

COMPROBACION DEL COEFICIENTE K DE CONSUMO DE AGUA
EN MAIZ, SEGUN LA FORMULA DE BLANEY Y
CLIDDLE: $U = K \cdot F$. (*)

Por Gabino Joya Bermúdez.

I.— INTRODUCCION

El agua como principal constituyente de las plantas, es factor limitante de su desarrollo, y cualquier práctica agronómica empleada, tal como el uso de mejores variedades, de fertilizantes, de insecticidas, de fungicidas, de herbicidas, o de mejores labores culturales estará limitada en sus resultados, cuando no se dispone de una cantidad suficiente de agua pluvial o de riego.

Por otra parte, el agua considerada como factor de producción es un elemento costoso, en especial en aquellas regiones donde no se dispone de un régimen pluviométrico abundante y regularmente distribuido, como sucede entre nosotros; costo que va aumentando día a día, ya sea que se trate de agua de hoyas hidrográficas o de agua subterránea. De modo que el conocimiento de la cantidad exacta de agua usada por un cultivo y el tiempo más oportuno de su aplicación, nos permite hacer una economía en éste elemento, evitar que la planta sufra por escasez, un manejo más eficiente del suelo.

Debido a la influencia que sobre el consumo de agua por las plantas, tienen los factores climáticos, nutricionales y del suelo que hacen variar los resultados aún dentro de una misma región, se han propuesto varios métodos para determinar el consumo de agua por un cultivo dado, entre los que se encuentra una fórmula establecida por los Ingenieros Blaney y Criddle, de gran valor práctico y que enfoca al mismo tiempo los factores de clima, suelo y planta.

El objeto del presente trabajo es comprobar el coeficiente de consumo K de la citada fórmula, para nuestro medio ambiente en maíz, pues según criterio de los mencionados investigadores, los coeficientes varían a causa de las diversas condiciones bajo las cuales se han conducido los estudios y aconsejan trabajos posteriores para verificar o modificar los coeficientes y adaptarlos a las condiciones locales.

(*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia del Dr. Luis Mario Solanilla M., a quien el autor expresa su agradecimiento.

Se escogió el maíz por ser un cultivo muy difundido entre nosotros, ya que constituye una de las bases de nuestra alimentación. Según la Caja Agraria (9), las ventas de semillas híbridas y mejoradas en el año de 1959 fue de 822.738 kilogramos, que ocuparon una superficie de 206.000 hectáreas, sin tener en cuenta el área cultivada con semillas comunes producidas por los agricultores.

Algunos términos técnicos usados en el presente texto se definen a continuación:

Requerimiento de agua.

Es la relación entre el número de unidades y de agua absorbidas por la planta durante su período de crecimiento y el número de unidades de materia seca producida por la planta durante ese mismo tiempo, excluyendo las raíces.

Consumo de agua (Evapotranspiración).

Es la cantidad de agua usada en la transpiración, constitución de los tejidos de las plantas y aquella evaporada de los suelos en una área de cultivo.

Requerimiento de irrigación.

Es la cantidad de agua incluyendo la pluvial, que es necesaria para la producción de una cosecha. Comprende superficie de evaporación y otros desperdicios económicos inevitables.

II.— REVISION DE LITERATURA

A.— Historia.

La determinación de la cantidad de agua consumida por las plantas cultivadas, ha sido problema de los investigadores a través de los tiempos, quienes han recurrido a varios métodos para determinar en una forma más o menos exacta la cantidad de agua usada por las plantas durante su desarrollo.

Según Thornthwaite y Mather (22), los primeros métodos consistieron en:

- a.—Separar las hojas y las ramas de las plantas, dejarlas secar por un breve tiempo y por diferencia de peso, calcular el agua perdida.
- b.—Cubrir las plantas en su sitio y medir la humedad acumulada en el aire confinado.
- c.—Crecimiento de plantas en vasijas individuales, a las cuales se agregaba agua medida y por pesadas periódicas se determinaba la evapotranspiración.

Blair (2), cita los siguientes métodos para determinar la cantidad de agua consumida por las plantas en una localidad dada:

- a.—Cultivo de plantas en tanques.
- b.—Cultivo en parcelas.
- c.—Muestras de suelos.
- d.—Fórmulas basadas en datos climáticos.

Los primeros estudios de pérdidas de agua por las plantas fueron hechos en Inglaterra (Weir, 23). Posteriormente en Europa Central se hicieron estudios al respecto. Los estudios más extensivos fueron hechos por Briggs y Shantz entre los años de 1911 y 1917 y por Shantz y Piemeisol en 1927 (Maximov, 14).

Según Blaney y Criddle (6), en los últimos 30 años en los Estados Unidos, se han desarrollado fórmulas para el cálculo del consumo de agua por las plantas, con base en la correlación que existe entre transpiración, evaporación, temperatura del aire, radiación solar, etc., con resultados más o menos precisos. Así, Hedke, desarrolló el método del calor efectivo, basado en las unidades de calor aprovechables por la planta. Un método similar fue sugerido por Lowry y Johnson. Hargreaves propuso una fórmula para el cálculo del consumo de agua, basado en registros de evaporación, temperatura y humedad.

Los estudios conducidos por la División de Irrigación, en conexión con la Joint Pecos River Investigation y de la Junta de Planeación de Recursos Nacionales de los Estados Unidos de 1939 a 1941, indicaban que la evaporación, evapotranspiración, temperatura media mensual, porcentaje mensual de horas de sol al año, período de desarrollo, precipitación mensual y eficiencia de irrigación, podían ser usados para estimar el requerimiento de irrigación. Con base en estos datos fueron desarrollados fórmulas empíricas para valorar las unidades anuales de evaporación de la superficie libre del agua y el consumo de ella por la vegetación nativa (Blaney y Criddle, 6).

En 1945 Blaney y Criddle (6), simplificaron la fórmula de Pecos eliminando el factor humedad. Obtuvieron la siguiente fórmula:

$U = KF =$ total de kf donde:

$U =$ Consumo total de agua por el cultivo (evapotranspiración en centímetros) para cualquier período.

$F =$ Suma de los factores de consumo mensual para el período, (suma de los productos del promedio mensual de temperatura y el porcentaje mensual de horas de sol al año).

$K =$ Coeficiente empírico de consumo (estación de riego y período de crecimiento).

$t =$ promedio mensual de temperatura en grados Fahrenheit.

$p =$ Porcentaje mensual de horas de sol al año.

$f =$ Factor de consumo mensual $= \frac{t \cdot p}{100}$

k = Coeficiente de consumo mensual.

u = kf = Consumo mensual en centímetros.

En Colombia los estudios sobre el consumo de agua por las plantas cultivadas son escasos. Navarrete (16), en 1958 hizo un estudio sobre evapotranspiración en Cacao (*Theobroma* sp.). En el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Palmira se han adelantado estudios sobre evapotranspiración en: Soja (*Glycine soja*), Pangola (*Digitaria decumbens*), Plátano (*Musa* sp.) y Cacao (*Theobroma* sp.), cuyos resultados aún no han sido publicados.

B.— Factores que afectan el consumo de agua.

Muchos factores obran en combinación o separadamente para influir en la cantidad de agua consumida por las plantas.— Rhoades y Nelson (19, Roe (20), y Weir (23), agrupan en tres clases los factores que afectan el consumo de agua:

- 1.—Climáticos, entre los cuales están: temperatura, humedad atmosférica, intensidad y duración del viento, cantidad y distribución del agua de lluvia, luz, radiación solar, composición del aire y presión atmosférica.
- 2.—Nutricionales, que se refieren al suministro de nutrientes y agua a la planta.
- 3.—Del suelo, que incluye composición química, textura, contenido de humedad, concentración de soluciones, temperatura y topografía. Los factores más influyentes son:

1.— **Temperatura.** Blaney (3, 4) y Blaney y Criddle (6), consideran la temperatura como el factor que más influye en el consumo de agua por un cultivo en cualquier localidad. Houk (11), por su parte dice que la evapotranspiración es mayor en climas cálidos y secos que en climas húmedos.

2.— **Humedad del aire.** El efecto de la humedad del aire en el consumo de agua por las plantas fue demostrado por Montgomery y Kiesselbach en 1912, quienes encontraron que el requerimiento de agua por el maíz en humedad atmosférica seca es 56% más alta que en la húmedo. (Miller, 15).

3.— **Movimiento del viento.** La evaporación del agua de la superficie del suelo y de la planta, es mucho más rápida cuando hay movimiento del aire, que bajo condiciones de aire en calma (Blaney y Criddle, 6).

4.— **Precipitación.** Los mismos autores dicen que la cantidad o rata de precipitación puede tener un efecto inversamente proporcional a la cantidad de agua consumida por un cultivo.

5.— **Latitud.** Para Blaney (3) y Blaney y Criddle (6) la latitud tiene una considerable influencia en la rata de consumo de agua por

las plantas. El movimiento de la tierra y su inclinación axial, hacen que las horas de sol durante el verano, sean mucho mayor en las latitudes norte que en el ecuador.

6.— **Fertilidad del suelo.** Bear (1) y Miller (15), afirman que casi sin excepción, la aplicación de fertilizantes ha tenido como consecuencia, una reducción en el requerimiento de agua por las plantas.

7.— **Humedad del suelo.** Briggs y Shantz (7), dicen que como regla general hay un aumento en el requerimiento de agua, cuando el contenido de humedad del suelo llega al extremo. Kiesselbach citado por Miller (15), obtuvo en maíz una máxima producción de materia seca, cuando el contenido de agua del suelo era aproximadamente un 70% de la capacidad de campo.

C.—Variación en el consumo de agua por el maíz. —

Dos resultados significantes han sido obtenidos de las investigaciones sobre el consumo de agua por las plantas cultivadas (Dillman, 10):

- 1.—Las especies de las diferentes plantas cultivadas, muestran gran diferencia en su eficiencia de consumo de agua y
- 2.—Las condiciones ambientales tienen un marcado efecto en el requerimiento de agua por los cultivos.

Briggs y Shantz (7, 8), encontraron que el requerimiento de agua para once variedades de maíz en Akron, Colorado, en los años de 1911 a 1913 fue de 368 unidades, siendo el mínimo de 315 y el máximo de 413 en base de materia seca. En 1914, para dos variedades de maíz, 368 y 331 unidades y en 1915 para una variedad, 253 unidades.

Tulaikov, citado por Maximov (15), entre los años de 1911 a 1917, en el sudoeste de Rusia, hizo un estudio del requerimiento de agua para varias plantas entre ellas el maíz, para el cual encontró una variación de 144 a 437 unidades con un promedio de 239,7.

Fortier en 70 experimentos, halló para al maíz una variación en el consumo de agua que va de 37,49 a 58,78 centímetros en las localidades de Missouri y Arkansas River Basins. El mismo autor en colaboración con Young en Southwest, en 42 experimentos encontró una variación de 44 a 60,65 centímetros en el consumo de agua (Houk, 11), Weir (23), ha calculado que en clima húmedo y suelo fértil, es necesario que pasen 1.987 litros de agua a través de la planta para producir 0.3524 hectolitros de maíz.

Blaney y Criddle (6), en el oeste e los Estados Unidos hallaron una variación en cuanto al consumo de agua por al maíz que oscila entre 49,28 y 74,42 centímetros. Por su parte Rhoades y Nelson (19), dicen que el maíz usa en irrigación ordinaria de 40,64 a 63,50 centímetros de agua durante su desarrollo, comprobándose no obstante

cifras encima de 83,82 centímetros y por debajo de 30,48 centímetros.

Se deduce de las citas anteriores, la gran variación en cuanto a consumo de agua por el maíz y en general por las plantas cultivadas, como consecuencia de la marcada influencia que tienen una amplia gama de factores y que hace necesaria la determinación del consumo de agua por las plantas cultivadas en cada región, si se quiere hacer un uso eficiente y económico del agua disponible en ella.

III.— MATERIALES Y METODOS

A.—Materiales.

En el presente trabajo se utilizaron:

- a).— Cuatro tanques de hierro galvanizado de 0,73 metros de altura y 0,46 metros de diámetro.
- b).— Un tanque de hierro galvanizado de 1,45 metros de altura y 0,58 metros de diámetro.
- c).— Cuatro tanques de zinc de 0,25 metros de altura y 0,20 metros de diámetro.
- d).— Cuatro tubos de hierro galvanizado de media pulgada de diámetro y cuatro metros de longitud.
- e).— Una probeta de 1.000 milímetros de capacidad.
- f).— Un pluviómetro tipo Hellmann.
- g).—Un termógrafo, Taylor Rochester.

B.—Métodos.

El experimento se llevó a cabo en terrenos de la Facultad Nacional de Agronomía de Palmira, en un lote de 630 metros cuadrados de superficie (35 metros de largo por 18 metros de ancho), en cuyo centro se enterraron cuatro tanques o "evapotranspirómetros", unidos al tanque central de recolección por medio de tubos de drenaje.

El "evapotranspirómetro" según Thorntwaite, se parece a un "lisímetro" en algunos aspectos, pero está destinado a medir un elemento de clima más bien, que una propiedad del suelo. Consta de tres partes: a) tanque, b) suministro de agua y c) tubo de drenaje de exceso de agua (Navarrete, 16).

Cada evapotranspirómetro se construyó con un tanque de hierro galvanizado, abierto en su extremo superior y con un orificio central de media pulgada en el extremo inferior al cual iba conectado un tubo de drenaje. En el fondo del tanque sobre el orificio de conexión se colocó una malla de anjeo con el propósito de evitar obstrucciones, sobre la cual se pusieron 10 centímetros de altura de balasto

mediano y a continuación el suelo conforme se presentaba el perfil, evitando en cuanto fue posible la alteración de la estructura. Se les dejó un margen libre de la superficie del suelo al borde superior de 5 centímetros tanto interior como exteriormente para evitar salida o entrada de agua; a los tubos de drenaje se les dió una pendiente de 0,5%.

— T A B L A I

Perfil del suelo en el cual se llevó a cabo el experimento.

Profundidad. Mts.	Textura	Máxima capacidad de absorción %	Equivalente de humedad %	Coefficiente Marchitamiento. %
0,00 — 0,75	Fco. Arcilloso	58,41	29,13	10,16

El análisis mecánico se hizo por el método de Hidrómetro de Bouyoucos (Puri, 18).

La máxima capacidad de absorción por el método de estufa (Piper, 17).

Para el equivalente de humedad se usó el método de Briggs y McLane (Wright, 24).

El coeficiente de marchitamiento se obtuvo experimentalmente con maíz por el método de Briggs y Shantz (Lon y Buck, 13).

En el experimento se usó maíz (*Zea mays* L.), variedad Diacol 204, el cual se sembró a mano a una distancia de un metro entre hileras y 20 cms. entre matas, sistema de siembra común en el Departamento del Valle del Cauca y recomendado por el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Palmira, haciendo que las hileras correspondientes a los evapotranspirómetros pasaran por el centro de ellos.

La evapotranspiración diaria en litros se calculó por la fórmula de Thorntwaite y Mather (21), cuya expresión matemática es:

$E = A + L - R$, en donde:

E = Agua evapotranspirada en litros.

A = Agua agregada en litros.

L = Agua lluvia en litros.

R = Agua recogida en litros.

Según Ibarra (*) la cantidad de agua agregada diariamente debe ser el 5% del volumen de suelo en cada evapotranspirómetro, que

(*) Ibarra, A. Información sobre evapotranspirómetros. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Palmira, Palmira, Colombia, 1960 (comunicación personal).

para el caso presente, (0,113.009 metros cúbicos de volumen de suelo), corresponden 5,650 litros, pero con el fin de facilitar tanto la medida como las operaciones se aproximó a 6.0 litros.

La pluviosidad diaria correspondiente a cada evapotranspirómetro, se obtuvo multiplicando el número de centímetros de agua lluvia diaria por el coeficiente 0,17 resultante de la relación entre la superficie de cada evapotranspirómetro, (0,1662 metros cuadrados) y la de un metro cuadrado, para expresar el resultado en litros. El registro de lluvias se hizo mediante un pluviómetro instalado en el campo de experimentación.

El agua recogida como drenaje de los evapotranspirómetros se midió en una probeta graduada de 1.000 milímetros de capacidad.

El agua evapotranspirada diariamente en litros se promedió para los cuatro evapotranspirómetros. El promedio diario se multiplicó por seis, por ser la superficie de cada evapotranspirómetro aproximadamente la sexta parte del metro cuadrado, y obtener así el agua consumida en litros por metro cuadrado y luego hacer la conversión a centímetros de profundidad, que es la unidad usada en el presente trabajo.

El consumo mensual se obtuvo sumando los consumos diarios y a su vez el consumo total de la suma de los consumos mensuales correspondientes al ciclo vegetativo.

La zona adyacente a los evapotranspirómetros se regó con frecuencia para mantener una zona amortiguadora que tuvieron las mismas condiciones de ellos y evitar la formación de corrientes de aire que afectarían la evapotranspiración normal.

La temperatura se registró mediante el empleo de un termógrafo instalado cerca a los evapotranspirómetros. Se hicieron lecturas diarias de temperatura máxima, mínima y media. Para el cálculo de la temperatura media se usó la fórmula:

$$\text{Temperatura media} = \frac{7 \text{ a.m.} + 2 \text{ p.m.} + 9 \text{ p.m.} + 9 \text{ p.m.}}{4}$$

o sea, el promedio de temperaturas leídas a las 7, 14, 21 horas del día y repitiendo la última (Kinger, 12).

El promedio de temperatura para cada mes se obtuvo de las temperaturas medias diarias. La conversión de grados Centígrados a grados Fahrenheit se hizo mediante la fórmula

$$\text{Grados Fahrenheit} = \frac{9 \text{ } ^\circ\text{C} + 32}{5}$$

Las horas de sol diarias se tomaron del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Palmira, registradas en el heliógrafo de Campbell Socks.

Los porcentajes mensuales de horas de sol al año se obtuvieron tomando la suma total, de los promedios de horas de sol de los meses comprendidos entre septiembre de 1949 y agosto del año en curso, como el 100 por ciento y con base en dicha suma se calculó el porcentaje correspondiente a los meses de experimentación.

En la práctica el porcentaje mensual de horas de sol al año, se obtiene directamente de tablas de acuerdo a la latitud de la localidad respecto al ecuador geográfico.

Conocidos los consumos mensuales y total de agua por el maíz, se hicieron los cálculos de conformidad con el desarrollo de la fórmula de Blaney y Criddle y cuyos resultados se presentan adelante.

La Figura 1, ilustra un nomograma práctico compuesto por Blaney (5), para obtener directamente el consumo mensual de agua para un determinado cultivo, conociendo la temperatura promedio, el porcentaje mensual de horas de sol al año y el coeficiente mensual de consumo k , como lo ilustra el ejemplo (línea interrumpida).

IV— RESULTADOS Y DISCUSION

Con el fin de comprobar el coeficiente de consumo de agua K , de la fórmula de Blaney y Criddle: $U = F \cdot K$, en maíz, se determinó experimentalmente el consumo de agua por dicho cultivo, bajo nuestras condiciones ecológicas y cuyos resultados se exponen a continuación.

La Tabla II indica, el consumo de agua, la temperatura media, el porcentaje de luz solar al año y la precipitación correspondientes a cada mes de experimentación.

El consumo de agua fue máximo en el tercer mes del ciclo, cuando la planta alcanzó su completo desarrollo y la temperatura y el porcentaje de luz solar al año fueron también las máximas observadas. Es, en esta época especialmente, cuando la planta debe disponer de una cantidad de agua suficiente, sea de lluvia o de riego para obtener la máxima floración y fructificación, que más tarde ha de traducirse en una mayor producción.

La Tabla III presenta, el consumo de agua, la temperatura y el porcentaje de luz solar al año, correspondientes a períodos de 10 días cada uno y cuyos valores se representan gráficamente en la Figura 2.

Como se observa en dicha figura hay un aumento constante en el consumo de agua por el maíz a medida que avanza su ciclo vegetativo, a la vez que guarda estrecha relación con la temperatura y luz solar, hasta más o menos los 70 días de edad, época de floración. De ahí en adelante, hasta la completa formación del fruto, alrededor de los 90 días, el consumo se hace más o menos constante con una ligera disminución, como consecuencia de haberse presentado en esa época lluvias con días nublados, bajas temperaturas y escasas horas de sol diarias.

$$u = k.f.$$

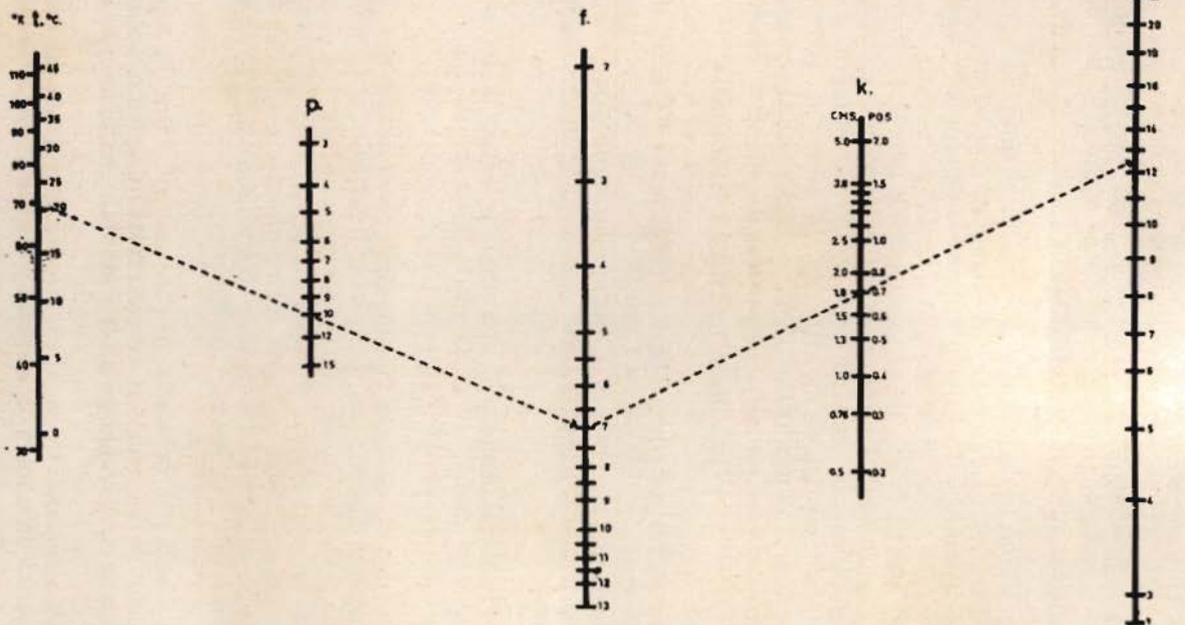


Figura 1.— Nomograma para la estimación directa del consumo mensual de agua, conocido el coeficiente de consumo mensual K, el porcentaje mensual de horas de sol al año y la temperatura promedio mensual.— (Foto: M. T. Paredes).

— T A B L A II —

Evapotranspiración en maíz, temperatura, luz solar y precipitación mensuales, durante su ciclo vegetativo, 1960.

Mes.	Precipitación	Luz Solar	Temperatura promedio		Evapotranspiración
	Cms.	%	°C	°F	Centímetros.
Mayo	10,85	7,6	22,8	73,04	10,26
Junio	8,25	8,1	23,4	74,12	20,84
Julio	3,45	9,5	24,2	75,56	29,62
Agosto	2,60	9,3	22,4	72,30	15,03
Total	24,35	75,75

— T A B L A III —

Evapotranspiración en maíz, en periodos de diez días, relacionada con temperatura y luz solar durante su ciclo vegetativo

Periodos		Luz Solar	Temperatura promedio		Evapotranspiración
Mes	Día	%	°C	°F	Centímetros.
Mayo	10	5,1	22,0	71,60	2,2516
Mayo	20	8,5	22,7	72,86	2,9995
Mayo	30	8,7	21,4	70,52	4,2379
Junio	9	6,3	22,1	71,78	4,8715
Junio	19	8,5	23,4	74,12	7,1339
Junio	29	9,4	24,5	76,10	8,6117
Julio	9	10,0	24,7	77,26	10,1400
Julio	19	7,6	23,3	73,94	8,8809
Julio	29	9,3	24,6	76,28	9,9720
Agosto	8	12,0	23,1	73,58	8,5478
Agosto	18	8,0	23,2	73,86	4,5062
Agosto	28	8,6	21,7	70,06	2,9192

Después de la completa maduración del fruto, el consumo de agua empieza a decrecer paulatinamente a medida que la planta va completando su ciclo, no hay formación de tejidos y la superficie de transpiración va siendo cada vez menor, hasta que al final el consumo de agua se reduce a la evaporada directamente desde la superficie del suelo.

En general se observó disminución en el consumo de agua cuando se presentaron lluvias, con bajas temperaturas y pocas horas de sol diarias. Las horas de sol oscilaron entre 0-00 horas y 11 horas 10 minutos y la temperatura de 12 a 36 grados Centígrados. El máximo registro de pluviosidad fue de 2,6 centímetros.

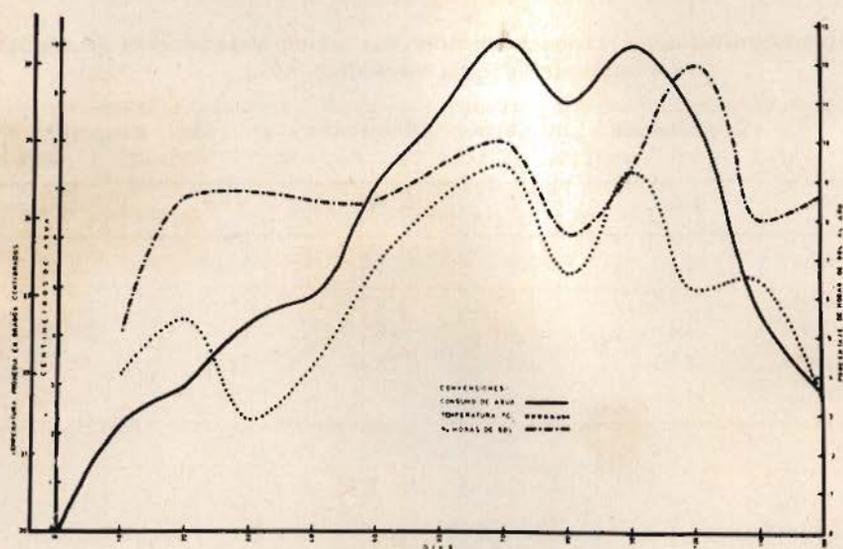


Figura 2.— Consumo de agua en maíz, relacionado con el porcentaje de horas de sol al año y la temperatura promedio.

(Foto: M. T. Paredes).

La Tabla IV, es un compendio, no solamente del consumo de agua u , de la temperatura promedio mensual t , del porcentaje mensual de luz solar al año p , sino del factor de consumo mensual f , de la suma F , de los factores de consumo mensuales, de los coeficientes de consumo mensual k del coeficiente del consumo total K , así como el consumo total U , desarrollados de acuerdo con la fórmula de Blaney y Criddle.

Los coeficientes de consumo mensuales k , por ser el resultado de la relación entre el consumo mensual u , y el factor de consumo mensual f , el que a su vez es el producto de la temperatura mensual promedio t , por el porcentaje mensual de luz solar al año p , fueron aumentando correspondiendo al tercer mes de desarrollo el coeficiente más alto para disminuir en el mes siguiente.

El coeficiente de consumo K , tal como se observa en la Tabla IV, es el resultado de la relación entre la suma U , de los consumos mensuales u , y la suma F , de los factores de consumo mensuales f , siendo para el presente caso de 2,97 centímetros de agua por unidad de f .

Comparando el anterior coeficiente, con el dado por los Ingenieros Blaney y Criddle para el mismo cultivo, el cual oscila entre 1,91 y 2,15 centímetros por unidad de f , y cuya comprobación era el objeto del presente trabajo, vemos que el encontrado por el autor es mayor en 1,07 y 0,82 centímetros por unidad de f , respectivamente, que los límites citados por aquellos investigadores.

Este mayor valor del coeficiente de consumo K , para nuestro

— T A B L A IV —

Desarrollo de la fórmula de Blaney y Criddle: $U = K.F.$ en base del consumo de agua en maíz en su ciclo vegetativo.

Mes.	Promedio de temperatura mensual en °F	Porcentaje mensual de horas de sol al año	Factor de consumo mensual	Consumo mensual en centímetros	Coefficiente de consumo mensual
	t.	p.	$f = t.p/100$	u.	$k = u/f$
Mayo	73,04	7,6	5,6	10,26	1,83
Junio	74,12	8,1	6,0	20,84	3,47
Julio	75,56	9,5	7,2	29,62	4,11
Agosto	72,30	9,3	6,7	15,03	2,24
$\Sigma f = 25,5$			$\Sigma u = 75,75$		
$K = \frac{\Sigma u}{\Sigma f}$		U	75,75	$= \frac{75,75}{25,5} = 2,97$	
		F	25,5		

medio, puede ser debido principalmente a nuestras condiciones ambientales tropicales, suelos, método de determinación del consumo de agua y los muchos factores que influyen en el consumo de agua por las plantas cultivadas que hace variar los resultados aún dentro de una misma región y en los distintos períodos de crecimiento.

El autor considera que para aplicación de riego en maíz y posiblemente en cualquier otro cultivo, se deben tener más en cuenta los coeficientes mensuales k, que el coeficiente total K, que es sólo el promedio de los primeros, los que sí están indicando el consumo exacto de agua por la planta de acuerdo con el estado de desarrollo, para hacer un riego eficaz, técnico y económico.

La precipitación pluvial durante el período de experimentación fue baja. comparada con el consumo total de agua por el cultivo, ya que de los 75,75 centímetros consumidos, sólo se aportaron por lluvia 24,35 centímetros, equivalentes a la tercera parte del total.

Para las condiciones del Valle del Cauca, donde las lluvias no están uniformemente distribuidas en ciclos definidos, y aceptando que la precipitación promedio anual es de 100 centímetros, correspondiendo a cada semestre 50 centímetros y suponiendo que se disponga de dicha cantidad durante el ciclo vegetativo del maíz, se hace sin embargo necesario suplir mediante riego 25 centímetros de agua para que el cultivo tenga un desarrollo normal.

La Tabla V, muestra con base en el consumo de agua hallado y la precipitación durante la época de experimentación, la cantidad de agua de riego, que sería necesario aplicar por hectárea para suplir las necesidades de consumo por el cultivo, asumiendo una eficiencia de aplicación de 50%.

— T A B L A V —

Consumo y dotación de riego por hectárea de maíz

Mes	Consumo de agua	Agua de lluvia	Dotación de riego	Eficiencia aplicación	Volumen de agua aplicada
	Cms.	Cms.	Cms.	50%	Cms.
Mayo	10,26	10,85
Junio	20,84	8,45	12,39	0,5	24,78
Julio	29,62	3,45	26,17	0,5	52,34
Agosto	15,03	2,60	12,43	0,5	24,86

El volumen de agua que se debe aplicar en riego, está supeditada a la eficiencia de irrigación, que a su turno depende de la eficiencia de conducción, de aplicación y de uso. También debe tenerse en cuenta, el tiempo y frecuencia de riegos necesarios para aplicar dicho volumen de agua, de conformidad con la extensión a regar, la cantidad de agua disponible, capacidad de almacenamiento del suelo en la zona efectiva de raíces y otros muchos factores que son considerados para tal fin.

Finalmente como fin de la presente discusión, espero con mi modesto trabajo, ayudar en alguna forma al agricultor, a solucionar en parte, uno de sus más agudos problemas que se le presentan cual es el de riego. Dar una pauta para que en el futuro, se hagan más y mejores trabajos sobre el consumo de agua en todos y cada uno de los cultivos, bases de nuestra economía, para un mejor aprovechamiento del agua, tan escasa y costosa entre nosotros, como fruto de la despiadada tala de los bosques, a la vez que en un futuro no muy lejano disponer de todos los datos necesarios para hacer un riego eficiente, técnico y económico en las zonas irrigadas o en potencia de serlo.

. V. — CONCLUSIONES

Siendo el objeto del presente trabajo, la determinación experimental del consumo de agua en maíz durante su ciclo vegetativo y la comprobación del coeficiente K, de consumo de agua de la fórmula de Blaney y Criddle: $U = FK$, se presentan las siguientes conclusiones:

- 1.— El consumo total U, de agua por el maíz fue de 75,75 centímetro.
- 2.— El coeficiente de consumo K hallado para el maíz en nuestras condiciones ecológicas fue de 2,97 centímetros por unidad de f.
- 3.— Los consumos mensuales u fueron de 10,26; 20,84; 29,62 y 15,03 centímetros respectivamente.
- 4.— El coeficiente K fue mayor que los límites 1,91 y 2,15 dados por Blaney y Criddle para el mismo cultivo.

- 5.— Los coeficientes mensuales k hallados fueron de 1,83; 3,47; 4,11 y 2,24 centímetros por unidad de f, respectivamente.
- 6.— El consumo de agua aumentó en forma constante hasta cuando la planta alcanzó su completo desarrollo para luego descender también en forma constante.
- 7.— Existe una estrecha relación entre el consumo de agua, la temperatura ambiente y las horas de luz solar.

VI.— RESUMEN

En vista de la muy escasa o ninguna información existente en el país sobre el consumo de agua por las plantas cultivadas y de la gran variación que al respecto existe, se llevó a cabo un experimento en la Facultad Nacional de Agronomía de Palmira, con el objeto de determinar el consumo de agua en maíz bajo las condiciones locales y comprobar el coeficiente K de consumo de agua, de la fórmula de los Ingenieros Blaney y Criddle: $U = F.K$.

La determinación experimental del consumo de agua se hizo por medio de evapotranspirómetros.

El consumo total de agua U, fue de 77,75 centímetros y el coeficiente de consumo K, de 2,97 centímetros por unidad de f.

Los coeficientes de consumo mensuales k, oscilaron entre 1,83 y 4,11 centímetros por unidad de f.

SUMMARY

In view of the very scant or nonexistent information in the country on the consumption of water by cultivated plants, and the great variety of them existing, an experiment was carried out in the Facultad Nacional de Agronomía of Palmira, with the purpose of determining the consumption of water in corn under local conditions, and to substantiate the coefficient of the consumption of water K, by the formula of Engineers Blaney and Criddle: $U = F.K$.

The experimental determination of the consumption of water was made by means of evapotranspirometers.

The total consumption of water U, was 75,75 centimeters and the coefficient K, of 2,97 centimeters per unit f.

The coefficients of monthly consumption k, oscillated between 1,83 and 4,11 centimeters per unit f.

BIBLIOGRAFIA

1. BEAR, F. E.— Soil and fertilizers. 4th ed. London, John Wiley Sons. 420 p. 1953.

2. BLAIR, F. E.— Manual de riegos y avenamientos Lima, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Zona Andina. 1957.
3. BLANEY, H.F.— Climate as an index of irrigation needs. U.S.D.A. Water Yearbook. 1955: 341. 1955.
4. —————.— Irrigation requirements of crops. Am. Soc. Agr. Ing. 32: 665. 1951.
5. —————.— Consumptive use requirements for water. Am. Soc. Agr. Ing. 35: 870. 1954.
6. ————— and W. Criddle.— Determining water requirements in irrigated areas from climatological and Irrigation data. U.S.D.A. Soil Cons. Sev. (8): 1-40. 1950.
7. BRIGGS, L. J. y H. L. SHANTZ.— Relative water requirement of plants. U.S.D.A. Jour. Agr. Res. 3 (1): 1-62. 1914.
8. —————.— Daily transpiration during the normal growth period and its correlation with the weather. U.S.D.A. Jour. Agr. Res. 7 (4): 155-212. 1916.
9. CAJA AGRARIA. Bogotá. Dep. Inv. Ec. (43: 5. 1960.
10. DILLMAN, A. C.— The water requirement of certain crop plants and meeds in the northern Great Plains. U.S.D.A. Jour. Agri. Res. 42 (4): 226. 1931.
11. HOUK, I. E.— Irrigation engineering. Vol. I. New York, John Wiley y Sons. 546 p. 1951.
12. KINGER, J. B.— Climate and weather data for the United States. U.S.D.A. Climate of Man Yearbook. 1941: 690. 1941.
13. LYON, T. L. y H. O. BUCKMAN.— Edafología. Naturaleza y propiedades del suelo. trad. de V.S. Nicollier. 4a. ed. México, Editorial Continental 480 p. 1956.
14. MAXIMOV, N. A.— The plant in relation to water trad. de R. H. Yapp 2d. ed. London, George Allen and Unwin. 452 p. 1935.
15. MILLER, E. C.— Plant physiology. 2d. New York, Mc Graw-Hill. 1.202 p. 1938.
16. NAVARRETE, S. C.— Resultados preliminares sobre estudio de evapotranspiración en Cacao. Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, Colombia, 50 p. 1958 (tesis no publicada).
17. PIPER, C. S.— Soil and plant analysis New York, Inter Sciences Publishers. 368. p. 1950.
18. PURI, N. A.— Soil their physics and chemistry. New York Reinhold. Publishing Co. 550 p. 1949.

19. RHOADES, F. F. and L. B. NELSON.— Growing 100 bushell corn with irrigation U.S.D.A. Water Yearbook 1955: 395. 1955.
20. ROE, H. B.— Moisture requirements in agriculture. New York, Mc Graw- Hill. 414 p. 1950.
21. THORNTHWAITTE, C. W. y J. R. MATHER.— The role of evapotranspiration in climate. John Hopkins Laboratory of Climatology. Seabrook. 1951: 23. 1951.
22. —————.— The Water berget and its use in irrigation U.S.D.A. Water Yearbook. 1955: 346. 1955.
23. WEIR, W. W.— Soil Science. Chicago, J. B. Lippincott. 616 p. 1936.
24. WRIGHT, C. H.— Soil analysis 2d. et. London Thomas Murphy. 276 p. 1939.