region.

Palabras clave: modelo de simulación, CROPWAT, maíz.

INTRODUCCIÓN

El uso de modelos de simulación en el manejo del riego en los cultivos se ha incrementado en los últimos años teniendo en cuenta las ventajas que presentan para el desarrollo de estrategias de manejo de cultivo, utilizando series climáticas históricas (Sheng-Feng, et al. 2001).

El modelo CROPWAT tiene la capacidad de simular los requerimientos de irrigación en varios cultivos, el cálculo para estimar el factor agua es bien conocido, pues ayuda a minimizar el impacto sobre el rendimiento que provocan los períodos de sequía climática y edáfica, considerando factores como su intensidad y duración, y la gran variabilidad espacial en cuanto a la distribución de precipitaciones y a los distintos tipos de estrés hídrico en función de momento y severidad (Allen, et al. 1998). En la dinámica del sistema intervienen los parámetros de suelo asociados con distribución de horizontes, tipo de suelo, impedimentos físicos para la profundización y exploración de las raíces, capacidad de drenaje e infiltración de los suelos y capacidad de absorción por el sistema radicular. Los elementos climáticos provocan un conjunto de interacciones que difícilmente puedan ser explicados con modelos estáticos parciales; los modelos de cultivo, funcionales, tratan de describir esta dinámica, relacionando los distintos parámetros involucrados dentro de las variables, clima-suelo y planta en una escala de paso diario (Nazer, et al. 2009).

El objetivo del trabajo es presentar los resultados de validación del modelo CROPWAT en las condiciones de producción en la región Mixteca Poblana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las variables climatológicas de investigación corresponden a las estaciones agrometeorológicas ubicadas en el municipio de Izúcar de Matamoros (Tepeojuma; Los Monjes, Tlapanala; Las Delias, Izúcar de Matamoros; Rijo, Tilapa; C. E. Atencingo, Izúcar de Matamoros; Estación Colón, Chietla; Epatlán, Epatlán) que pertenece a la región del trópico seco, cuyas características climáticas dominan en todo el perímetro de la Mixteca Baja Poblana. La estación de lluvia se presenta en los meses de verano y otoño. La vegetación nativa del municipio es la selva baja caducifolia (Guízar, et al. 2010).

Se estudiaron variables de suelo y se tomaron muestras para determinar sus propiedades físicoquímicas, las cuales que fueron analizadas por el laboratorio de análisis físicoquímicos de la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros (Cuadro 1). Se introdujeron todas las variables climáticas promediadas del año, las variables del cultivo, las propiedades del suelo a la base de datos del programa de cómputo CROPWAT y se generaron datos relacionados con los requerimientos de agua en un cultivo para condiciones de riego (Arteaga, et al. 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el análisis físico químico en suelo se encontraron los siguientes valores, que se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis físicoquímicos de suelo.

INDICE	EXTRACCIÓN	MÉTODO	RESULTADO	UNIDADES
pH en agua	H ₂ O	Potenciométrica	7.33	de pH

Conductividad Eléctrica	H ₂ O	Conductimétrica	446	μS/cm
Materia Orgánica	NH ₄ Ac 1M	Walkley-Black	1.89	%
Sodio	pH7	Absorción atómica	2.8	
Potasio	NH ₄ Ac 1M	Absorción atómica	16.46	meq/l
Calcio	pH7	Absorción atómica	220.56	meq/l
Magnesio	Kjeldahl	Absorción atómica	84.13	meq/l
Nitrógeno Total		Volumétrica	0.49	%
Textura		Hidrómetro de Bouyocos	Arcilloso Arenoso	
Fósforo Olsen	NaHCO ₃ 0.5 M	Colorimétrica	11.77	mgP/kg
Índice de Absorción de sodio (RAS)			2.33	meq/g

En el cuadro 2 se observan los datos climáticos de la región de la Mixteca Poblana. Estos valores fueron el resultado de analizar las variables agrometeorológicas de 7 estaciones climatológicas de la región y se tomaron en cuenta los datos de los últimos 5 años, los promedios de estos valores fueron ingresados en el sistema de cómputo, y se generaron los valores de evapotranspiración (ET_o) de referencia, los cuales son la base de cálculo de la evapotranspiración del cultivo (Allen, et al. 1998)

Cuadro 2. Valores climatológicos de la región.

Mes	Temp. Min	Temp. Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ET _o
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m ² /día	mm/día
Enero	10.40	26.85	51.60	88.84	12.1	22.1	3.32
Febrero	11.80	29.05	49.25	91.73	11.9	24	3.95
Marzo	12.90	31.81	38.12	101.86	11.9	26.3	4.98
Abril	15.54	33.45	39.28	100.83	11.9	27.7	5.58
Mayo	17.00	33.60	47.38	91.30	11.4	27.1	5.51
Junio	16.99	30.89	62.41	75.03	10.1	25	5.05

Julio	16.18	29.30	70.60	63.13	9.3	23.7	4.62
Agosto	16.25	29.43	72.13	61.03	9.6	24.1	4.66
Septiembre	16.22	28.12	75.92	53.88	9.2	22.6	4.25
Octubre	13.39	28.84	65.71	67.76	10.7	22.9	3.94
Noviembre	11.34	28.57	58.35	76.72	11	21.1	3.41
Diciembre	8.98	27.54	54.77	79.09	11.7	20.9	3.1
Promedio	12.9	30.4	59	47	10.9	24	4.36

En la figura 1 se observa el comportamiento de las precipitaciones y la precipitaciones efectivas que cayeron en la región de la Mixteca Poblana, debido al clima se observa que el inicio de las precipitaciones comienza en los meses de marzo y abril, con precipitaciones mínimas de 25 a 12 mm, después de estos meses las precipitaciones aumentan hasta alcanzar su máximo en los meses de junio, julio y agosto, con precipitaciones de 200 mm, después de estos meses las precipitaciones descienden, de tal manera que en noviembre y diciembre no llueve y comienza la temporada de sequía.

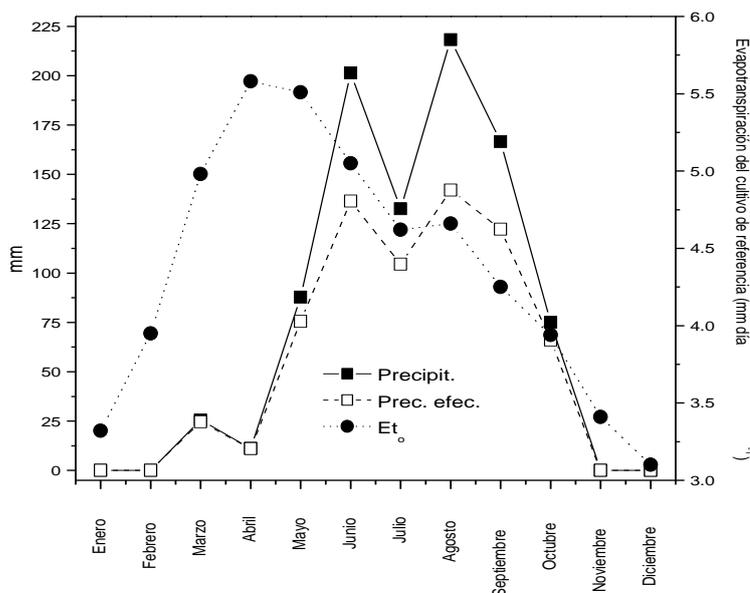


Figura 1. Precipitaciones promedio observadas, en la región de la mixteca baja poblana.

En la figura 2 se grafican los cálculos de los requerimientos de riego semanal durante todo el año. Se calculó que bajo estas condiciones la mejor fecha para sembrar el maíz es a finales de mayo y principios de junio. De acuerdo con esta simulación se estima que la mejor fecha para la siembra del maíz es el 1 de junio pues solo se requieren 227.4 mm de agua de riego para satisfacer las necesidades del cultivo en todas sus etapas de crecimiento. El resto del agua es suministrada satisfactoriamente por la temporada de lluvias. También se puede observar que la peor fecha para iniciar el cultivo es a finales de diciembre y principios de enero, pues se calcula que se necesitaran 701 mm de agua de riego, es decir 2 veces más agua, esto implica que al ejecutar estos resultados podemos ahorrar un 200% de agua de riego.

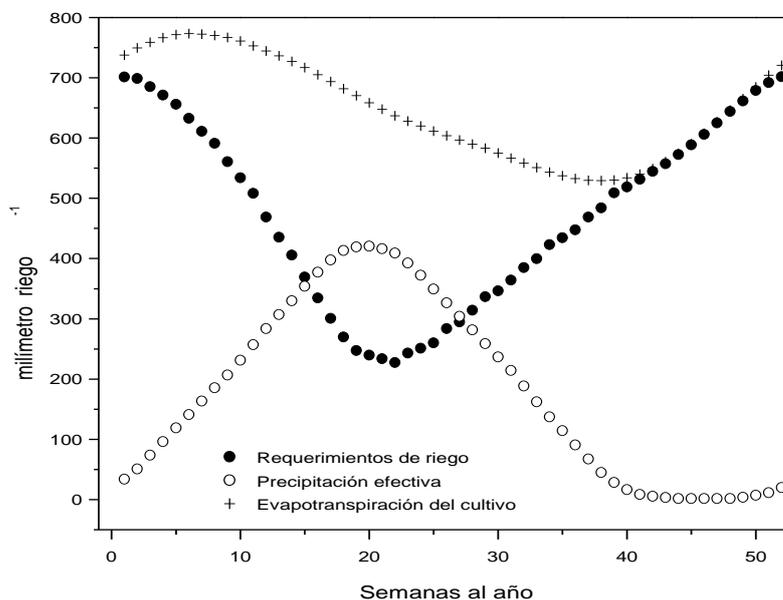


Figura 2. Cálculo de irrigación en la temporada otoño invierno.

En la figura 3 se grafican los cálculos de riego realizados por el programa CROPWAT, se requieren aproximadamente 3 riegos por mes. Se observa como en el mes de junio no

es necesario irrigar el cultivo (ver requerimientos calculados de riego), de julio a septiembre comienzan los riegos. En los meses de agosto y septiembre es necesario incrementar la cantidad de agua y en el mes de octubre en el cual no hay presencia de lluvias es necesario suplementar su ausencia.

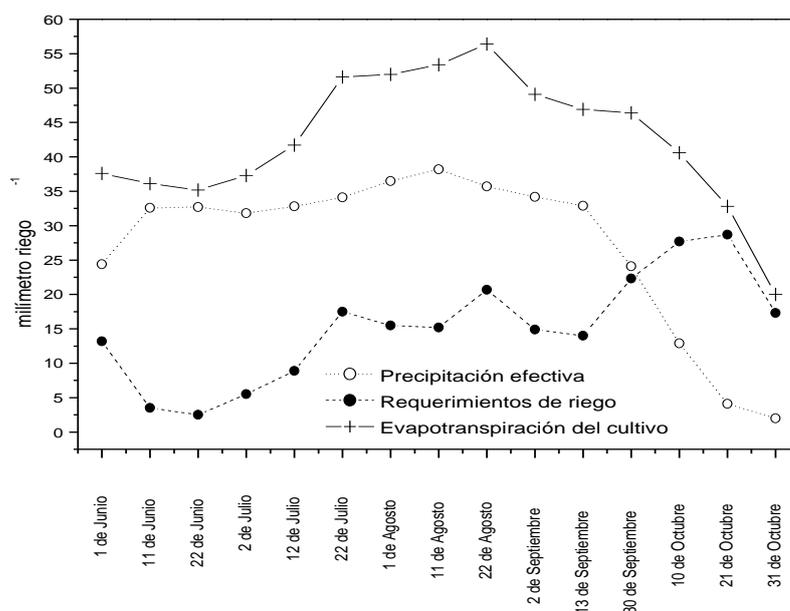


Figura 3 Cálculo de irrigación en la temporada primavera verano.

El programa CROPWAT permite la programación del riego bajo diferentes opciones de frecuencia y aplicación de riego, para cada cultivo y tipo de suelo, por lo que es importante hacer notar que la programación de riego de un cultivo en la misma fecha de siembra presenta variaciones en función de la opción de frecuencia y de la aplicación de riego que se seleccione. Arteaga Ramírez y colaboradores en el 2011 realizaron el análisis para diferentes cultivos, en el distrito de Riego 035, de la Antigua-Actopan, en el estado de Veracruz. Sus conclusiones respecto a la mejor época de siembra para el cultivo de maíz bajo sus condiciones agroclimáticas fueron del 8 de junio, en el caso de la región Mixteca Poblana fue el 1 de junio. Estas fechas varían de acuerdo con las condiciones de la región.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El modelo de simulación CROPWAT es una herramienta muy efectiva para optimizar el uso del agua y disminuir el estrés hídrico en un cultivo.
- Los resultados de la validación permiten recomendarlo, para la operación de los sistemas de riego.
- Se recomienda el uso del modelo para la determinación de requerimientos reducidos y su posible efecto en los rendimientos agrícolas, en este caso del cultivo del maíz.
-

REFERENCIAS.

- Abdzad G., A. (2013). *Simulation of Peanut (Arachishypogaea L.) with CROPWAT Model in Irrigation Condition and Rainfed. Sci. Agri. 2 (3): 54-59*
- Allen RG, Pereira PL, Raes D, Smith M. (1998). *Crop Evapotranspiration- Guidelines for Computing Crop Water Requirements.FAO Irrigation and Drainage. Paper 56. 322 pp.*
- Arteaga Ramírez R., Ángeles Montiel V., Vázquez Peña M. (2011). *Programa CROPWAT para planeación y manejo del recurso hídrico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.2 Núm.2 1 p. 179-195.*
- Barrios A., A. Turrent F., A., Otero S., M. Ariza F., R. Michel A., A. (2006). *Efecto de la interacción genotipos × prácticas de manejo sobre el índice de cosecha de híbridos de maíz bajo riego. Interciencia. pp. 530-535.*
- Guízar-Nolazco E., Granados-Sánchez D., Castañeda-Mendoza A. (2010). *Flora y vegetación en la porción sur de la mixteca poblana. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 16(2): 95-118.*
- Hoogenboom G. (2000). *Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. Agr.Forest Meteorol. 103, 137-157.*
- Nazer M, (2009). *Simulation of maize crop under irrigated and rainfed conditions with CROPWAT model. ARPN journal of agricultural and biological science. Vol 4, No 2. Pp. 68-73.*

Sheng-Feng K, Bor-Jang L, Horng-Je Sh. (2001). *Cropwat model to evaluate crop water requirements in taiwan.international commission on a25, irrigation and drainage*. 1st Asian regional conference, Seúl.