

DETERMINACION Y MODELACION DEL COEFICIENTE  
POR RESTRICCION DE HUMEDAD DEL SUELO PARA MAIZ

Marco Antonio Inzunza Ibarra

Francisco Mojarro Dávila

(Centro Nacional de Investigación Disciplinaria  
en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, Centro  
Nacional de Investigaciones Forestales y Agrope-  
cuarias, Secretaría de Agricultura y Recursos  
Hidráulicos. Apartado Postal # 41 Ciudad Lerdo,  
Durango, México. C.P. 35150.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID-RASPA) ubicado en Gómez Palacio, Durango, México y consistió en el estudio de la relación entre el coeficiente de ajuste por restricción de humedad del suelo ( $K_s$ ) y el déficit hídrico, en tres tipos de textura. Se analizaron los datos diarios de evapotranspiración máxima ( $ET_x$ ) del maíz medida en un lisímetro de pesada y la información de la evapotranspiración real ( $ET$ ) obtenida en nueve lisímetros volumétricos, los cuales contienen tres tipos de texturas; se simularon tres diferentes niveles de humedad en los lisímetros volumétricos. El objetivo central de este trabajo fue el de determinar y simular el  $K_s$  para diferentes niveles de tensión de humedad y para diferentes texturas. Los resultados indican que una función de potencia inversa es adecuada para explicar la relación entre el  $K_s$  y la tensión de humedad en el suelo, ya que explica en forma dinámica las variaciones de la evapotranspiración con diferentes regímenes hídricos.

INTRODUCCION

La evapotranspiración actual se estima en función de ciertos parámetros climatológicos como temperatura, radiación y viento y es corregida por un coeficiente determinado empíricamente. Estas determinaciones de  $ET$  representan la demanda evaporativa de la atmósfera; sin embargo, la  $ET$  es afectada por el agua en el suelo, la que a su vez depende de la textura, del cultivo y de las condiciones meteorológicas que es variable en tiempo y espacio; situación difícil para realizar una medición precisa de la evapotranspiración de los cultivos; por otra parte, las presiones políticas, sociales y económicas existentes sobre el manejo del agua de riego exigen determinar la mejor programación del riego con el fin de incrementar la productividad del agua.

El objetivo de este trabajo fue el determinar y simular el coeficiente de ajuste por restricción de humedad del suelo para diferentes texturas, así como evaluar metodologías para cuantificar el  $K_s$  por medio de lisimetría y concientizar de su importancia en el proceso evapotranspirativo.

MATERIALES Y METODOS

Sitio Experimental. La evapotranspiración máxima fue medida en un lisímetro de pesada y de estructura inalterada situado en el CENID-RASPA en Gómez Palacio, Durango, México, siendo su localización a  $25^{\circ}30'$  de latitud norte y  $103^{\circ}31'$  de longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 1130 m. La  $ET$  fue medida en nueve lisímetros de estructura alterada y de drenaje localizados en el citado centro; los detalles de construcción de los lisímetros fueron publicados por Alférez y Peña, 1976.

Determinación de la  $ET_x$  y  $ET$ . El cultivo de maíz se desarrolló en condiciones óptimas de riego durante el ciclo vegetativo en el lisímetro de pesada, el cual tiene un sistema electrónico de pesada que registra las aportaciones por riego y/o lluvia y la salida por drenaje, proporcionando valores diarios de  $ET_x$ . DE igual manera se utilizaron los nueve lisímetros volumétricos del centro para determinar la evapotranspiración real; el cultivo de estos lisímetros creció en condiciones restrictivas de agua. La  $ET$  fue medida con el mismo criterio arriba descrito pero en forma manual se conocieron los volúmenes aportados por riego y/o lluvia y drenaje.

Datos del cultivo y Manejo de Riego en los Lisímetros. La variedad del maíz sembrada fue el H-419 con una densidad de 50 mil plantas/ha. El criterio del riego en el lisímetro de pesada fue el de mantener una tensión de 0.5 a 1 atm en todo el perfil del suelo. En lo que respecta a los nueve lisímetros volumétricos, con diferentes texturas, se aplicó el riego cuando existían tensiones ponderadas de 3, 9 y 15 atm con respecto a la lámina total consumida. El monitoreo del abatimiento de humedad se registró por medio de un aspersor de neutrones.

Índice de Area Foliar. El índice de área foliar (IAF) fue medido cada semana durante el ciclo de cultivo en cada uno de los lisímetros.

Modelo que relaciona los Ks y la Disponibilidad del Agua en el Suelo. La función ajustada con los datos generados del presente estudio es la propuesta por Norero (1969) y es la siguiente:

$$K_{si} = \frac{ETx_i}{ETi} = \frac{1}{1 + \left(\frac{T_i}{C}\right)^k} \quad (1)$$

Donde:

$T_i$  = tensión de humedad en el período  $i$ .

$K$  y  $C$  = constantes que dependen de las propiedades del suelo.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Índice de Area Foliar. De acuerdo a los valores de índice de área foliar para cada uno de los niveles de humedad bajo estudio y además la correspondiente - evapotranspiración real durante el ciclo de desarrollo del cultivo; es evidente que los valores de IAF fueron afectados por la capacidad de los tipos de textura en retener agua. Los máximos valores de IAF correspondieron al suelo arcilloso con los niveles de tensión citados anteriormente. Partiendo del principio que la radiación es un factor importante en la ET; se puede inferir que la capacidad de la cobertura vegetal con más magnitud de IAF para evapotranspirar, se vio seriamente afectada por la falta de intercepción de radiación, por la disponibilidad de agua en el suelo y además por el tipo de textura; en otras palabras, los tipos de textura estudiados para un mismo nivel de tensión de humedad del suelo, se refleja en diferentes valores de IAF lo que condiciona al cultivo a reducir su evapotranspiración.

Lo anterior tiene aplicación práctica en los ecosistemas de riego donde se tiene gran variabilidad de textura; por lo tanto, tienen que considerarse diferente dotación de agua a los cultivos para que éstos mantengan una cobertura vegetal óptima evapotranspirativa que proporcione elevados rendimientos.

Modelos que relacionan el Ks y la tensión de humedad del suelo para diferentes texturas. El modelo de Norero, citado en la sección anterior (1), explicó satisfactoriamente la mencionada relación; los modelos obtenidos mediante la técnica de regresión se presentan para cada una de las diferentes texturas en el Cuadro 1.

CUADRO 1. MODELOS DE Ks PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO

Textura	Modelo	R <sup>2</sup>
Arenoso	$K_s = \frac{1}{1 + \left(\frac{T}{4.22}\right)^{2.07}}$	0.96
Franco-arcilloso	$K_s = \frac{1}{1 + \left(\frac{T}{7.28}\right)^{2.76}}$	0.95
Arcilloso	$K_s = \frac{1}{1 + \left(\frac{T}{8.49}\right)^{3.73}}$	0.93

Los tipos de ecuaciones generadas son función inversa, y de acuerdo a los valores K y C obtenidos (Cuadro 1), abarca una gama de situaciones entre las que destaca: 1) Donde la ET es máxima, ya que para las texturas los valores de Ks son similares en el rango de 0.3 a 1.0 atm. 2) Posteriormente las tres curvas decrecen gradualmente y en este punto es precisamente donde se establecen las grandes reducciones de la ET por limitaciones físicas de los valores en retener agua para suplir la demanda evaporativa. Por último, 3) Las curvas tienden a ser asintóticas al eje de las abscisas, indicando que la liberación del agua del suelo a la planta es muy escasa o nula a altas tensiones. De este análisis ha quedado demostrado que la influencia de la textura es un factor importante en el sistema suelo-planta-atmósfera, el cual es inseparable y continuo en el transporte de agua..

#### CONCLUSIONES

Del análisis de esta información se puede decir que al inducir una tensión de humedad en el suelo se producen reducciones en el IAF, las cuales van acompañadas con reducciones de las tasas evapotranspirativas.

El modelo propuesto por Norero (1969) para estimar el Ks es aceptable, ya que éste considera las interacciones de suelo-planta. Es recomendable repetir el experimento con el fin de establecer teorías que expliquen de una forma dinámica las variaciones de la evapotranspiración con diferentes regímenes hídricos.

#### LITERATURA CITADA

- Alfárez C., J. y E. 1976. Proyecto y Construcción de un Lisímetro de Estructura Inalterada y de Pesada. Informe CENAMAR\_SARH, Gómez Palacio, Durango. México.
- Norero, A.S. 1969. A fórmula to express evapotranspiration as a function of soil moisture and evaporative demand of the atmosphere. Ph. D. Dissertation. JTAH, State University.

## DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA OS CITROS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Elizeu L. Sequeira Sampaio <sup>(1)</sup>  
 Altino Aldo Ortolani <sup>(2,3)</sup>  
 Mário José Pedro Junior <sup>(2,3)</sup>

Os citros, como plantas permanentes, apresentam uma das mais amplas áreas de dispersão no mundo, embora originário dos trópicos úmidos e com caracteres gerais mesofíticos. Para produção comercial contudo, o maior potencial se encontra em climas subtropicais, mediterrânicos e tropicais de altitude úmidos. No Planalto Paulista e regiões limítrofes se concentra uma das mais importantes regiões citrícolas do mundo, que compete no mercado internacional sem o uso da irrigação. Nesta região os valores médios da evapotranspiração e da precipitação pluvial, quando confrontados resultam em balanço hídrico favorável aos citros, quer no aspecto quantitativo quer no qualitativo. Em anos eventuais dependendo do local, tipo de solo e sistema de cultivo, ocorrem reduções de produção por episódios de seca, seja no período de repouso e maturação ou na estação de crescimento, em pleno verão úmido. Quando se decompõe os valores médios do balanço hídrico em períodos curtos, pode se constatar várias frequências de estresse hídrico.

O objetivo deste trabalho é o cálculo da probabili-

<sup>(1)</sup> Direção de Meteorologia do Uruguai

<sup>(2)</sup> Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agronômico

<sup>(3)</sup> Bolsista do CNPq