

## NECESIDADES HÍDRICAS DEL CULTIVO DE MAÍZ BLANCO UTILIZANDO EL LISÍMETRO DE DRENAJE

### WATER NEEDS OF THE WHITE CORN CROP USING THE DRAINAGE LYSIMETER

Tarazona-Meza Néstor Leopoldo <sup>1</sup>; Chavarría-Párraga Jesús Enrique <sup>2</sup>;  
Moreira-Saltos Juan Ramon <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador. Correo: nestor.tarazona@espam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2145-6475>

<sup>2</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: jchavarria@pucem.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8868-394X>

<sup>3</sup> Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador. Correo: juanr.moreira@uleam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4434-5986>

#### Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad estimar las necesidades hídricas del cultivo de maíz blanco utilizando el lisímetro de drenaje, para mejorar la eficiencia del uso del agua. Las necesidades hídricas de los cultivos están relacionados a diversos factores entre ellos se encuentra el clima, y el desperdicio hídrico, además del estado de las fases de desarrollo del cultivo; ya que todos estos componentes facilitan conservar la humedad en el sistema de raíces de las plantas. Y es por esta razón que es importante conocer el coeficiente de cultivo (Kc) es un parámetro importante para el manejo, programación, ya que la extracción del agua varía de un periodo a otro. A través de utilización del lisímetro de drenaje, el propósito de esta investigación fue de obtener resultados con mayor grado de confiabilidad con lo que respecta al manejo hídrico, y a su vez beneficiará a los productores donde obtendrán mayor rentabilidad que los incentive a producir, para poder optimizar la economía agrícola.

**Palabras clave:** necesidades hídricas, drenaje, humedad, cultivo.

#### Abstract

The purpose of this work is to estimate the water needs of the white corn crop using the drainage lysimeter, to improve the efficiency of water use. The water needs of crops are related to various factors, among them is the climate, and water waste, in addition to the state of the development phases of the crop; since all these components make it easier to conserve moisture in the root system of plants. And it is for this reason that it is important to know the crop coefficient (Kc) is an important parameter for management, programming, since the extraction of water varies from one period to another. Through the use of the drainage lysimeter, the purpose of this research was to obtain results with a higher degree of reliability with regard to water management, and in turn will benefit producers where they will obtain greater profitability that encourages them to produce, in order to optimize the agricultural economy.

**Keywords:** water needs, drainage, humidity, cultivation.

## 1. Introducción

La producción mundial de maíz blanco llega a unos 65-70 millones de toneladas, cantidad relativamente pequeña en comparación con el maíz amarillo alrededor de 500 millones de toneladas, sin embargo, el maíz blanco se cultiva exclusivamente para el consumo humano y tiene una enorme trascendencia para la nutrición y la seguridad alimentaria de una serie de países en desarrollo (FAO, 2015; FAO, 1997).

Ecuador, cuenta con una superficie potencialmente regable con 3'136.000 ha, de las cuales 1'088.228,94 ha están bajo riego, lo que representa un 21,38% de la superficie sembrada cultivada. De acuerdo a las tecnologías de riego utilizada por los agricultores se agrupan en dos categorías: riego por superficie y riego presurizado, el cual se estima que la superficie que ocupa estos dos sistema de riego es de 54,79% y 45,21% respectivamente (INEC [Instituto Nacional de Estadística y Censos], 2017).

La agricultura es la actividad que más agua demanda en todo el mundo dentro de una estructura de producción; siendo el riego una variable que emplea

alrededor del 70% de este recurso a nivel global. Se considera que tan sólo el 20% de las extensiones de tierras dedicadas para uso agrícola en el mundo se encuentran bajo riego, las mismas que proporcionan un estimado del 40% de lo que se produce en general a escala mundial (Mossande, & Mujica, 2015).

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Descripción de la zona

La presente investigación se desarrolló en la unidad de docencia, investigación y vinculación del área de cultivos convencionales de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en el sitio El Limón, situado geográficamente entre las coordenadas 0° 49' 23" Latitud Sur; 80° 11' 01" Longitud Oeste y una altitud de 15 msnm.

### 2.2. Equipos y Materiales

#### 2.2.1. Materiales de campo

- ✚ Lisímetros de drenajes (forma cuadrada, largo=1m, ancho=1m, altura=1m)
- ✚ Sistemas de drenajes para los lisímetros
- ✚ Recipientes para recolectar el agua drenada

- ✚ Recipiente para aplicar agua a los cultivos
- ✚ Tensiómetros de 30 cm
- ✚ Tierra para sembrar
- ✚ Palas
- ✚ Azadón
- ✚ Flexómetro
- ✚ Cámara fotográfica
- ✚ Fertilizantes
- ✚ Insecticidas
- ✚ Fungicidas

### 2.2.2. Materiales de oficina

- ✚ Cuadernos
- ✚ Lapiceros
- ✚ Laptop
- ✚ Calculadoras
- ✚ Software de Excel
- ✚ Software Cropwat

### 2.2.3. Material biológico de la investigación

- ✚ Semillas de maíz blanco

## 2.3. Métodos

### 2.3.1. Variables consideradas en la investigación

- ✚ Humedad del suelo (Método del tensiómetro).
- ✚ Evapotranspiración de referencia.

- ✚ Evapotranspiración real del cultivo.
- ✚ Coeficientes de los cultivos.
- ✚ Variables que integran un diseño agronómico para riego localizado.

### 2.3.2. Estimación de las variables consideradas en la investigación

#### 2.3.2.1. Humedad del suelo

En la presente investigación se determinó la humedad del suelo mediante el método del tensiómetro, tomando las lecturas diariamente de la humedad del suelo donde se están desarrollando los cultivos en este caso nos referimos al área de suelo donde estará instalado el lisímetro de drenaje.

Debido a las características de la zona radicular del cultivo que fueron sometidos a investigación se utilizó un tensiómetro de 30 cm de profundidad en el lisímetro de drenaje para tomar las lecturas diarias de la humedad del suelo y así saber cuándo el cultivo necesita ser regados.

### 2.4. Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)

La evapotranspiración de referencia se determinó mediante dos métodos indirectos los cuales son:

✚ Método de la cubeta evaporimétrica

✚ Método de Penman Monteith modificado por la FAO

#### 2.4.1. Método de la cubeta evaporimétrica (FAO, 2006)

$$ET_o = E_p * K_p$$

Donde:

ET<sub>o</sub> = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

E<sub>p</sub> = Evaporación de la cubeta (mm/día).

K<sub>p</sub> = Coeficiente de la cubeta, que depende del tipo de cubeta, del clima y del medio que rodea la cubeta.

#### 2.4.2. Método de Penman Monteith modificado por la FAO (FAO, 2006)

**E<sub>to</sub>**

$$= \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 u_2)}$$

Donde:

ET<sub>o</sub> = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

R<sub>n</sub> = Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m<sup>2</sup>/día).

G = densidad de flujo de calor del suelo (MJ/m<sup>2</sup>/día).

T = Temperatura del aire a 2m de altura °C.

U<sub>2</sub> = Velocidad de viento a 2m de altura (m/s).

e<sub>a</sub> = Presión de vapor saturada (KPa).

e<sub>s</sub>-e<sub>a</sub> = Presión de vapor actual (KPa).

Δ = bajada de la curva de presión de vapor (K Pa/°C).

γ = Constante psicométrica (KPa/°C).

#### 2.4.3. Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>)

La evapotranspiración del cultivo se estimó mediante el lisímetro de drenaje a través de la ecuación descrita por Garay (2009).

$$ET_c = R - D$$

Donde:

ET<sub>c</sub> = Evapotranspiración del cultivo. (mm/día)

R = Agua de riego o por precipitaciones (mm)

D = Agua drenada durante el periodo de análisis.

#### 2.4.4. Coeficiente del cultivo (Kc)

Para el uso de esta fórmula se necesita saber cuál es la duración total del ciclo de los cultivos (c) que serán evaluados. Además, en la presente investigación se realizó el ajuste de los valores del Kc para todas las etapas de crecimiento de los cultivos, a través de la fórmula (Garay, 2009).

$$Kc = \frac{ETc}{ETo}$$

Donde:

Kc= Coeficiente de los cultivos

ETc= Evapotranspiración real de los cultivos

ETo= Evapotranspiración de referencia

#### 2.4.5. Variables que integran un diseño agronómico para riego localizado

El diseño agronómico se diseñó para los cultivos de maíz blanco, tomando en consideración los valores de Kc y Etc obtenidos de los lisímetros de drenaje.

Evapotranspiración del cultivo ETc. (FAO, 2006)

$$ETc = Kc * ETo$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Kc = Coeficiente del cultivo (adimensional).

ETo = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

**Precipitación efectiva "Pe"**

$$Pe = 0.8P - 25 \quad P > 75\text{mm}$$

$$Pe = 0.6P - 10 \quad P < 75\text{mm}$$

Donde:

Pe = Precipitación efectiva (mm).

P = Precipitación (mm).

**Balance Hídrico**

$$BH = ETc - Pe$$

Donde:

BH = Balance hídrico (mm/día).

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Pe = Precipitación efectiva (mm/día).

**Volumen de agua diario requerido por la planta (l/día)**

$$Va = BH * Eeh * Esh$$

Donde:

Va= Volumen de agua diario requerido por la planta (l/día)

BH = Balance hídrico (mm/día).

**Eeh**= Espaciamiento de las plantas entre hileras (m).

**Esh**= Espaciamiento de las plantas sobre la hilera (m).

#### Requerimiento de Lavado

$$RI = \frac{CEa}{2 \max * CEe}$$

Donde:

**RI** = Requerimiento de Lavado

**CEa** = Conductividad eléctrica del agua de riego (dS \* m<sup>-1</sup>)

**Max CEe** = Máxima conductividad eléctrica tolerable del extracto de saturación del suelo para ese cultivo.

Volumen total diario a aplicar por la planta (l/día)

$$Vt = \frac{Va}{Ef (1 - RI)}$$

Donde:

**Vt** = Volumen total diario a aplicar por la planta (l/día)

**Va**= Volumen de agua diario requerido por la planta (l/día)

**Ea** = Eficiencia del sistema de riego utilizado

**RI** = Requerimiento de Lavado

Volumen de agua (**vcm**) que se debe entregar por metro lineal de cinta de riego (l/día/m)

$$Vcm = Vt * N^{\circ}$$

Donde:

**Vcm** = Volumen de agua que se debe entregar por metro lineal de cinta de riego (l/día/m)

**Vt** = Volumen total diario a aplicar por la planta (l/día)

**N°** = Número de plantas por metro lineal.

Tiempo de riego por cinta (hr)

$$Tr = \frac{Vcm}{Qcm}$$

Donde:

**Tr** = Tiempo de Riego

**Vcm** = Volumen de agua que se debe entregar por metro lineal de cinta de riego (l/día/m)

**Qcm**= Caudal que entrega la cinta por metro lineal (l/h)

## 2.6. Manejo del ensayo

### 2.6.1. Preparación del suelo

La preparación de suelo se llevó a cabo desmenuzando una capa de suelo de 20

cm con la finalidad de obtener las capas de suelos internas sin mayor intervención de materia orgánica que por lo general se encuentra en la superficie del suelo.

### 2.6.2. Siembra

La siembra del cultivo de maíz blanco se realizó con una separación de 0,90 m entre hileras y 0,25 m entre plantas. Se ubicaron dos semillas por cada sitio de siembra, para luego seleccionar la mejor planta y dejar una planta por cada sitio de siembra.

### 2.6.3. Característica del ensayo

Forma del ensayo:	Cuadrada
Longitud del ensayo:	7 m
Ancho del ensayo:	6 m
Total de planta en el ensayo:	190
Área total de la parcela:	42 m <sup>2</sup>

### 2.6.4. Riego

El maíz blanco es una planta que necesita una buena disponibilidad de agua, el riego se lo realizó mediante el método de goteo por cinta y fue con frecuencia diaria. Se aplicó la cantidad de agua necesaria de acuerdo a la programación de riego y en base a las propiedades hidrofísicas del suelo y de

las condiciones climáticas de la zona de estudio.

### 2.6.5. Fertilización

La fertilización se llevó a cabo tomando en consideración las necesidades nutricionales de los cultivos para las diferentes etapas de su crecimiento. Se aplicó 200 Kg/ha de Nitrógeno (N), 50 Kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 100 Kg/ha de K<sub>2</sub>O. Como fuente de N se utilizó UREA (46% N) y se aplicó en tres fracciones (Emergencia de plántulas, cuando la planta tenía formada la hoja n° 6 y cuando la planta tenía formada la hoja n° 18). Como fuente de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> se utilizó Micro Essential 52 y se lo aplicó en la emergencia de las plántulas. Como fuente de potasio se utilizó el Korn Kali y se lo aplicó en dos fracciones (Emergencia de plántulas y cuando la planta tenía formada la hoja n° 6).

### 2.6.6. Control de malezas

El control de maleza se lo realizó manualmente a los 15; 30 y 45 días después de la siembra, con ello se logró evitar que el cultivo sea afectado por las malezas.

### 2.6.7. Control de plagas y enfermedades

El control de plagas se efectuó mediante el uso de productos químicos; la población de insecto que sobrepasó el umbral de aplicación fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), al cual se le aplicó Clorpirifos en dosis de 1,5 cc por litro de agua.

### 2.6.8. Cosecha

La cosecha del cultivo se realizó cuando las sedas se secaron y se pusieron café, pero antes de que las hojas exteriores pierdan su color verde y se comiencen a perder. Las mazorcas deben sentirse

firmes y los granos deben tener una apariencia lechosa y cremosa cuando se aprietan.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)

Se utilizaron registros climáticos de los meses de octubre a diciembre del 2018, para posteriormente con los métodos indirectos, como es el método de Penman Monteith modificado por la FAO y la cubeta evaporimétrica determinar la evapotranspiración de referencia.

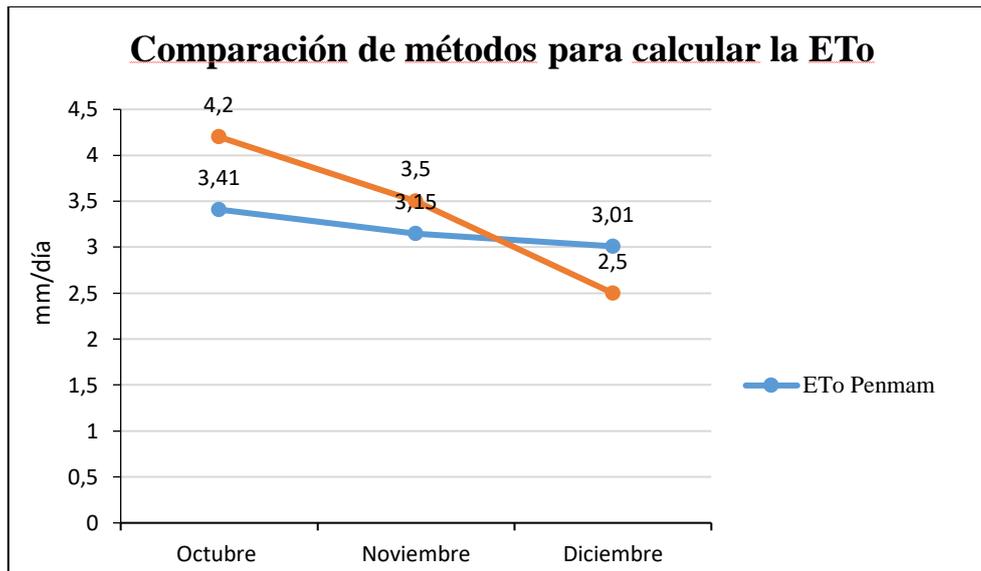
**Tabla 1.** Datos climáticos promedio de los meses de octubre a diciembre del 2018.

MESES	T. Max	T. Min	HR (%)	Velocidad del Viento (m/seg)	Heliofanía	ET <sub>o</sub> Penman Monteith FAO	Evaporación de la CUBETA (mm/día)	ET <sub>o</sub> (CUBETA) (mm/día)
Octubre	31	20,5	80	1,2	114,4	3,41	4,9	4,2
Noviembre	31,3	21	78	1,1	85,3	3,15	4,1	3,5
Diciembre	31	21,1	82	1,2	83,5	3,01	3,2	2,5

La tabla 1 presenta los promedios climáticos de los meses de octubre a diciembre del 2018, momento en el cual se desarrolló la investigación. Se puede apreciar que la temperatura máxima fue de 31 a 31,30 °C, la temperatura mínima estuvo entre 20,50 a 21,10 °C, el comportamiento de la humedad relativa fue de 78 a 82%, la velocidad del viento

vario entre 1,10 a 1,20 m/seg., la heliofanía (horas luz) estuvo entre 83,50 a 114,40 horas sol y el comportamiento de la evaporación fue de 3,20 a 4,90 mm/día. Estas variables climáticas mostraron comportamientos de la evapotranspiración de referencia de 2,50 a 4,20 mm/día.

Figura 1. Evapotranspiración de referencia de los meses Octubre - Diciembre 2018.



En la figura 1, se observa la comparación de los resultados obtenidos de la evaporación de referencia para los métodos considerados dentro de la investigación. En el mes octubre se obtuvo 3,41 mm/día de ETo por el método de Penman modificado por la FAO y 4,2 mm/día de ETo por el método de la cubeta evaporimétrica, en cambio el mes de noviembre se reportó 3,15 mm/día de ETo por Penman modificado por la FAO y 3,5 mm/día por la cubeta evaporimétrica. Por último para el mes de diciembre se obtuvo 3,01 mm/día de ETo por Penman modificado por la FAO y 2,5 mm/día de ETo por el método de la cubeta evaporimétrica.

Según Cohen et al., (2002) los métodos que utilizan el tanque de

evapotranspiración reflejan imprecisiones en el pronóstico de la evapotranspiración del cultivo a partir de la evaporación de agua al aire libre. Y de acuerdo Rana y Katerji, (2000), dicen que para calcular la evapotranspiración de referencia, se utiliza el modelo de Penman Monteith debido al rigor en su planteamiento. Es un método con alta precisión en la predicción de ETo en una amplia gama de localidades y climas, aunque con poca factibilidad de aplicación en situaciones de escasez o ausencia de datos.

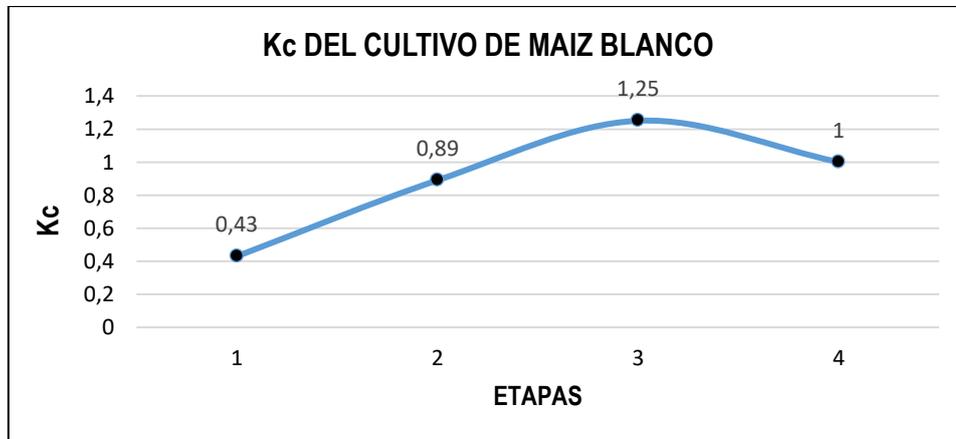
### 3.2. Coeficiente del cultivo de maíz blanco

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo se utilizaron registros de entrada (riego+ precipitación) y salida

(drenaje) de agua a través del lisímetro de drenaje, y posteriormente mediante el método de Penman Monteith se

determinó la evapotranspiración del cultivo para cada una de las fases fenológicas del cultivo de maíz blanco.

Figura 2. Coeficiente del cultivo Kc.



Como se observa en la figura 2 los valores de Kc van incrementado secuencialmente en cada fase fenológica, esto se debe a que el porcentaje de área foliar que va aumentando en cada fase, por lo tanto, el cultivo requiere mayor cantidad de recurso hídrico para cumplir sus funciones fisiológicas.

En la fase inicial, el valor del coeficiente de cultivo Kc promedio fue de 0,43, valor que se mantiene por un periodo de 21 días en el cultivo de maíz blanco. Mientras que la fase de desarrollo las características establecidas en los 25 días, el valor de coeficiente de cultivo Kc registrado va ascendiendo de 0,98. En cambio la tercera etapa tuvo un periodo

25 días donde se evidencio la floración del cultivo con un Kc de 1,25, y la cuarta etapa del cultivo reporto un Kc de 1 con 9 días, que fue la etapa de cosecha.

Estos valores se aproximan a los valores encontrados por Ibáñez, (2016), quien manifiesta que los valores de Kc del cultivo de maíz para cada fase fenológica son: 0,35; 1,02; 1,16 y 0,54, bajo invernadero. En cambio, la investigación de Yanangómez (2018), obtuvo valores de coeficiente del cultivo (Kc) para cada fase del cultivo de maíz morado, siendo para la fase inicial un valor de 0,55, la fase de desarrollo 0,92, la fase intermedia 1,10 y la fase final del cultivo un valor de 0,83.

La variación del Kc hace referencia a todo el ciclo vegetativo del cultivo, y el movimiento de la curva está influenciado por las condiciones climáticas que intervienen en la obtención de la ETo y la ETc tales como: la insolación, la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del viento y la fase fenológica del cultivo.

El coeficiente (Kc) para el cultivo de maíz duro realizado en la parroquia de

Malacatos, del Cantón Loja calculados para cada fase fenológica fueron: 0,6 para la fase VE y V1, para la fase V2 0,8, Fase V3 1,0, fases V4-V7 1,1, fase V8 1,0, fases V9- R1 1,1, fases R2- R4 0,8, mediante estos resultados obtenemos un promedio de Kc equivalente a 0,9 (Guayanay, 2019).

### 3.3. Necesidades hídricas del cultivo

**Tabla 2.** Necesidades hídricas del maíz blanco

ETAPAS	DÍAS	PERIODO		ETo	Kc	ETc (mm/día)	ETc (mm/etapa)		
		FECHA DESDE	FECHA HASTA						
1	21	04/10/2018	24/10/2018	3,41	0,43	1,47	30,87		
2	25	25/10/2018	31/10/2018	3,41	0,89	3,03	21,21	71,61	
		01/11/2018	18/11/2018	3,15	0,89	2,8	50,4		
3	25	19/11/2018	30/11/2018	3,15	1,25	3,94	47,28	96,16	
		01/12/2018	13/12/2018	3,01	1,25	3,76	48,88		
4	9	14/12/2018	22/12/2018	3,01	1	3,01	27,09		
<b>TOTAL</b>	80							<b>225,73 mm</b>	

En el cuadro 4, se puede apreciar las necesidades hídricas del cultivo de maíz blanco por etapas durante el periodo que duro la investigación. Para la primera etapa se necesitó 30,87 mm de agua, en la segunda etapa se obtuvo una necesidad de agua de 71,61 mm, dentro de la tercera etapa el consumo de agua fue de 96,16 mm y finalmente la cuarta

etapa obtuvo una necesidad de agua de 27,09 mm. Resumiendo el cultivo de maíz blanco necesitó 225,73 mm de agua durante todo su periodo vegetativo.

Comparado con los valores de obtenidos en la investigación de (Yanangómez 2018), sobre Evaluación del

requerimiento hídrico del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en la parroquia Malacatos sector "San José", el requerimiento total de agua del maíz morado durante su periodo vegetativo fue 363,3 mm equivalente a 3.633 m<sup>3</sup>/ha.

De acuerdo con Alvarado (2015), en su investigación sobre el efecto de la lámina de riego y el nivel nutricional de crecimiento y rendimiento de maíz morado, el requerimiento de riego para la variedad PMV-581 fue de 294,1 mm; este datos difiere con la investigación de Guayanay, (2019), que indica que el requerimiento total de agua para todo el

ciclo productivo del cultivo de maíz, variedad Tusilla es de 350,8 mm por m<sup>2</sup>, lo que equivale a 3508,4 m<sup>3</sup>/ha y a 3 508 400 lt/ha; el rendimiento determinado por hectárea tiene un valor de 5309,5 Kg; o xv 5,3 Tn/ha, por ende la relación consumo de agua/rendimiento es de 660,8 litros, lo que permite establecer que para obtener 1kg de maíz, se requiere 660,8 litros de agua. En cambio Ureña (2017) manifestó que obtuvo un total de consumo de agua de 422,2 mm, con una duración de 117 días del cultivo.

### 3.4. Programación del riego para el cultivo de maíz blanco en época seca

**Tabla 3.** Programación del riego en época seca para el cultivo de maíz blanco.

MESES (ETAPAS)	ET <sub>o</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub> (mm/día)	P (mm)	P <sub>e</sub> (mm)		BH	VRP (L/día)	RL	VTR	V <sub>cm</sub> (L/día)	TR (horas)	TR (minuto)
					Mes	Día							
ETAPA 1 (04 Otc 2018)	3,41	0,43	1,47	-	-	-	1,47	0,33	0,017	0,37	1,47	0,27	16
ETAPA 2 (25 Oct al 01 Nov al Nov 2018)	3,41	0,89	3,03	-	-	-	3,03	0,68	0,017	0,76	3,03	0,55	33,11
	3,15		2,8	-	-	-	2,8	0,63	0,017	0,7	2,8	0,51	30,58
ETAPA 3 (19Nov al 13 Dic 2018)	3,15	1,25	3,94	-	-	-	3,94	0,89	0,017	0,94	3,94	0,72	42,95
	3,01		3,76	-	-	-	3,76	0,85	0,017	0,75	3,76	0,68	41,05
ETAPA 4 (14 Dic AL 22 Dic)	3,01	1	3,01	-	-	-	3,01	0,68	0,017	0,75	3,01	0,55	32,84

De acuerdo a la tabla 3, se puede apreciar el tiempo de riego necesario para el cultivo de maíz blanco utilizando el Kc obtenido mediante el lisímetro de drenaje, el cual varía de 16 a 42,95 minutos considerando las diferentes etapas del cultivo. El resultado de esta programación de riego está calculado en base a las propiedades hidrofísicas del suelo como son: Capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente obtenidos en el lugar de la investigación.

Cabe mencionar, que esta programación de riego se realizó considerando al riego por goteo, como la manera más idónea para regar este cultivo, por lo tanto la frecuencia de riego es diaria. El volumen de agua requerido por planta varía de 0,33 a 0,89 litros según las etapas del cultivo. El volumen total de agua aplicar por planta fluctúa de 0,37 a 0,94 litros. El maíz blanco fue sembrado a 0,25 m entre plantas, por lo tanto en un metro lineal hay 4 plantas de maíz. Por lo tanto el volumen requerido por metro lineal varía de 1,47 a 3,94 litros. El aporte de agua por metro lineal de la cinta de riego utilizada es de 5,45 litros. El tiempo de riego considerando las diferentes etapas del cultivo varía de 16 a 42,95 minutos.

#### 4. Conclusiones

Existen diferencias entre los valores de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) por los métodos calculados para los diferentes meses, esto se debe a las diferentes variables climáticas que considera cada uno de los métodos para su determinación.

Los valores de Kc obtenidos para el cultivo de maíz blanco en el campus Politécnico "Sitio Limón" son diferentes para otras localidades, debido a que cada sitio tiene un microclima característico, el cual influye en el consumo de agua para el cultivo.

Las necesidades hídricas del cultivo de maíz blanco son diferentes en cada una de sus fases de crecimiento, debido a que la planta desarrolla más área foliar diariamente y forma órganos de reproducción.

El uso del recurso agua en la producción de maíz blanco será eficiente, debido a que los resultados fueron obtenidos en base a la información climática de la zona y a las necesidades reales de agua del cultivo determinadas con el lisímetro de drenaje.

## Bibliografía

- Alvarado, V. (2015). Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el crecimiento y rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) cv.PMV-581. Tesis Ingeniero Agrónomo UNALM. Lima, Perú.
- Cohen, S., lanetz, A., Stanhill, G. 2002. Evaporative climate at Bet Dagan, Israel, 1964-1998. *Agricultural and Forest Meteorology*. 111:83- 91.
- FAO. (2015). Food Outlook, Biannual report on global food markets. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <https://doi.org/http://www.fao.org/docrep/018/al999e/al999e.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (s. f.). Diseño de métodos de riego, 39-53. Recuperado de [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/recnat/pdf/MR\\_cap3.PDF](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/recnat/pdf/MR_cap3.PDF)
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (1997). El maíz Blanco: Un Grano Alimentario, 22.
- GARAY, O. 2009. Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos. p. 3-19.
- Guayanay, F. (2019). Determinación del requerimiento hídrico de cultivos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.), Var. Tusilia, mediante el método del lisímetro volumétrico, en el sector San José, perteneciente al sistema de riego Campana - Malacatos. Universidad Nacional de Loja. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Ingeniería Agronómica. Loja- Ecuador.
- Ibáñez, C. (2016). Determinación del coeficiente de cultivo (Kc.), para maíz (*Zea mays* L.) bajo invernadero en la Granja Santa Inés. Tesis de la universidad de Machala. Unidad académica de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). (2017). Módulo de tecnificación Agropecuaria ESPAC 2017. Recuperado de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Informacion\\_ambiental\\_en\\_la\\_agricultura/2017/DOC\\_TEC\\_AGRO.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2017/DOC_TEC_AGRO.pdf)
- Mossande, A., Oscar, B., & Mujica, A. (2015). Requerimientos hídricos del tomate en el valle de Cavaco en Benguela, Angola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 5-10.
- Ureña, G. (2017). Determinación de las necesidades hídricas del cultivo

de maíz (*Zea mays*), mediante el lisímetro volumétrico, en el sector el porvenir perteneciente al sistema de riego Campana-Malacatos. Universidad Nacional de Loja

Yanangómez, L. (2018). Evaluación del requerimiento hídrico del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en la parroquia Malacatos sector "San José". Universidad Nacional De Loja Facultad Agropecuaria Y De Recursos Naturales Renovables Carrera De Ingeniería Agrícola.

Rana, G. y Katerji, N. (2000). Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: a review, European Journal of Agronomy. 13:125–153.