



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA DETERMINAR EL
REQUERIMIENTO HÍDRICO, DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*. L.) var
INIAP 102, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO
PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO EN
INGENIERO AGRÓNOMO**

SALGUERO CHÁVEZ DANIEL MESÍAS

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

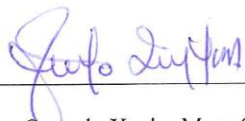
El Tribunal del Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: “EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA DETERMINAR EL REQUERIMIENTO HÍDRICO, DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, de responsabilidad del señor Daniel Mesías Salguero Chávez ha sido prolijamente revisada quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Ing. Juan Eduardo León Ruiz Ph.D

DIRECTOR



Ing. Gonzalo Xavier Mera Chunes

ASESOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Daniel Mesías Salguero Chávez declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académico de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 03 de diciembre del 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Daniel Mesías Salguero Chávez', is written over a horizontal dashed line.

Daniel Mesías Salguero Chávez

1805031711

DEDICATORIA

El deseo del alma le cumpliste, lo que sus labios te pedían, tu no se lo has negado.

Salmos 20,3

AGRADECIMIENTO

A Dios, el motor de mi vida, por no haber dejado que me rinda en los momentos difíciles, irradiar sabiduría para salir adelante, porque todo lo que tengo y lo que soy es un regalo de él.

A mis padres Carlos Salguero y Clara Chávez por ser mi guía, ejemplo de superación, por el apoyo incondicional que me brindaron, por todos los sacrificios que hicieron, comprensión y paciencia a lo largo de mi vida estudiantil.

A mis hermanos por todo el apoyo brindado, por su comprensión y cariño.

También quiero hacer extensivo mi agradecimiento al Ing. Juan leo Ruiz Ph D, amigo y director del presente trabajo de titulación, por todo el apoyo brindado a lo lago de la carrera, guía y respaldo absoluto para así poder culminar con éxito mi proyecto de tesis.

De la misma manera al Ing. Xavier Mera Chunes, amigo y asesor del trabajo de titulación, por todo el apoyo, tiempo y conocimientos aportados para la culminación de mí proyecto de titulación.

TABLAS DE CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi

CONTENIDO

I. EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA DETERMINAR EL REQUERIMIENTO HÍDRICO, DEL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays. L.) var INIAP 102, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.....	1
II. INTRODUCCIÓN	1
A. JUSTIFICACIÓN	2
B. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
A. IMPORTANCIA DEL AGUA	5
B. El agua en el suelo	5
D. Requerimiento Hídrico	15
E. Lisimetría	15
F. Tanque de evaporación tipo A	16
G. Formulas empíricas (Fao)	18
H. Balance Hídrico	18
I. Cultivo de maíz	19
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	26
A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR experimental.....	26
1. Localización	26
2. Clasificación ecológica	27
B. EQUIPOS Y MATERIALES	27
1. Material biológico	27
2. Materiales de campo y equipos de laboratorio	27
3. Materiales de oficina	28
C. MÉTODOS	28

1.	Identificación y duración de las etapas fenológicas del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> . L.) var INIAP 102	28
2.	Requerimientos hídricos del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> . L.) var INIAP 102 (mm/día)	29
3.	Variables y métodos de evaluación.....	34
4.	Coefficiente de cultivo Kc ajustado del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> . L.) var INIAP 102 37	
5.	Huella hídrica del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> . L.) var INIAP 102	37
6.	Análisis económico	38
D.	Características del campo experimental	38
1.	Parcela.....	38
2.	Tratamiento	39
E.	Diseño experimental	39
1.	Características del diseño	39
2.	Esquema de análisis de varianza	39
3.	Análisis funcional.....	40
F.	Manejo Agronómico del ensayo	40
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	42
A.	IDENTIFICACIÓN Y DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE MAIZ (<i>Zea mays</i> . L.) VAR INIAP 102.....	42
1.	Etapa inicial.....	42
2.	Etapa desarrollo	43
3.	Etapa intermedia	43
4.	Etapa final.....	43
5.	Duración total del ciclo del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> . L.) var INIAP 102.....	44
B.	REQUERIMIENTOS HÍDRICOS EN LÁMINA TOTAL DE AGUA APLICADA (L/M ²) EN EL CICLO DE CULTIVO MAÍZ (<i>Zea mays</i> . L.) VAR INIAP 102.....	44
C.	VARIABLES Y MÉTODOS D EVALUACIÓN	46
1.	Porcentaje de emergencia	46
2.	Altura de la planta.	47
3.	Diámetro del tallo.....	51
4.	Altura a la formación del choclo.	55

5.	Numero de Choclos / planta.....	57
6.	Peso de choclo / planta.	57
7.	Rendimiento Kg/ha	59
8.	Contenido relativo de agua.....	60
9.	Materia seca.....	61
D.	COEFICIENTE DE CULTIVO (KC) Y KC AJUSTADO DEL CULTIVO DE MAIZ (<i>Zea mays</i> . L.) var INIAP 102.....	63
1.	Coeficiente de cultivo (Kc) ajustado, del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> . L.) var INIAP 102 determinado por formulas, bajo condiciones edafoclimáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.....	63
2.	Ajuste del coeficiente de cultivo (Kc) del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> . L.) var INIAP 102 determinado por lisimetría bajo condiciones edafoclimáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.....	65
E.	CORRELACION ENTRE EL GUA UTILIZADA Y EL RENDIMIENTO (HUELLA HUDRICA).....	68
F.	ANALISIS ECONOMICO DE LOS TRATAMIENTOS	70
1.	Beneficio / Costo	70
VI.	CONCLUSIONES	71
VII.	RECOMENDACIONES	72
VIII.	RESUMEN	73
IX.	ABSTRACT.....	74
X.	BIBLIOGRAFÍA	75
XI.	ANEXOS.....	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Guía para la estimación de la parte de humedad utilizable que ha sido extraída del terreno.	7
Tabla 2. Porcentajes de humedad para los diferentes tipos de suelos.....	8
Tabla 3. Interpretación de las lecturas de los tensiómetros	9
Tabla 4. Eto promedio para diferentes regiones agroclimáticas en mm/día.	12
Tabla 5. Coeficientes del tanque evaporímetro (Kp) para el tanque clase A, para diversas localidades y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media de viento y de humedad relativa.	17
Tabla 6. Etapas fenológicas del cultivo de maíz.....	21
Tabla 7. Características agronómicas y morfológicas	22
Tabla 8. Porcentaje de calidad del grano.	23
Tabla 9. Descripción de los tratamientos.....	28
Tabla 10. etapas fenológicas del ciclo de cultivo de maíz codificación BBCH	29
Tabla 11. Variables y métodos de evaluación	34
Tabla 12. Análisis de varianza (ADEVA)	39
Tabla 13. Lamina total de agua aplicada (L/m ²) en el ciclo de cultivo maíz	45
Tabla 14. Análisis de varianza para porcentaje de emergencia del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102	46
Tabla 15 Análisis de varianza para altura de la planta a los 50 DDS.	48
Tabla 16 Análisis de varianza para altura de la planta a los 100 DDS.	48
Tabla 17 Análisis de varianza para altura de la planta a los 150 DDS.	49
Tabla 18 Análisis de varianza para diámetro del tallo a 50DDS.	51
Tabla 19 Análisis de varianza para diámetro del tallo a 100DDS.	53
Tabla 20 Análisis de varianza para diámetro del tallo a 150DDS.	54
Tabla 21 Análisis de varianza para altura de formación de choclo a 175DDS.	56
Tabla 22. Análisis de varianza para número de choclos/ planta a 175DDS.	57
Tabla 23. Análisis de varianza para peso de choclo/planta a 175DDS.....	58
Tabla 24. Análisis de varianza para rendimiento en el cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102 a 175 DDS.....	59
Tabla 25. Análisis de varianza para WRC a 175 DDS.	60
Tabla 26 Análisis de varianza para materia seca 175 DDS.	62
Tabla 27 Análisis de varianza para huella hídrica.	68
Tabla 28 Rentabilidad de los tratamientos.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Kc a lo largo de las diferentes fases del cultivo.	15
Figura 2. Duración de las etapas de desarrollo del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.....	42
Figura 3. Duración total ciclo de cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.	44
Figura 4. Lamina total de agua aplicada (L/m ²) en el ciclo de cultivo maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.....	45
Figura 5 Porcentaje de emergencia de cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102	47
Figura 6 Altura de la planta a 100 DDS del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.....	49
Figura 7. Altura de la planta a 150 DDS del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.....	50
Figura 8. Diámetro del tallo a 50 DDS del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.	52
Figura 9. Diámetro del tallo a 100 DDS del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.	53
Figura 10. Diámetro del tallo a 150 DDS del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.	55
Figura 11. Altura a la formación de choclo a 175 DDS del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.....	56
Figura 12. Peso de choclo/planta a 175 DDS del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.	58
Figura 13. Rendimiento en Kg/Ha a 175 DDS del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.....	60
Figura 14. Rendimiento en Kg/Ha a 175 DDS del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102.....	61
Figura 15. Coeficiente de cultivo ajustado (Kc) del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102 determinado por Hargraves en periodo de 3 días bajo condiciones edafoclimáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.....	63
Figura 16. Coeficiente de cultivo ajustado (Kc) del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102 determinado por Hargraves en periodo de 3 días bajo condiciones edafoclimáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.....	64
Figura 17. Coeficiente de cultivo ajustado (Kc) ajustado del maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102 determinado por el método de lisimetría bajo condiciones edafoclimáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.....	65
Figura 18. Coeficiente de cultivo (Kc) ajustado del maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102 determinado por el tratamiento 1 bajo condiciones edafoclimáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.....	66
Figura 19. Huella hídrica (m ³ /t).....	69

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Distribución de los tratamientos en el campo.	81
Anexo 2. Porcentaje de emergencia.....	82
Anexo 3. Altura de la planta a 50 DDS	82
Anexo 4. Altura de la planta a 100 DDS	83
Anexo 5. Altura de la planta a 150 DDS	83
Anexo 6. Diámetro del tallo a 50 DDS	84
Anexo 7. Diámetro del tallo a 100 DDS	84
Anexo 8. Diámetro del tallo a 150 DDS	85
Anexo 9. Altura a la formación del choclo.	85
Anexo 10. Numero de choclos/planta.....	86
Anexo 11. Peso de choclo/planta.....	86
Anexo 12. Rendimiento.	87
Anexo 13. Contenido de materia seca.	87
Anexo 14. Contenido relativo de agua.....	88
Anexo 15. Huella hídrica.	88

I. EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA DETERMINAR EL REQUERIMIENTO HÍDRICO, DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

II. INTRODUCCIÓN

La demanda de agua dulce aumentará significativamente en las próximas décadas (UNESCO, 2017); el sector agrícola representa aproximadamente el 70% de todas las extracciones de agua dulce a nivel mundial (FAO, 2002), las variaciones espaciales y temporales producidas por el cambio climático afectan las dinámicas del ciclo del agua las cuales van empeorando a medida que pasa el tiempo, de modo que la brecha entre la oferta y la demanda de agua se agudizará cada vez más (WMO, 2008); de la misma manera (Juárez, 2011) también predice una disminución de las precipitaciones en algunas zonas, y aumentos en otras, pero con una tendencia general de que todas las regiones serán más secas, coincidiendo con lo mencionado por (IPCC, 2014).

El promedio anual de precipitación sobre la tierra alcanza 119 000 km³, de los cuales del 20-31% son económicamente utilizados por el hombre (FAO, 2002), en el Ecuador las extracciones de agua totales son 9.918 km³ de los cuales el 81% son para uso agropecuario, con los cuales la agricultura bajo riego alcanza 1500000 Ha, correspondiendo a una tercera parte de la superficie cultivada en el país y el resto se realiza como agricultura de secano (MAGAP, 2011). La poca superficie cubierta con riego fundamentalmente es riego por gravedad, lo que genera grandes pérdidas de agua, sobre todo en las fases de conducción. Para optimizar el agua de riego, debemos conocer i) el consumo de agua del cultivo en un periodo de tiempo determinado, ii) el volumen que consume las plantas en el proceso de evapotranspiración y iii) la cantidad de precipitación o el volumen de agua proveniente del riego que puede efectivamente ser aprovechada; componentes de difícil estimación debido a la confluencia e interacción de factores como clima, suelo y planta (Manuel, Valdera, Bodas, Fuentelsaz, & Peiteao, 2009).

El agua un recurso escaso y de gran valor ya que limita el desarrollo de los cultivos (Cadena, 2014), está estrechamente relacionado con la seguridad alimentaria, y en la actualidad es

malgastada sin control en regadíos ineficaces, requiriéndose aplicar medidas y/o tecnologías para su conservación, uso eficiente y racionalización, de forma planificada, para reducir pérdidas de este recurso. (FAO 2002)

A. JUSTIFICACIÓN

El riego, la actividad más importante en la agricultura debido a que las lluvias no pueden substituir las demandas de agua de los diferentes cultivos, sin embargo (Cabrera, J. 2016) citado por (Espinoza, 2016) menciona que en la actualidad "es mayor la cantidad de agua que se desperdicia para riego agrícola que en el de uso público urbano" debiéndose principalmente a pérdidas en los canales de conducción por infiltración y evaporación que pueden alcanzar un 60% (MAGAP, 2011), por lo que bajo condiciones más secas y calientes proyectadas por el cambio climático la agricultura tendrá en reto de incrementar o mantener la producción con menos agua, aplicando técnicas y sistemas que permitan una mayor eficiencia de este recurso (Sifuentes, Rojano, Iñiguez, & Ojeda, 2012).

Conocer los requerimientos hídricos de los cultivos es muy necesarios debido a que un exceso de agua o el déficit en la zona radicular afectan la forma química en la que están presentes los nutrientes en el suelo (Cenicña, 2016), de la misma manera (Cadena, 2014) indica que si existe sobresaturación del suelo, esto produce un lavado de nutrientes se zonas superficiales. La reducción de nutrientes en el suelo por distintos procesos, ocasiona rendimientos escasos(Fernandez, 2012), en el caso del maíz la escases de nutrientes afecta directamente en el tamaño de la mazorca y numero de granos por hilera (INIAP 2016). Por lo que gestionar de forma eficiente el agua de riego significa destinar a los cultivos los volúmenes de agua necesarios que garanticen la producción obteniendo la máxima calidad de los productos agrícolas.

Por lo mencionado anteriormente se considera necesario el desarrollo de nuevas tecnologías que permita enfrentar los problemas relacionados a la eficiencia en el uso del agua de riego. Es por esto que uno de los objetivos del Centro Experimental del Riego implementado en la Facultad de Recursos Naturales-ESPOCH es determinar los requerimientos hídricos de los cultivos para lo cual se pretende llevar a cabo esta investigación.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Evaluar tres métodos para determinar el requerimiento hídrico del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

1. Objetivos específicos

- a. Evaluar el método más eficiente para la determinación del requerimiento hídrico en el cultivo de maíz.
- b. Ajustar el kc para el cultivo de maíz.
- c. Determinar la huella hídrica para el cultivo de maíz.
- d. Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.

C. HIPÓTESIS

1. Hipótesis nula

Ninguno de los métodos es eficiente para determinar el requerimiento hídrico del cultivo de Maíz (*Zea mays*. L.) var. INIAP 102.

2. Hipótesis alternante

Al menos uno de los métodos es eficiente para determinar el requerimiento hídrico, del cultivo de Maíz (*Zea mays*. L.) var. INIAP 102.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

A. IMPORTANCIA DEL AGUA

Conocida como líquido elemento, no solo indispensable para el ser humano sino también para la existencia de un complejo número de seres vivos, como vegetales y animales, responsable directamente del crecimiento y desarrollo de los mismos, impacta directamente en la vida de millones de personas al incidir en cuestiones que afectan la seguridad alimentaria y energética, la salud humana y al medio ambiente. (UNAB, 2017)

Fuente y sustento de vida, regula el clima del mundo, con su fuerza modela la tierra, material flexible, solvente extraordinario, reactivo ideal en los procesos metabólicos, posee una gran capacidad calorífica y con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima. Recurso renovable pero finito por lo cual es fundamental la eficiente aplicación del agua debido a que es un recurso escaso que generalmente no alcanza para regar toda la superficie que desea el agricultor o para no generar problemas en los sectores o predios que se encuentran en posiciones más bajas. (Fernandez, 2012)

B. EL AGUA EN EL SUELO

El comportamiento del suelo está controlado por el contenido de humedad, el cual influye en las propiedades edáficas y energéticas del mismo, como son consistencia, plasticidad, penetrabilidad, traficabilidad, temperatura. Las plantas para su crecimiento y desarrollo requieren de agua, y el mantenimiento de un equilibrio térmico, pero el agua en el suelo se encuentra en diferentes estados, retenida en el suelo por la tensión y de esta depende si la planta lo puede utilizar o no. (Hernandez, 2015)

1. Parámetros del agua en el suelo

a. Capacidad de campo (CC)

Se define como la cantidad máxima de agua que el suelo puede retener contra la fuerza de gravedad, refiriéndose al contenido de humedad que se logra en un suelo después de que el movimiento descendente o drenaje del agua ha disminuido hasta un nivel que podría considerarse como una pérdida de agua mínima o despreciable. (INTAGRI, 2017)

b. Punto de marchitez permanente (PMP)

Es el contenido de humedad en el suelo en el cual la planta ya no tiene la capacidad de absorber agua, haciendo que la planta se marchite y si continua expuesta a este parámetro la planta puede llegar al estrés hídrico, el mismo que provoca reducciones significativas en el rendimiento. (Zotarelli, Dukes , & Morgan , 2017)

c. Agua Disponible o agua útil (AD o AU)

Es el rango operativo entre la CC y PMP, ideal de contenido de agua en el suelo para la planificación del riego, se refiere a la máxima cantidad de agua que se puede retener en el perfil del suelo ocupado por las raíces de las plantas, regularmente estimada como una lámina o espesores de agua. (Zotarelli, Dukes , & Morgan , 2017)

d. Saturación

Cuando no existe diferencia de presión del gas dentro del suelo, todos los poros están llenos de agua y no existe succión por parte de las plantas. (Zamora & Cristancho , 2008)

2. Formas de medir el agua en el suelo

Para poder determinar el contenido de agua en un suelo podemos realizarlo de muchas maneras, la mayoría de estos métodos consisten en medir algunas de las propiedades del suelo que se alteran con cambios en el contenido de humedad, mientras que otros se utilizan instrumentos que miden el potencial mátrico del suelo.

a. Apariencia visual y táctil del suelo

Es uno de los métodos más antiguos, consiste en la inspección visual y táctil de la muestra de suelo, mediante la utilización del cuadro 1. Utilizado cuando no se cuenta con un equipo de mayor precisión. (Freal, 2014)

Tabla 1. Guía para la estimación de la parte de humedad utilizable que ha sido extraída del terreno.

Deficiencia de humedad del suelo	Sensación o apariencia de la deficiencia de humedad en el suelo			
	Textura gruesa	Moderadamente gruesa	Media	Textura fina y muy fina
CC	Al apretarlo con la mano no escurre agua libre, sin embargo la mano queda húmeda	Al apretarlo con la mano no escurre agua libre, sin embargo la mano queda húmeda	Al apretarlo con la mano no escurre agua libre, sin embargo la mano queda húmeda	Al apretarlo con la mano no escurre agua libre, sin embargo la mano queda húmeda
0-25	Tiende a pegarse ligeramente: A veces forma un bolo muy poco resistente a la presión	Forma un bolo muy débil que se rompe con facilidad. No se pega	Forma un bolo friable si la textura es rica en arcilla	Se siente como plástico entre los dedos. Es pegajoso
25-50	Tiene aspecto seco y no formara un bolo al presionarlo	Tiende a formar un bolo bajo presión, pero rara vez se mantendrá	Forma un bolo algo plástico. Algunas veces será ligeramente pegajoso.	Forme un bolo que escurre plásticamente entre los dedos
50-75	Tiene aspecto seco y no forma un bolo al presionarlo	Tiene aspecto seco y no formara un bolo al presionarlo.	Al apretarlo permanece formando un bolo, pero algo quebradizo	Forma un bolo friable cuando se aprieta
75-100	Seco, suelto, granos individuales, fluye a través de los dedos	Seco, suelto fluye a través de los dedos	Polvoroso, seco, a veces friable, quebradizo. Se rompe fácilmente en polvo.	Duro, amasado, quebradizo, suelto.

Fuente:(Freal, 2014)

b. Gravimétrico

Consiste en determinar el contenido de agua en la muestra del suelo mediante desecación al horno, se extrae con la ayuda de un barreno una muestra de suelo (100-200g) a la profundidad deseada, determinamos el peso húmedo y posteriormente trasladamos a la estufa a una temperatura constante de 105 °C por 24 horas, después de ello se determina el peso seco. (Rivera, Goyal , & Crespo , 2010)

El contenido total de agua de la muestra se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{PSH - PSS}{PSS} * 100$$

Dónde:

%H = Porcentaje de humedad por peso

PSH = Peso de la muestra húmeda

PSS = Peso de la muestra seca, muestra de suelo pesado después de colocar en la estufa (105°C) durante 24 horas. (Enciso , Porter, & Péries, 2005)

Para su interpretación se utiliza el cuadro 2.

Tabla 2.Porcentajes de humedad para los diferentes tipos de suelos

HUMEDAD DEL SUELO			
TEXTURA	CC	PMP	HD
Arenoso	9 %	2%	7%
Franco arenoso	14%	4%	10%
Franco	34%	12%	22%
Arcilloso	38%	34%	14%

Fuente: (INTAGRI, El riego, la importancia de su programación y los parámetros de humedad en el suelo, 2017).CC = Capacidad de campo, PMP = Punto de marchitez permanente, HD = Humedad disponible

c. Tensiómetros

El tensiómetro es un instrumento que mide el potencial mátrico es decir la tensión con que el agua está adherida a las partículas de suelo, estén instrumento de coloca tomando en consideración algunos factores como es la profundidad radicular del cultivo, tipo de suelo, topografía de la zona y el sistema de riego con el cual dotamos de agua al cultivo.

El agua dentro del instrumento entra en contacto con el agua retenida en los poros del suelo, fluyendo en ambas direcciones a través de una capsula porosa hasta establecer un equilibrio, según el suelo vaya perdiendo humedad se crea una tención la cual se mide haciendo uso de un indicador de tención (manómetro), el cual nos da lecturas en bares o pascales. (Villablanca, Cajías, & Allende , 2015)

Tabla 3. Interpretación de las lecturas de los tensiómetros

LECTURA	ESTADO	EXPLICACIÓN / ACCIÓN
Centibares		
0	Saturado	Estado de saturación para cualquier tipo de suelo, si la lectura persiste indica problemas de drenaje fuerte y aireación pobre.
5-10	Exceso	Exceso de humedad para el desarrollo de la planta, es indicador de que el drenaje continúa.
10-20	Capacidad de Campo	Lecturas en este rango indican que existe suficiente humedad y aire en el suelo para un crecimiento saludable de las plantas en cualquier tipo de suelo.
20-30	Rango de inicio del riego	Buena humedad y aireación en general; necesidad de riego en suelos de textura arenosa. El riego debe iniciarse en suelos de arena gruesa.
30-40	Rango de inicio del riego	Buena humedad y aireación en general; necesidad de riego en suelos de textura arenosa. El riego debe iniciarse para suelos arenosos más

		finos.
40-60	Rango de inicio del riego	Indica el inicio del riego para la mayoría de los suelos. Suelos francos inician entre 40-50 cbars.
70	Humedad disponible escasa	En suelos arcillosos pesados se recomienda iniciar el riego en valores de aproximadamente 70-80 Cb.
80	Humedad disponible escasa	Lecturas mayores son posibles pero la columna de agua del aparato puede romper entre los 80-85 Cb, dependiendo de la altura del instrumento con respecto al nivel del mar.

Fuente: (Fueyo, 1998).

d. Bloques de yeso.

Consiste en dos electrodos en paralelo contenidos entre un cubo de material poroso, comúnmente yeso. Los electrodos se unen a un cable, que sale a la superficie del suelo para medir la resistencia entre ambos. Esta medida se realiza con un ohmiómetro portátil. La resistencia cambiara en función del agua contenida entre el bloque, indicando la tensión de agua en el suelo. Cuando el suelo está húmedo, la resistencia es baja. Pero, la desventaja de estos aparatos es que no comienzan a perder agua hasta cerca de los 30 Cb, por las características del bloque. (INTAGRI, 2015).

C. EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET)

El INAMHI (2017), menciona que la evapotranspiración (ET) es la cantidad de agua perdida en forma de vapor por el efecto de dos procesos la evaporación directamente desde el suelo y la transpiración de las plantas o cultivo.

1. Evaporación (EV)

La evaporación es un proceso por el cual el agua pasa de estado sólido o líquido al estado gaseoso mediante la transferencia de energía, siguiendo tres etapas bien diferenciadas: la primera controlada por las condiciones atmosféricas, la segunda por características edafológicas del suelo, y la tercera controlada por los gradientes térmicos cuando el suelo está seco y el flujo de agua transcurre perfectamente en forma de vapor.

La evaporación es la diferencia entre las lecturas diarias registradas en (mm) en las estaciones meteorológicas con la utilización del tanque evaporímetro tipo A. (WMO, 2008)

2. Transpiración

Proceso por el cual se desprende agua de las plantas vivas a través de las hojas, el camino que recorre el agua es desde que entra en el interior de las raíces, asciende por los tallos, utilizada para la construcción de tejidos o emitidas por las hojas mediante los estomas hacia la atmósfera.

La velocidad de movimiento del agua a través de la planta varía en condiciones de temperaturas altas, atmósfera seca y tiempo ventoso. (Barrera, 1950)

3. Factores que afectan la evapotranspiración

Los factores que afectan la evapotranspiración dependen de las características de los medios que actúan en este proceso: la fuente y un receptor, entre los factores que obedecen de la atmósfera están la humedad del aire, la temperatura, el viento, mientras tanto los relativos a superficie evaporante se encuentran el tipo de suelo, y el calentamiento de la superficie producida por la radiación solar incidente. (Mejía, 2012)

a. Temperatura y Humedad del aire

La temperatura y la humedad del aire actúan como factores ligados a la gradiente de vapor entre la superficie y el aire vecino en un momento determinado.

El incremento en la temperatura aumenta el valor de la presión de saturación del vapor de agua, con ello permiten que mayores cantidades de vapor de agua puedan estar presentes en el mismo volumen de aire y así llegar al estado de saturación.

b. Viento

El viento actúa mecánicamente en el proceso de evapotranspiración, renovando el aire en contacto con el suelo o con las plantas y alejando del sitio la masa de aire que ya tiene una humedad elevada.

c. Tipo de suelo

El tipo de suelo afecta en la evapotranspiración ya que depende mucho de la capacidad que posee el suelo para transferir agua de la capa freática hasta la superficie. La existencia de vegetación en la superficie reduce la evaporación pero en compensación introduce la transpiración.

d. Radiación solar

De toda la cantidad de radiación solar que llega a la tierra, a la superficie del suelo solo llega entre 0.1-0.2 kw/m², sin embargo es suficiente para evaporar una lámina de agua de 1.3 a 2,6m de altura.(Mejia, 2012)

4. Evapotranspiración de referencia (ET_o)

Denominada comúnmente como (ET_o), es la tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, conocida como evapotranspiración del cultivo de referencia que es principalmente un pasto (reygras), de 8-10cm de altura, suficientemente regado, bien abonado y con un buen estado sanitario.

La ET_o solo se ve afectado por factores climáticos y por lo tanto la ET_o puede ser calculado a partir de datos meteorológicos, ET_o expresa el poder evaporante de la atmosfera en una localidad y época del año específica y no considera ni las características del cultivo ni los factores del suelo.

Para el cálculo de la ET_o con parámetros climáticos se recomienda la utilización del método FAO Penman-Monteith ya que es el único que aproxima de manera cercana a la ET_o de cualquier localidad evaluada. (FAO, 2006)

Tabla 4. Et_o promedio para diferentes regiones agroclimáticas en mm/día.

Regiones	Temperatura promedio durante el día °C		
	Templada	Moderada	Caliente
Trópicos y subtrópicos	<10°C	20°C	>30°C

- Húmedos y subhúmedos	2-3	3-5	5-7
- Áridos y semiáridos	2-4	4-6	6-8
Regiones templadas			
- Húmedos y subhúmedos	1-2	2-4	4-7
- Áridos y semiáridos	1-3	4-7	6-9

Fuente: (FAO, 2006)

5. Evapotranspiración del cultivo

Conocida como (ETc), se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra libre de enfermedades, con una adecuada fertilización, libre de arvenses, bajo condiciones óptimas de suelo, agua, los mismos que permitirán su máxima producción.

Según FAO (2006), es la cantidad de agua perdida a través de la evapotranspiración.

Los valores de ETc constituyen las necesidades hídricas brutas de los cultivos para su desarrollo óptimo y representan la cantidad de agua que debe existir en la zona radical de un cultivo para satisfacer su demanda evaporativa. La ETc de un cultivo se determina en función del clima, cuyo efecto engloba el concepto de evapotranspiración del cultivo de referencia ETo, y las características propias del cultivo, efecto que se engloba en el concepto de coeficiente del cultivo (Kc).

La evapotranspiración del cultivo se calcula como:

$$Etc = Eto * Kc$$

Donde:

Etc: Corresponde a la evapotranspiración del cultivo, o requerimientos netos de agua, expresado en mm/día.

Eto: Corresponde a la evapotranspiración de referencia o demanda climática por agua, expresada en mm/día.

Kc: Corresponde a un factor de corrección, que permite transformar la ETo en consumo de agua por el cultivo. (FAO, 2006)

6. Coefficiente del cultivo

Denominada comúnmente como (Kc), es una constante adimensional que representa el efecto combinado de cuatro características del cultivo que son la altura, el albedo o reflectancia, resistencia a la transferencia de agua y la evaporación. (SEPOR, 2018)

Según Vasquez, Vasquez, Vasquez y Cañamero (2017), es el factor que indica el grado de desarrollo de las plantas o cobertura del suelo por el cultivo.

Con fines de cálculo el ciclo de desarrollo del cultivo se ha dividido en 4 fases que son:

a. Fase inicial

Comprendida desde la siembra hasta que existe un 10% de cobertura del suelo

b. Fase de desarrollo

Desde el 10% de cobertura hasta la cobertura máxima, lo cual sucede habitualmente en el momento de inicio de la floración.

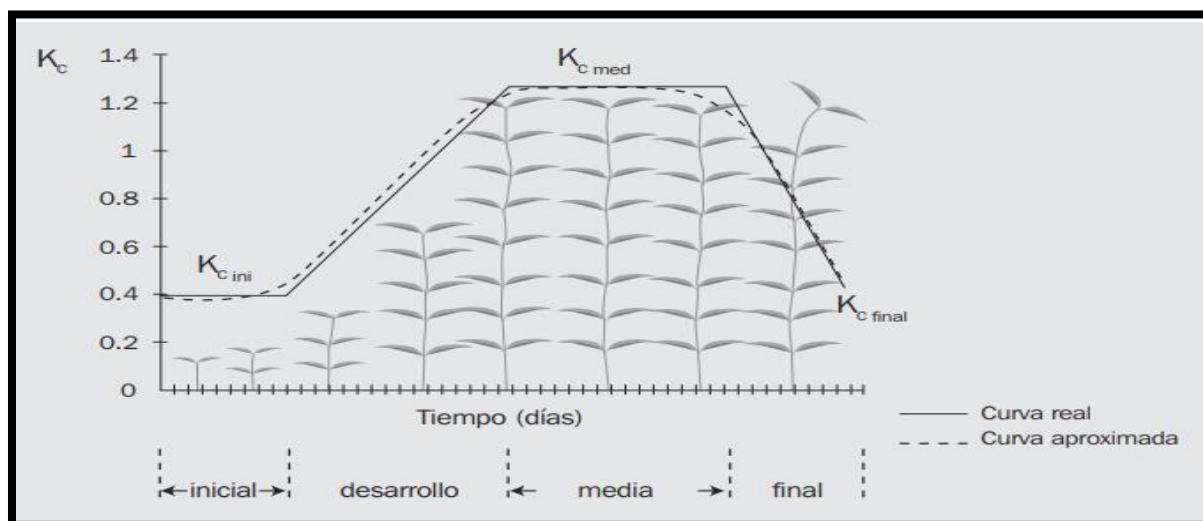
c. Fase media

Entre la floración y el inicio de la madurez, cuando las hojas comienzan a amarillar y caer y los frutos a madurar.

d. Fase final

Desde la madurez hasta la recolección de los frutos. (Carrasco, 2007)

Figura 1. K_c a lo largo de las diferentes fases del cultivo.



Fuente: (Carrasco, 2007)

D. REQUERIMIENTO HÍDRICO

Los requerimientos de agua varían entre especies, entre cultivares, a lo largo del periodo de crecimiento y entre ambientes. Su conocimiento es útil para decidir de mejor manera las prácticas de manejo que permitan lograr una mayor coincidencia entre la oferta natural de agua y la demanda del cultivo, así como para definir las necesidades de riego en las etapas críticas de cada uno de los cultivos. (Della, Gardiol, & Irigoyen, 2000)

E. LISIMETRÍA

Es la forma directa y exacta de medir la evapotranspiración del cultivo (ET_c), a partir de un aparato o estructura llamado lisímetro, durante un periodo determinado.

En el interior del lisímetro, se encuentra el cultivo patrón que es materia de análisis de la cantidad de agua evaporada o transpirada. Según (Vasquez, Vasquez, Vasquez, & Cañamero, 2017) este método generalmente se usa en trabajos de investigación, y es poco empleado en estudios de requerimiento de agua de los cultivos de proyectos de irrigación en marcha.

La determinación de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) o de referencia (ET_o) mediante lisimetría se calcula mediante la siguiente relación:

$$ET_c \text{ o } ET_o = D_a - D_d$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm).

ETo: Evapotranspiración de referencia (mm).

Da: Cantidad de agua aplicada (mm)

Dd: Cantidad de agua drenada (mm)

Existen dos tipos de lisímetros uno de balance y el otro de pesada

a. Lisímetro de balance

Este indica que la capacidad de almacenamiento de la humedad del suelo permanece constante, y donde el uso del agua por el cultivo, es la diferencia entre el agua aplicada y la drenada.

b. Lisímetro de pesada

El lisímetro de pesada consiste en determinar el peso del consumo de agua por el cultivo. Se determina por la pérdida de peso entre las aplicaciones de agua.

F. TANQUE DE EVAPORACIÓN TIPO A

De acuerdo a FAO (2006), los tanques proporcionan una medida del efecto integrado de la radiación, viento, temperatura y humedad sobre el proceso evaporativo de una superficie abierta de agua. Aunque el tanque evaporímetro responde de una manera similar a los mismos factores climáticos que afectan la transpiración del cultivo, varios factores producen diferencias significativas en la pérdida de agua de una superficie libre evaporante y de una superficie cultivada. La reflexión de la radiación solar del agua en el tanque puede ser diferente del 23% asumido para el cultivo de referencia. El almacenaje de calor dentro del tanque puede ser apreciable y puede causar una significativa evaporación durante la noche mientras que la mayoría de los cultivos transpiran solamente durante el día. También se distinguen diferencias en la turbulencia, temperatura y humedad del aire que se encuentran inmediatamente sobre estas dos superficies. La transferencia de calor a través de las paredes del tanque también afecta el balance energético.

A pesar de la diferencia en los procesos ligados a la evaporación del tanque y la evapotranspiración de superficies cultivadas, el uso de la evaporación del tanque para predecir la ETo para períodos de 10 días puede ser considerado confiable si se usa correctamente. La evaporación del tanque está relacionada con la evapotranspiración de referencia por un coeficiente empírico derivado del mismo tanque:

$$ETo = Kp \times Evap$$

ETo: evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kp: coeficiente del tanque evaporímetro.

Evap: evaporación del tanque evaporímetro (mm/día)

Este método consiste en encontrar una relación entre la tasa de evapotranspiración producida en un lisímetro y la tasa de evaporación producida en un tanque de evaporación clase “A”, que mide 1.20 m de diámetro, 0.25 m de profundidad, y se instala a 0.15 m por sobre el nivel de terreno. (Vasquez, Vasquez, Vasquez, & Cañamero, 2017)

Tabla 5. Coeficientes del tanque evaporímetro (Kp) para el tanque clase A, para diversas localidades y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media de viento y de humedad relativa.

Tanque Clase A	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada				Caso B: Tanque situado en suelo desnudo			
	Distancia del cultivo a barlovento (m)	Baja < 40	Media 40 – 70	Alta > 70	Distancia del cultivo a barlovento (m)	Baja < 40	Media 40 – 70	Alta > 70
HR media								
Velocidad viento (m/s)								
Baja <2	1	0,55	0,65	0,75	1	0,7	0,8	0,85
	10	0,65	,75	0,85	10	0,6	0,7	0,8
	100	0,7	0,8	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,5	0,6	0,7

Moderada 2 – 5	1	0,5	0,6	0,65	1	0,65	0,75	0,8
	10	0,6	0,7	0,75	10	0,55	0,65	0,7
	100	0,65	0,75	0,8	100	0,5	0,6	0,65
	1000	0,7	0,8	0,8	1000	0,45	0,55	0,6
Alta 5 – 8	1	0,45	0,5	0,6	1	0,6	0,65	0,7
	10	0,55	0,6	0,65	10	0,5	0,55	0,65
	100	0,6	0,65	0,7	100	0,45	0,5	0,6
	1000	0,65	0,7	0,75	1000	0,4	0,45	0,55
Muy alta >8	1	0,4	0,45	0,5	1	0,5	0,6	0,65
	10	0,45	0,55	0,6	10	0,45	0,5	0,55
	100	0,5	0,6	0,65	100	0,4	0,45	0,5
	1000	0,55	0,6	0,65	1000	0,35	0,4	0,45

Fuente: (FAO, 2006)

G. FORMULAS EMPÍRICAS (FAO)

Durante los últimos 50 años se han desarrollado una gran cantidad de métodos más o menos empíricos por numerosos científicos y especialistas en todo el mundo, con el fin de estimar la evapotranspiración a partir de diferentes variables climáticas. A menudo las ecuaciones estaban sujetas a rigurosas calibraciones locales pero demostraron tener limitada validez global. Por otra parte, probar la exactitud de los métodos bajo nuevas condiciones es laborioso y necesita mucho tiempo y dinero. A pesar de ello, los datos de evapotranspiración son necesarios con antelación al planeamiento de proyectos o para programar calendarios de riego. (FAO, 2006)

H. BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico puede entenderse como la evaluación volumétrica de las entradas y salidas de agua a un sistema para conocer su disponibilidad. Para establecer un balance hídrico hay que conocer las entradas de agua, que están dadas por la precipitación (P), cuantificada mediante un pluviómetro; el riego (R), medido volumétricamente, y las salidas de agua de un cultivo, que se dan por la evapotranspiración (ETc), que es la pérdida de agua por evaporación desde cualquier

superficie evaporante más la transpiración de la vegetación existente, y por el drenaje (D), que es la cantidad de agua que percola a través del suelo por efecto de la gravedad. (Plaza, 2004)

I. CULTIVO DE MAÍZ

1. Generalidades

El cultivo de maíz en nuestro país de mucha importancia desde el punto de vista económico social y cultural ya que se lo cultiva a lo largo y ancho del país, y se consume en todo los meses del año ya sea en chocho o en seco, con una gran capacidad de adaptación agro-climática generando altos rendimientos y buenos ingresos económicos para las personas que se dedican a este cultivo

El centro de origen de esta gramínea es muy discutido ya que se tienen dos principales hipótesis bien sustentadas, la primera es la que el maíz tiene como su centro de origen México, y la otra es que su centro de origen es principalmente los altiplanos de Perú, Bolivia y Ecuador. (Moreno & Pintado, 2011)

2. Clasificación botánica

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Sub clase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Sub Familia	Panicoideae
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays</i> L

Fuente: (OECD, 2006)

3. Características botánicas

a. Sistema Radicular

1. Raíces seminales

Se originan en el embrión y que en muy poco tiempo dejan de funcional, por lo general se encuentran de 1- 4 raíces por grano germinado, aquí la planta se alimenta de las sustancias de reserva acumulados en la semilla.

2. Raíces adventicias

Representan la mayor cantidad del sistema radicular, alcanzan profundidades superiores a 1m dependiendo del contenido de humedad de los suelos, las encargadas de alimentar a la planta durante todo su ciclo de vida.

3. Raíces de sostén o anclaje

Originadas en los nudos basales, estas están encargadas de favorecer la estabilidad de la planta en el suelo, a más de ello este tipo de raíces también forman parte en el proceso fotosintético.

4. Raíces aéreas

En la mayoría de los casos este tipo de raíces no alcanzan el suelo.

b. Tallo

Formado por un tallo principal en el cual tiene lugar la producción de la mazorca, puede presentar o no brotes laterales, el tallo es leñosos y cilíndrico, longitudinalmente compuesto de nudos y entrenudos en los cuales se expone una hoja en cada nudo y una yema en la base de cada entrenudo.

c. Hojas

Presentan el borde liso, largas y anchas con una vaina foliar (lígula) pronunciada, cilíndrica y sirve de cubierta para los entrenudos, también abrazando al tallo se encuentran las aurículas. Su color usual es verde pero se pueden hallar en blanco, o verde purpura.

d. Sistema floral

De las yemas localizadas en la base de los entrenudos se desarrollan en el tallo, de 1-3 mazorcas (elotes), que contienen los ovarios que a su vez, se convertirán en granos después de la polinización. Cada ovario tiene un largo estilo (pelo, cabello o barba), que sobresale de las hojas

modificadas (tuza o espatas), que forman las hojas que recubren la mazorca; el polen que cae sobre las barbas germina y crece a través de los estilos hasta que alcanza los ovarios y se produce la fecundación. Las espigas masculinas que crecen en cada tallo principal, producen polen únicamente, el cuál es arrastrado por el viento hasta las barbas de las plantas vecinas

e. Fruto

Son granos o cariósides que se encuentran a razón de 600-1000 por mazorca, dispuestos en hileras, con un promedio de 14 y pueden ser dentados o semi dentados, también cristalinos u opacos, dependiendo de la variedad; en cuanto a su color, destacan los maíces blancos y los amarillos. (Valladares, 2010)

4. Etapas fenológicas

El maíz presenta dos grandes divisiones de sus etapas que son

a. Vegetativa

b. Reproductiva

Desglosadas en la siguiente tabla:

Tabla 6. Etapas fenológicas del cultivo de maíz.

Etapas	DIAS	Características
VE	5	El coleoptilo emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
Vn		Es visible el cuello de la hoja número “n”. (“n” es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; “n” generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapas de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapas lechosas. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapas masosas. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapas dentadas. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una “línea de leche” cuando se

R6	112	observa el grano desde el costado. Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.
-----------	-----	--

Fuente: (CIMMYT, 2018)

5. Características del cultivar INIAP 102

a. Agronómicas y morfológicas

Tabla 7. Características agronómicas y morfológicas

Días a la floración femenina	122
Días a la cosecha en choclo	175
Días a la cosecha en seco	270
Altura de la planta	238 cm
Altura de mazorca	130cm
Longitud de mazorca	14.5 cm
Rendimiento comercial en choclos/ha	237 sacos de 140 unidades
Rendimiento comercial grano seco	92 qq/ha
# de hileras por mazorca	10
Color de la tusa	Roja 25%, blanca 75%
Color de grano seco	Blanco
Color de grano tierno	Blanco
Tipo de grano	Harinoso
Textura de grano	Suave

Fuente: (INIAP, 2000)

b. Calidad

Tabla 8. Porcentaje de calidad del grano.

Humedad	6,38
Proteína	10.88
Fibra	3.24
Almidón	76.48
Azucares totales	0.17

Fuente: (INIAP, 2000)

c. Tolerancias resistencias

La variedad es tolerante a enfermedades foliares como "Tizón de la hoja" y "Roya" causadas por los hongos *Helminthosporium turcicum* y *Puccinia sp*, respectivamente. Así mismo es tolerante a la "Podrición de mazorca" causada por *Fusarium moniliforme*. (INIAP, 2000)

6. Características edáfo-climáticas del cultivo

a. Características edáficas

Este cultivo se ha adaptado de buena manera a todos los tipos de suelos pero suelos con un pH entre 6-7 se desarrolla mejor, que sean profundos, ricos en materia orgánica, con buen drenaje para evitar la asfixia radicular. (INFOAGRO, 2018)

b. Características climáticas

1. Temperatura

Temperatura base de 10 °C, la temperatura óptima para la germinación es de 18-20 °C; para el desarrollo del cultivo se requiere una temperatura entre los 25-33°C durante el día y en la noche de 15-23 °C. (NETAFIN, 2018)

2. Humedad

Se requiere un rango de humedad comprendido entre 50- 80%.

3. Radiación

Se requiere de 500-600 cal/cm²/día. (NETAFIN, 2018)

4. Necesidades hídricas

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día.

Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración.

Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado.

Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada. (INFOAGRO, 2018)

7. Labores culturales

a. Preparación del terreno

Se realiza un pasado de arado y uno de rastra si es necesario, finalmente con la ayuda de un tractor o una yunta se realiza el surcado.

b. Siembra

La siembra se realiza manualmente con un distanciamiento entre surco oscila entre 0.80 a 0.90 cm y; entre golpe, 0.40 a 0.50 m, depositando 2 semillas por golpe, para obtener una densidad de 50,000 plantas por hectárea.

c. Control de malezas

Para el control de arvenses se puede realizar de manera manual, unos 15 días después de la emergencia, o también se puede utilizar un control químico, con la ayuda de herbicidas selectivos como es el caso de atrazina en una dosis de 1-2kg por ha.

d. Fertilización

El maíz es muy exigente en elementos nutritivos, comparado con otros cultivos, por lo que en un plan de fertilización se debe tomar en cuenta los resultados del análisis químico del suelo y su recomendación, esto le garantiza suplir de los elementos nutritivos necesarios a la planta y evitar gastos innecesarios.

En caso de no poseer un análisis de suelo se puede aplicar:

A la siembra 4 sacos de 10-30-10 por hectárea.

A los 20 días después de la emergencia aplicar 2 sacos de urea por hectárea.

A los 70 días después de la siembra (Antes de la floración masculina) aplicar 2 sacos de urea por hectárea.

e. Cosecha

La cosecha de este tipo de cultivo se lo puede realizar cuando la mazorca este en un estado fisiológico R3, el grano se encuentra en un estado lechoso, o también cuando la planta ya haya alcanzado su madurez fisiológica, estado fisiológico R6, el grano ya pierde el porcentaje el alto porcentaje de humedad. (INIAP, 2016)

8. Plagas y enfermedades del cultivo

a. Plagas

Las plagas en el cultivo de maíz son las que más inciden en los problemas de la producción, atacando en todas sus etapas fisiológicas por ello es necesario conocer a fondo MIP y ponerlo en práctica en el campo y así contribuir con el cuidado del medio ambiente.

b. Enfermedades

Las enfermedades presentes comúnmente en el cultivo de maíz son causadas en su mayoría por hongos, en las condiciones agroclimáticas del cantón Riobamba las enfermedades afectan significativamente en el rendimiento del cultivo de maíz. (INIAP, 2000)

9. Rendimiento

Según SINAGAP (2016), la superficie cosechada a nivel nacional incremento en 9.9% respecto al año anterior influyendo directamente en la producción nacional lo cual aumento en 8,428t al compararla con el año anterior. Esta alza en la producción también se vio reflejado en el rendimiento para el año 2015, registrando un incremento en 1.3% respecto al año 2014.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR EXPERIMENTAL

1. Localización

La presente investigación se llevará a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales en el Centro Experimental de Riego (CER).

Ubicación geográfica	
Altitud	2.821 m.s.n.m.
Latitud	1°39'18,82" S
Longitud	78°40'39.99"
Condiciones climáticas	
Temperatura	13,5 °C

Precipitación	350 mm/año
Humedad relativa	66,4 %

Fuente: Estación meteorológica ESPOCH 2018

2. Clasificación ecológica

Según Holdrige (1982), la localidad se encuentra en el rango de estepa espinosa Montano Bajo (ee-MB).

B. EQUIPOS Y MATERIALES

1. Material biológico

Se trabajará con semilla de maíz Var. INIAP 102.

2. Materiales de campo y equipos de laboratorio

- Sistema de riego por goteo
- Lisímetro
- Sistema de drenaje para lisímetros
- Estación meteorológica portátil
- Balanza
- Calibrador
- Tanque evaporímetro tipo A
- Pluviómetro
- Tensiómetro de 15 y 30 cm de profundidad
- Barreno
- Flexómetro
- Cajas metálicas
- Estufa
- Probeta
- Recipiente plástico de 20 lt para sobre dosificar el riego
- Rótulos de identificación
- Fertilizantes
- Fungicidas
- Insecticidas
- Libreta de campo

3. Materiales de oficina

- Libreta
- Lápiz
- Borrador
- Regla
- Calculadora
- Computadora
- Flash memory
- Hojas de impresión
- Impresora.

C. MÉTODOS

La investigación es tipo experimental con variables cuantitativas continuas en la que están inmersas el método experimental, deductivo, inductivo y estadístico debido a que se va a establecer el requerimiento hídrico en el cultivo utilizando un diseño experimental y fórmulas establecidas, según se indica la tabla 9.

Tabla 9. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Descripción
T1 (Lisimetría)	Se calculó la evapotranspiración del cultivo con la utilización de lisímetros de drenaje, las láminas de riego se aplicará una vez que el lisímetro deje de drenar.
T2 (Tanque evaporímetro tipo A)	Medimos la evaporación en el tanque evaporímetro tipo A y aplicamos el riego según la evaporación de acuerdo a las lecturas, las láminas de riego se aplicará una vez que se haya consumido el 25% del agua útil.
T3 (Formulas empíricas FAO)	Calculamos la evapotranspiración del cultivo con las formulas empíricas dictadas por la FAO, las láminas de riego se aplicará una vez que se haya consumido el 25% del agua útil.

Fuente: (Salguero, D. 2018)

1. Identificación y duración de las etapas fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102

Las etapas fenológicas se identificaron mediante la visualización directa al cultivo basado en el desarrollo y crecimiento según lo que se indica en la tabla siguiente:

Tabla 10. Etapas fenológicas del ciclo de cultivo de maíz codificación BBCH

Etapas fenológicas	Descripción
Etapa inicial (Emergencia)	Etapa comprendida desde el día de la siembra de codificación BBCH 00, hasta el día en que el 30% de las plantas de la parcela neta aparecieron por encima de la superficie del suelo, y segunda hoja desplegada de codificación BBCH 12, (Emergencia).
Etapa desarrollo (Desarrollo de hojas y crecimiento de tallo)	Etapa comprendida desde la emergencia de codificación BBCH 12, hasta el día en el que el 30% de las plantas de la parcela neta es visible la panoja de codificación BBCH 55 y se separen las hojas que las rodean
Etapa intermedia (Floración)	Está comprendida desde el apareamiento de la panoja hasta el apareamiento de los estigmas de codificación BBCH 65, en un 30% de las plantas de la parcela neta
Etapa final (Formación de fruto)	Etapa comprendida desde el apareamiento de los estigmas hasta la cosecha en tierno es decir el estado de maduración de codificación BBCH 75 (estado reproductivo lechoso).

Fuente: (Salguero, D. 2018)

2. Requerimientos hídricos del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102(mm/día)

a. Instalación de lisímetros de drenaje

La instalación y operación del lisímetro se efectuó con las siguientes consideraciones: el borde del lisímetro debe sobrepasar el nivel del suelo en 5 cm para evitar el ingreso de aguas superficiales por precipitaciones.

Las capas de suelo dentro del lisímetro conservaron la misma característica que el suelo del exterior del lisímetro determinado mediante la utilización de un presionómetro; simulando así las mismas condiciones edáficas. (León ,2016).

Una vez instalado el lisímetro, se empleó la siguiente relación matemática dada por: (Garay, 2009) para determinar el volumen de agua a aplicar dentro del lisímetro.

$$V_a = (* E_{to} \times ND \times A_l)c$$

Dónde:

V_a = Volumen a aplicar.

E_{to} =Evapotranspiración de referencia del cultivo (mm/día).

ND = Número de días de un riego al otro.

A_l = Área del lisímetro

c = Coeficiente de seguridad para efectuar drenaje.

*Inicialmente en la ecuación se consideró la E_{to}, posteriormente será reemplazada por el valor de la E_{tc} determinada por el lisímetro.

La lectura y registro de drenaje se realizará en periodos cada 24 horas.

La evapotranspiración del cultivo (E_{tc}) fue determinada de forma lisimétrica mediante la siguiente ecuación:

$$E_{tc} = R - D$$

Dónde:

E_{tc} = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

R =Agua agregada por riegos o precipitaciones.

D = Agua drenada durante el periodo de análisis.

El dato de E_{tc} correspondió al Tratamiento 1 (T1) es decir las láminas de riego para T1 estuvieron dadas en función del lisímetro (E_{tcL}).

La evapotranspiración de referencia (E_{to}) fue determinada de forma lisimétrica mediante la siguiente ecuación:

$$E_{to} = R - D$$

Dónde:

Etc = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

R = Agua agregada por riegos o precipitaciones en el lisímetro de referencia.

D = Agua drenada durante el periodo de análisis en el lisímetro de referencia.

(Para el lisímetro de referencia estuvo dado por la evapotranspiración de una gramínea en este caso reygras).

La frecuencia de riego para T1 estuvo dada cuando el lisímetro dejó de drenar.

b. Instalación y calibración del tanque de evaporación tipo A

Se instaló cerca de la parcela y se graduó con el tornillo micrométrico, de acuerdo al volumen de agua que se asignó.

La superficie del agua en lo posible se mantuvo entre las marcas que lleva por su interior el tanque a 5 cm y 7,5 cm de su borde superior, por lo cual, después de un periodo considerable de tiempo realizando la observación se debe volver a llenar cuando el agua quede próxima a la marca inferior, se agregó agua para seguir tomando los datos, anotando estas incidencias en la hoja de observación.

El T2, la lámina de riego será aplicada directamente con datos entregados por la evaporación del tanque, esta fue aplicada cuando se consumió el 25 % del agua útil.

c. Instalación y calibración de la estación meteorológica portátil.

Los datos de Humedad Relativa (HR), velocidad del viento y barlovento, interpolados permitirán la obtención del K_p y posteriormente el cálculo de la E_{to} .

$$E_{to} = E_v * K_p$$

Dónde:

E_{to} = evapotranspiración de cultivo de referencia (mm/día)

E_v = Evaporación acumulada (mm)

K_p = datos climáticos: humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s), barlovento.

Estos datos al igual que los anteriores fueron tomados y registrados diariamente.

La reposición hídrica se lo realizó cuando se consuma el 25% del agua útil.

La evapotranspiración del cultivo se calculó con la siguiente ecuación:

$$Etc = Eto * Kc$$

Donde:

Etc= Corresponde a la evapotranspiración del cultivo, o requerimientos netos de agua, expresado en mm/día.

Eto= Corresponde a la evapotranspiración de referencia o demanda climática por agua, también expresada en mm/día.

Kc= Corresponde a un factor de corrección, que permite transformar la ETo en consumo de agua por el cultivo. (FAO, 2006)

Para determinar el Kc se utilizó la fórmula de Hargraves determinada por la siguiente ecuación:

$$Kc = 0,01335 + (0,04099 * \%de\ desarrollo) - (0,0004 * (\% \ desarrollo^2))$$

Dónde

Kc = Coeficiente de cultivo

% Desarrollo= Porcentaje de desarrollo del cultivo en el día en que se calculó.

d. Instalación del riego a goteo.

Se utilizó cinta de goteo no auto compensado para cada cama de acuerdo a la longitud de la parcela para así tener un caudal homogéneo dentro de la parcela

e. Determinación del contenido de humedad inicial del suelo.

A través de muestreo de suelo con un barreno a una profundidad de 30 cm en el lomo de cada surco, esta profundidad es considerado en relación a la profundidad radicular que el cultivo de maíz desarrolla, estas muestras se llevaron a una estufa para medir pesos húmedos y secos de la muestra para así poder determinar el contenido de humedad.

f. Aplicación de láminas de agua uniformes hasta llegar a capacidad de campo en cada tratamiento

El primer riego se realizó a CC para lo cual se determinó el contenido de humedad con el método gravimétrico.

Primero determinando el porcentaje de humedad inicial que contiene el suelo, tomando una muestra de cada uno de los tratamientos, a una profundidad de 30 cm aplicando la fórmula citada por: (Enciso , Porter, & Péries, 2005):

$$\%H = \frac{PSH - PSS}{PSS} * 100$$

Dónde:

%H = Porcentaje de humedad por peso

PSH = Peso de la muestra húmeda

PSS = Peso de la muestra seca, muestra de suelo pesado después de colocar en la estufa (105°C) durante 24 horas.

Luego se obtuvo la humedad en volumen mediante la fórmula señalada por (García, Puppo, Hayashi, & Morales, 2012)

$$HV\% = \%H * DAp$$

Dónde:

%HV= Porcentaje de humedad por peso

%H= Porcentaje de humedad gravimétrico

DAp= Densidad aparente del suelo

3. Variables y métodos de evaluación

Tabla 11. Variables y métodos de evaluación

Variables	Método de evaluación
Porcentaje de emergencia	Se evaluará porcentaje de emergencia a los 30 días después de la siembra los mismos que se expresará en porcentaje.
Altura de plantas	Con la utilización de una cinta métrica se registró la altura de la planta en (cm) desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, se registraron los datos a los 50, 100, 150 días después de la siembra, de 10 plantas tomadas al azar las mismas que estarán dentro de la parcela neta. (Estas serán identificadas después de la emergencia).
Diámetro del tallo	Con la utilización de un calibrador pie de rey se registró el diámetro del tallo en (cm) a los 50, 100, 150 días después de la siembra hasta la cosecha de 10 plantas tomadas al azar.
Altura de formación del choclo	Con la utilización de una cinta métrica se registró la distancia en (cm) desde la base del tallo hasta la formación de la primera mazorca
Numero de choclos por planta	En la cosecha contabilizo el número de mazorcas por planta de las 10 plantas nuestra.
Peso del choclo/planta	Con la ayuda de la balanza se registró el peso del choclo a la cosecha de la parcela neta en g luego transformado kg/ha
Rendimiento en kg/ha	El peso en kg de las mazorcas de la parcela neta fueron tomados para expresarlos en kg/ha para cada tratamiento.

Contenido relativo de agua (WRC) Se determinó el contenido relativo de agua.(WRC)

En la cosecha se determinó el WRC en las hojas de la parte media de la planta.

Para la lo cual se tomó una hoja de la parte media de la planta y se pesa la muestra en fresca, después se hidrata la hoja en una bandeja con agua destilada durante 12 horas en la obscuridad, posteriormente se pesó (peso turgente), luego la muestra se colocó en la estufa por 48 horas hasta que llegue a un peso constante y se obtuvo el peso seco según.

$$\text{WRC \%} = \frac{(\text{PF} - \text{PS})}{(\text{PT} - \text{PS})} (* 100)$$

Donde:

PF: Peso fresco de la muestra

PT: Peso turgente de la muestra

PS: Peso seco de la muestra

Contenido de materia seca de la planta. Se determinó la materia seca de las 10 plantas tomadas al azar.

Se realizó la separación de la raíz, hoja, caña, choclo, y se colocará en bolsas de papel registrando el peso fresco total con respectiva etiqueta para colocar en la estufa a 100 °C durante 24 horas o hasta obtener un peso constante, con el cual se obtuvo el peso seco de

la muestra.

Se aplicará la siguiente fórmula:

$$PST = \frac{PFT * PSM}{PFM} * 100$$

Dónde:

PST: Peso seco total

PFT: Peso fresco total

PSM: Peso seco de la muestra

PFM: Peso fresco de la muestra

Para la valoración de la materia seca de la planta

$$\% \text{ materia seca} = \frac{\text{Peso de materia seca}}{\text{Peso de materia húmeda}} * 100$$

Fuente: (Salguero, D. 2018)

4. Coeficiente de cultivo Kc ajustado del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102

a. Formulas empíricas FAO

Para determinar el Kc se utilizó la fórmula de Hargraves determinada por la siguiente ecuación:

$$Kc = 0,01335 + (0,04099 * \%de\ desarrollo) - (0,0004 * (\% \ desarrollo^2))$$

Dónde

Kc = Coeficiente de cultivo

% Desarrollo= porcentaje de desarrollo del cultivo en el día en que se calculó.

Una vez obtenido los valores según la duración del ciclo de cultivo se realizaron las gráficas, identificando los días en las que presenta cada una de las etapas de desarrollo.

b. Lisimetria

Se determinó el Kc del cultivo de por el método de lisimetria mediante la fórmula:

$$Kc = Etc/Eto$$

Dónde

Kc =Coeficiente de cultivo.

Etc= evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Eto=evapotranspiración de referencia (mm/día).

Una vez obtenido la Etc y Eto diarios, realizamos las gráficas según la duración de las etapas fenológicas del cultivo.

5. Huella hídrica del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102

Para obtener la huella hídrica se sumó los aportes de riego y precipitación efectiva para cada tratamiento y se correlaciono con parámetros de rendimiento con la utilización de la siguiente formula:

$$HH = \frac{V}{R}$$

Dónde

HH= Huella hídrica.

V= Volumen de agua total utilizado para producción (m³/Ha).

R= Rendimiento total (Tn/Ha)

6. Análisis económico

Se realizó el análisis económico con la ayuda de la siguiente formula:

$$RB/C = \frac{IT}{CT}$$

R B/C= relación beneficio costo.

IT=Ingresos totales por ventas del producto

CT= Costos totales.

D. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

- Número de tratamientos: 3
- Número de repeticiones: 3
- Número de unidades experimentales: 9

1. Parcela

- Forma: Cuadrado
- Longitud: 34 m
- Ancho: 34 m
- Número de camas por tratamiento: 30
- Distancia de siembra:
 - Distancia entre hileras: 0,50 m
 - Distancia entre plantas: 0,9 m
- Número de plantas por parcela: 1800
- Número de plantas evaluadas por parcela: 900

- Área neta del ensayo: 900 m²
- Área total del ensayo: 1000 m²

2. Tratamiento

- Ancho de la parcela: 10 m
- Longitud de la parcela: 10 m
- Área de cada parcela: 100 m²
- Distancia entre parcela: 2 m
- Número de plantas por hilera: 20
- Número de plantas por parcela: 200
- Número de hileras por parcela neta: 6
- Número de plantas por hileras por parcela neta: 16
- Número de plantas por parcela neta: 96
- Número de plantas a evaluar: 10

E. DISEÑO EXPERIMENTAL

3. Características del diseño

Se realizó un diseño bloques completos al azar (BCA), con tres tratamientos y tres repeticiones.

4. Esquema de análisis de varianza

Tabla12. Análisis de varianza (ADEVA)

Fuente de Variación	Fórmula	Gl
Repetición	R-1	2
Tratamiento	T-1	2
Error	(R-1)(T-1)	4
Total	(R*T)-1	8

Fuente: (Salguero, D. 2017)

5. Análisis funcional

- a. Prueba de TUKEY al 5% cuando existió diferencia significativa entre los tratamientos
- b. Se realizó el análisis económico Beneficio/Costo

F. MANEJO AGRONÓMICO DEL ENSAYO

1. Preparación del suelo

Se realizó un pase de arado, dos pases de rastra, a una profundidad de 40 y 25 cm.

2. Desinfección del suelo

Se desinfectó el suelo utilizando y cipermetrina, a una dosis de 1cc/1 litro de agua.

3. Trazado de las parcelas

Se efectuó con la ayuda de estacas y piolas, siguiendo las especificaciones del campo experimental

4. Siembra

La siembra se efectuó a una distancia de 0,50 m entre plantas y 0,90 m entre hileras. Con dos semillas por golpe.

5. Fertilización

Se realizó en dos etapas una de base al momento de la siembra, y la otra al momento de realizar el aporque, según los requerimientos del cultivo.

6. Riego

Se realizó a través del sistema de riego a goteo se dotó de agua al cultivo, esto de acuerdo a los tratamientos establecidos y comportamiento climático, para tal efecto se determinó las ofertas y demandas del cultivo en tiempo real valiéndonos de la información de la estación meteorológica, lisimetría y desarrollo del cultivo.

Cuando se produjeron precipitaciones se realizó una resta a la lámina a aplicar en cada tratamiento.

7. Control de malezas

Se efectuaron de forma manual y química, para la cual utilizaremos triazinas (atrazina), evitando siempre la competencia de arvenses con el cultivo.

8. Controles fitosanitarios

Se efectuó aplicaciones fitosanitarias utilizando productos preventivos (de contacto) o curativas (sistémicos), con la aparición de los primeros síntomas de plagas y enfermedades.

9. Cosecha

Se realizó la cosecha cuando el 70% de las mazorcas de las plantas muestras se encuentren es estado de grano lechoso.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. IDENTIFICACIÓN Y DURACIÓN DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*. L.) VAR INIAP 102

Las etapas fenológicas del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102 fueron identificadas mediante una visualización directa al cultivo, en base al desarrollo y crecimiento del mismo. Etapas que fueron identificadas según lo mencionado por: (FAO, 2006).

Los resultados de la duración de cada una de las etapas se exponen en la siguiente figura:

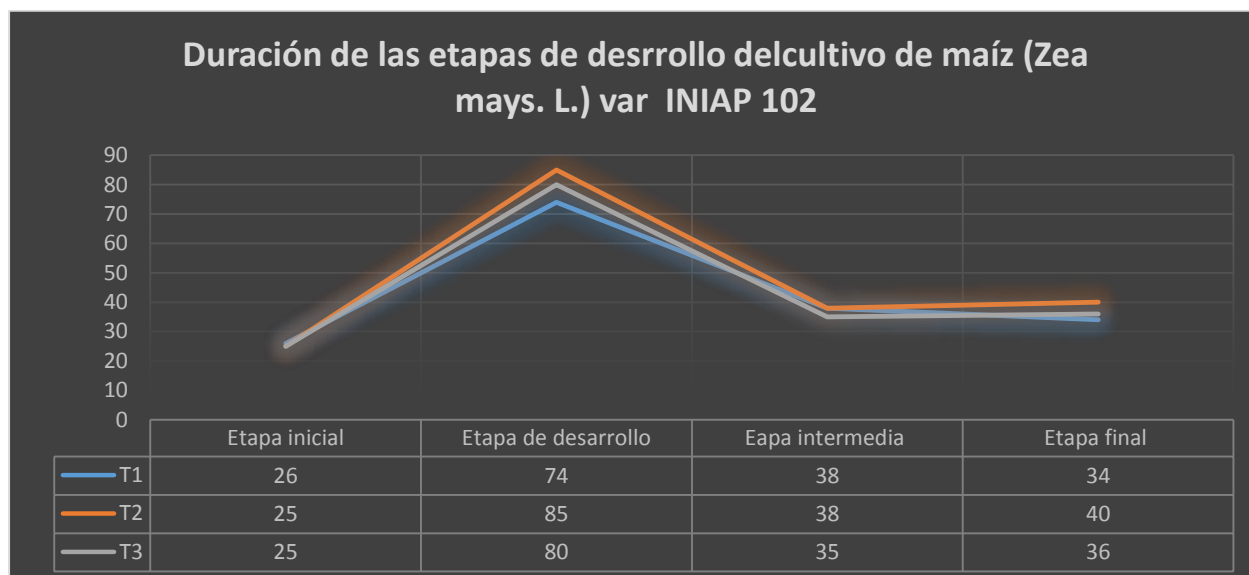


Figura 2. Duración de las etapas de desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

1. Etapa inicial

La etapa inicial del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, tuvo una duración de 25 días en los tratamientos T2 y T3, y una duración de 26 días para el tratamiento T1. Valores que se asemejan con lo citado por (Oñate, 2016), el cual menciona que la etapa inicial en el cultivo de maíz está comprendida entre 20-30 DDS en un clima árido, dependiendo de las condiciones climáticas de la zona, no existe incidencia por parte de los tratamientos debido a que el día de la siembra se efectuó el riego a capacidad de campo en todos los tratamientos, así también el cultivo se encontraba en sus primeras etapas, por lo cual no existía mayor cobertura de suelo,

poca profundidad radicular, con aportes de agua 15; 61,45 y 12,23 mm para T1, T2 y T3 respectivamente.

2. Etapa desarrollo

La etapa de desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, tuvo una duración de 74 días en el T1, 85 días en el T2, y 80 días en el T3. Al respecto (Oñate, 2016), asevera que el cultivo de maíz tiene una duración de 84 días, la diferencia en días que existe es posiblemente a la aplicación de los distintos tratamientos pues dicha etapa recibió un aporte de 224,9; 471,41 y 258,30 mm de agua para T1, T2 y T3 respectivamente, recibiendo en el T1 3mm diarios, el T2 5,5mm diarios y el T3 3,2mm diarios, esto podría deberse a que bajo sobreofertas de agua se provoca un letargo en la duración de las etapas de desarrollo lo cual se observó observa en el T2 en el cual con un aporte de 5,5mm diarios la etapa de desarrollo se ve prolongada una mayor cantidad de días.

3. Etapa intermedia

La etapa intermedia del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, tuvo una duración de 35 días para T1, 38 días para T2, y 38 días para T3. Según lo mencionado por (Oñate, 2016) esta etapa tiene una duración de 35 días, los parámetros edafo-climáticos propios de la zona pudieron ser los causantes de la posible diferencia entre los tratamientos, al respecto (CIMMYT, 2018) Menciona también que esta etapa es una de las más cortas que presenta junto con la de inicio, ya que esta etapa puede llegar a durar tan solo 10 días con condiciones climáticas muy superiores a las presentadas en la provincia, los distintos tratamientos recibieron un aporte de 131,1; 331,07 y 195,56 mm de agua para T1, T2 y T3 respectivamente.

4. Etapa final

La etapa final del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, tuvo una duración de 34 días para T1, 40 días para T2, y 36 días para T3. (Oñate, 2016) Menciona que la etapa final del cultivo de maíz tiene una duración de 81 días hasta la madurez fisiológica, por lo que confronta con los resultados obtenidos en la investigación ya que la etapa final del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, se contempla hasta la cosecha en estado reproductivo (estado lechoso).

Debido a la diferencia expuesta se prevé una incidencia por efecto de los tratamientos que recibieron un aporte de 85,8 - 151,95 y 56,23 mm de agua para T1, T2 y T3 respectivamente.

5. Duración total del ciclo del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Los resultados de la duración total del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, para cada uno de los tratamientos se exponen en la siguiente gráfica:

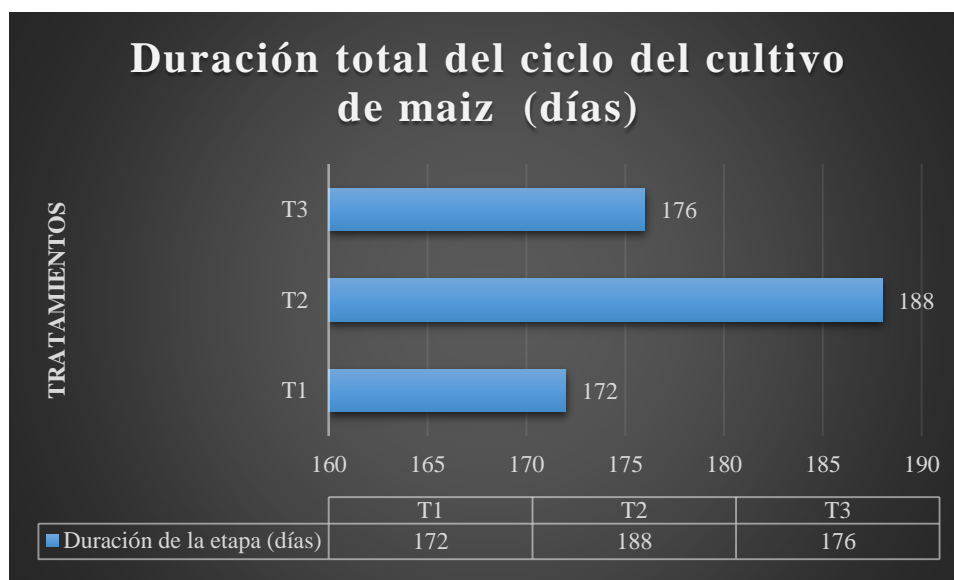


Figura 3. Duración total ciclo de cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

El ciclo del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, tuvo una duración de 172 días en el T1, 188 días en el T2, y 176 días en el T3. (INIAP, 2000) menciona que el ciclo de cultivo para la cosecha en choclo promedio es de 175 DDS, dependiendo de las condiciones climatológicas de la zona, las condiciones de sobre oferta de agua, provoca letargo en la duración de las etapas, por lo que el ciclo de cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102 se prolonga, los tratamientos recibieron un aporte total de 327; 1015 y 533mm de agua para T1, T2 y T3 respectivamente, así el Tratamiento 2 se prolongó el ciclo de cultivo 12 y 16 días frente a T3 y T1.

B. Requerimientos hídricos en lámina total de agua aplicada (L/m^2) en el ciclo de cultivo maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Los resultados de la lámina total de agua aplicada al cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, para cada uno de los tratamientos se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 13. Lámina total de agua aplicada (L/m²) en el ciclo de cultivo maíz

Tratamientos	Lámina total aplicada (L/m ²)
T1	327
T2	1015
T3	533

Fuente: Salguero, D. 2018.

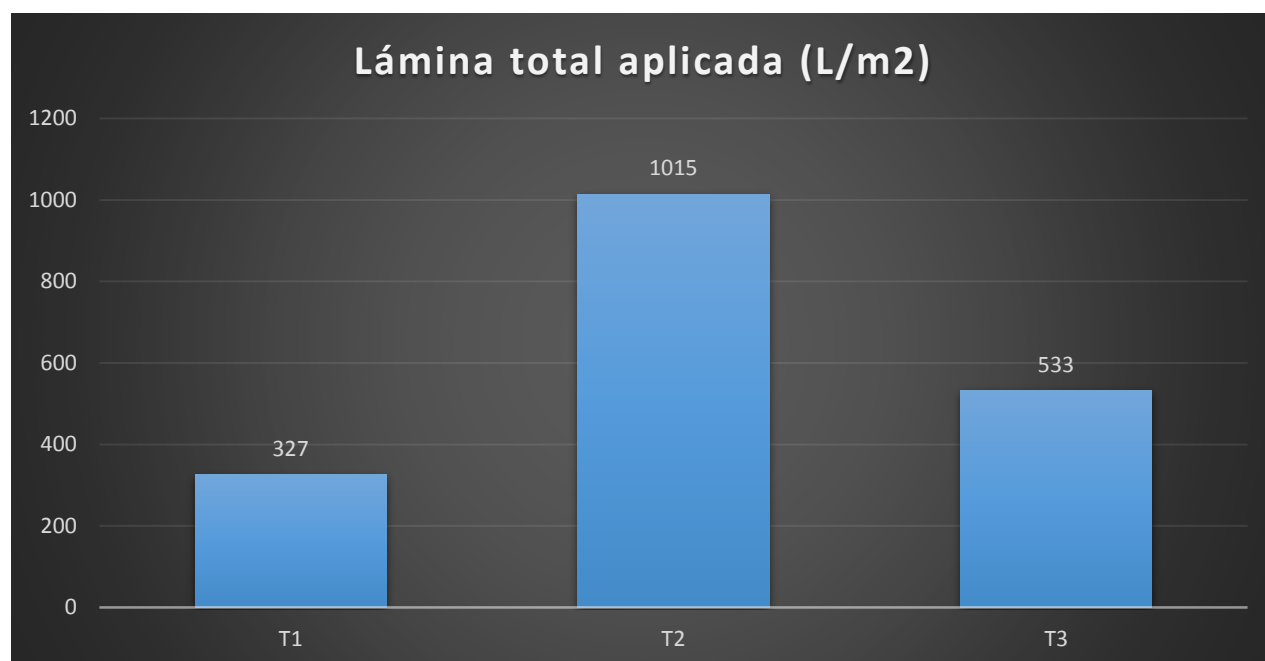


Figura 4. Lámina total de agua aplicada (L/m²) en el ciclo de cultivo maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

Como se puede observar en la (Figura 4), la lámina total aplicada en el cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, en el Tratamiento 1, 2 y 3 fue de 327, 1015 y 533 respectivamente, (Zamora, y otros, 2010) menciona que las láminas estimadas para el cultivo de maíz parte desde 498,40 hasta 818,80mm para zona árida, por lo que los resultados obtenidos en nuestra investigación varían debido a los diferentes métodos utilizados para el cálculo de la

evapotranspiración, laminas aplicadas, método utilizado para el riego(goteo), sumando a ello condiciones edafo-climáticas propias de la zona en estudio.

C. Variables y métodos d evaluación

1. Porcentaje de emergencia

En el análisis de varianza para emergencia de las plantas (Tabla 14), presenta diferencias estadísticamente significativas para los tratamientos. El promedio general fue de 83,1% y un coeficiente de variación de 3,32%.

Tabla 14 . Análisis de varianza para porcentaje de emergencia del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	122,89	2	61,44	8,07	0,0394	*
REPETICIONES	9,56	2	4,78	0,63	0,5793	Ns
Error	30,44	4	7,61			
Total	162,89	8				
CV	3,32					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para emergencia presento un solo rango “A” para todos los tratamientos en estudio, con una media de 80,33%, 80,67% y 88,33% para Tratamiento 3, Tratamiento 1 y Tratamiento 2 respectivamente.

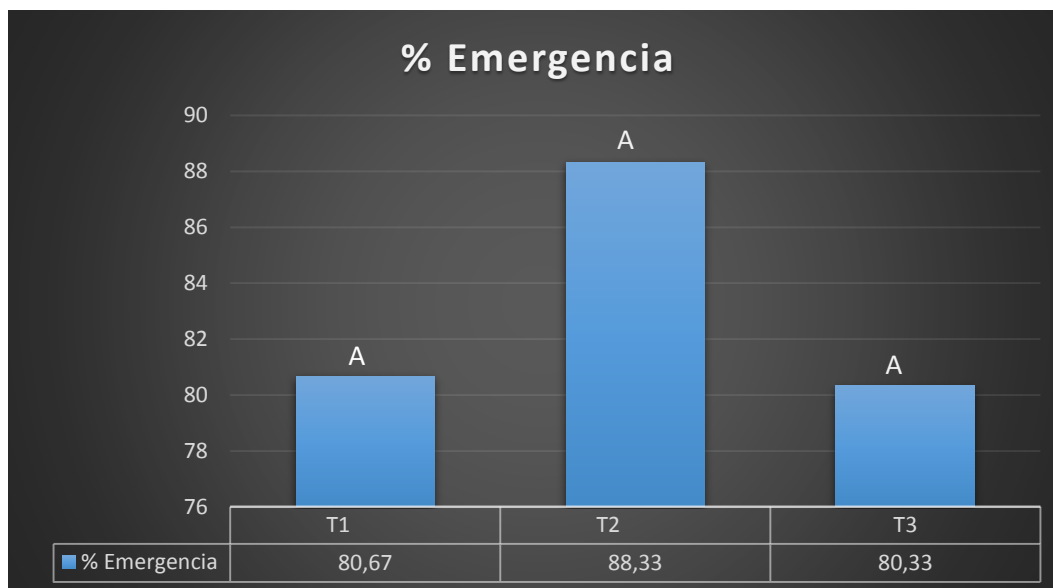


Figura 5. Porcentaje de emergencia de cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

DUPONT, (2014) Afirma que “existen 3 factores clave para la emergencia del maíz que son: Medio Ambiente, genético y calidad de semilla”, en esta investigación es importante destacar el factor medioambiental determinado por temperatura y agua en el suelo, este último de mucha importancia ya que en ese eje se desarrolló la investigación, según la (Tabla 14) existe diferencia entre los Tratamientos, pero al realizar prueba de Tukey al 5% (Figura 5), todos los Tratamientos recaen en un mismo rango puede deberse a que después de realizar la siembra se dio un riego a capacidad de campo (14%), por lo cual el proceso de imbibición (absorción del agua a través de la cubierta de la semilla) se efectuó de manera normal, al respecto (INTAGRI, 2018), indica que una menor absorción de agua en el proceso de imbibición, ocasiona retraso en el proceso germinativo y por ende un retraso en el proceso de emergencia.

2. Altura de la planta.

a. Altura de la planta 50 DDS.

El análisis de varianza para altura de la planta a los 50 DDS (Tabla 20), no presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 19cm y con un coeficiente de variación de 7,98%.

Tabla 15. Análisis de varianza para altura de la planta a los 50 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	0,35	2	0,17	0,08	0,9286	Ns
REPETICIONES	1,85	2	0,92	0,4	0,6944	Ns
Error	9,24	4	2,31			
Total	11,44	8				
CV	7,98					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

b. Altura de la planta 100 DDS.

El análisis de varianza para altura de la planta a los 100 DDS (Tabla 21), presento diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 124,3cm y con un coeficiente de variación de 3,78%.

Tabla 16. Análisis de varianza para altura de la planta a los 100 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	1052,78	2	526,39	23,9	0,006	*
REPETICIONES	137,15	2	68,57	3,11	0,153	ns
Error	88,11	4	22,03			
Total	1278,04	8				
CV	3,78					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para altura de la planta a 100 DDS (Figura 6); presentó dos rangos; en el rango “A” se ubicaron los Tratamiento 2 y Tratamiento 3 con una media de 136,23cm y 126,53cm respectivamente, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 1, con una media de 110,03cm.

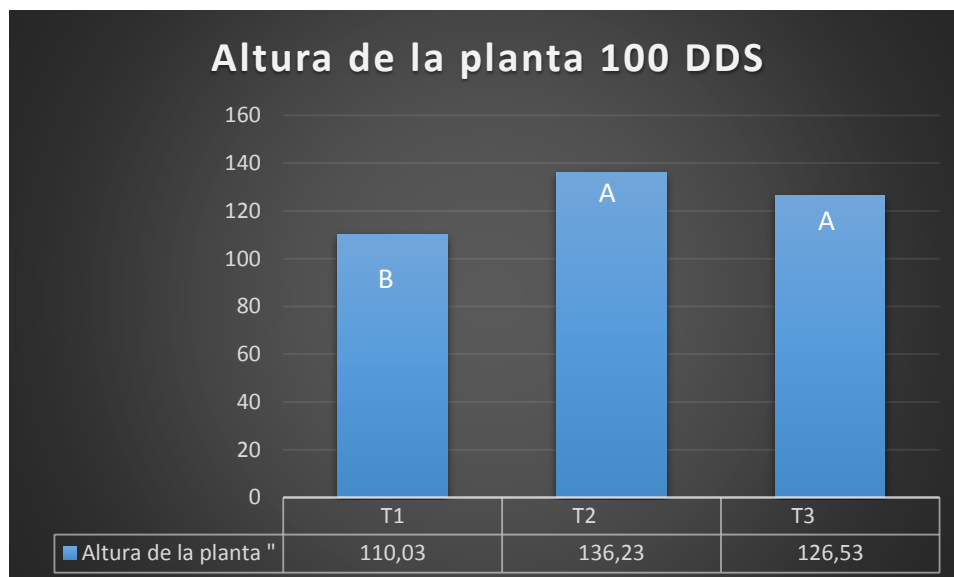


Figura 6. Altura de la planta a 100 DDS del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

Analizando los resultados obtenidos (Tabla: 22, Figura: 9), sobre altura de la planta a los 100 DDS, se observa que existe diferencias entre los tratamientos, en la que los Tratamientos 2 y 3 destacan con una media de 136,23cm y 126,53cm respectivamente y el Tratamiento 1 con un media de 110,03cm, esta diferencia que se puede apreciar se debe a las láminas aplicadas por los distintos tratamientos en estudio

c. Altura de la planta 150 DDS.

El análisis de varianza para altura de la planta a los 150 DDS (Tabla 17), presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 167,1cm y con un coeficiente de variación de 3,68%.

Tabla 17. Análisis de varianza para altura de la planta a los 150 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	1514,28	2	757,14	20,07	0,0082	*
REPETICIONES	121,1	2	60,55	1,6	0,3078	Ns
Error	150,9	4	37,73			
Total	1786,28	8				
CV	3,68					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para altura de la planta a 150 DDS (Figura 7); presentó dos rangos; en el rango “A” se ubicaron los Tratamiento 2 y Tratamiento 3 con una media de 181,87cm y 168,93 cm respectivamente, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 1, con una media de 150,27 cm.

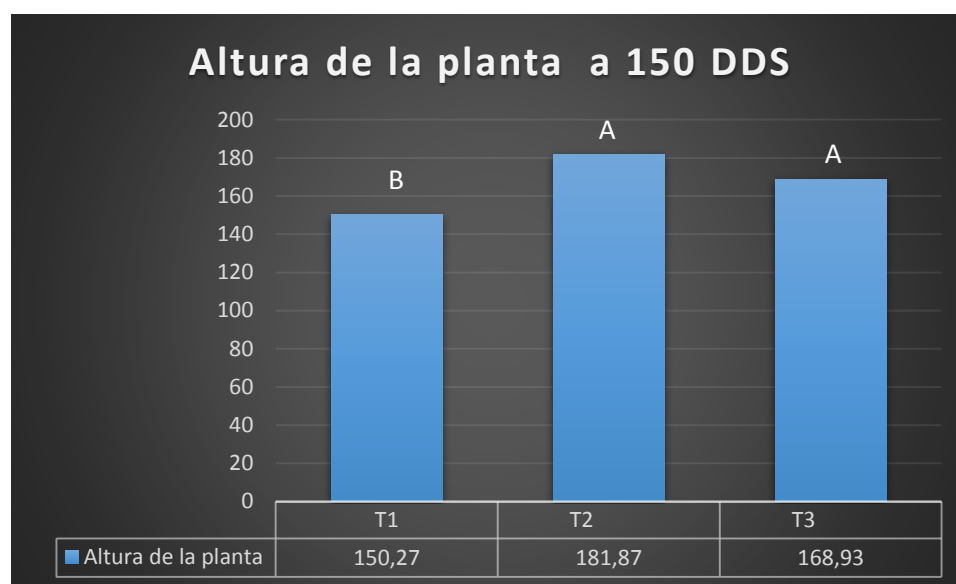


Figura 7. Altura de la planta a 150 DDS del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

Analizando los resultados obtenidos (Figura 7), sobre altura de la planta a los 150 DDS, se observó que existe diferencias entre los tratamientos, en la que los Tratamientos 2 y 3 destacan con una media de 181,87cm y 168,93cm respectivamente y o menor altura el Tratamiento 1 con un media de 150,27cm.

Con respecto a lo mencionado anteriormente sobre la altura de la planta (Quintal, y otros, 2012) menciona “la altura de la planta y el área foliar serán mayores debido al mayor contenido y disponibilidad de humedad en el suelo”, y así se expresa en la altura de la planta en este estudio debido a las láminas aplicadas en cada una de los tratamientos que fueron para los Tratamientos

1, 2 y 3 las siguientes 327, 1015 y 533 respectivamente, de la misma manera el déficit de agua restringe el crecimiento celular, lo que se traduce en menor crecimiento del tallo debido a que existe menor presión de turgencia en las células, al contrario se existe mayor contenido de humedad en el suelo la planta absorberá mayor cantidad de agua y la planta tendrá una mayor presión de turgencia en las células, las cuales ejercerán esa presión sobre las paredes celulares expandiéndolas y obligando a la planta a llenar esos lugares expandidos con una mayor cantidad de pectatos de calcio debido a eso la planta tendrá un mayor tamaño.

3. Diámetro del tallo.

a. Diámetro del tallo 50 DDS.

El análisis de varianza para diámetro del tallo a los 50 DDS (Tabla 25), presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 9,6 mm y con un coeficiente de variación de 4,38%.

Tabla 18. Análisis de varianza para diámetro del tallo a 50 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	13,21	2	6,6	37,03	0,0026	*
REPETICIONES	1,22	2	0,61	3,42	0,1361	ns
Error	0,71	4	0,18			
Total	15,14	8				
CV	4,38					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para diámetro del tallo a 50 DDS (Figura 8); presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2, con una media de 11,1mm, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 3, con una media de 9,67mm y en el rango “c” se ubicó el Tratamiento 1, con una media de 8,13mm.

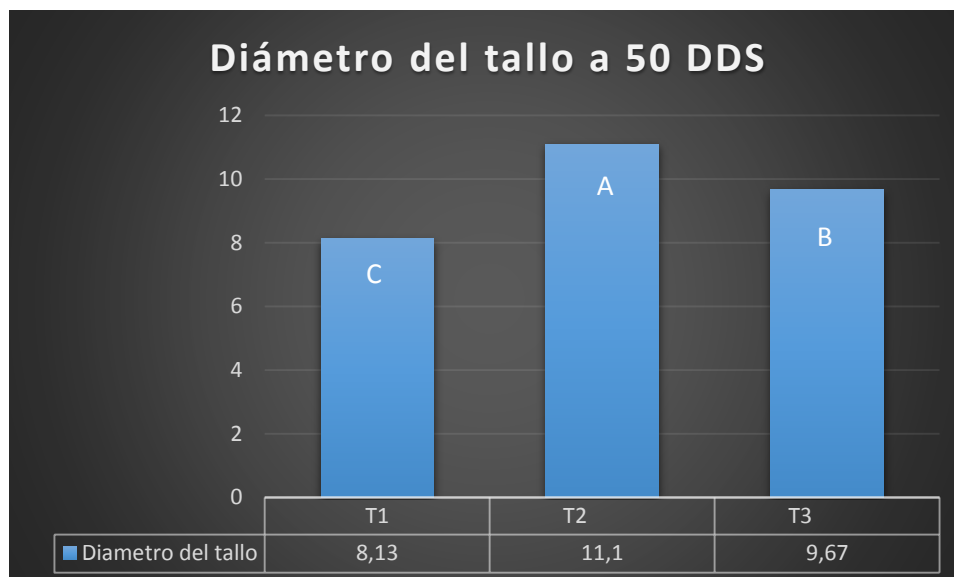


Figura 8. Diámetro del tallo a 50 DDS del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

Analizando los resultados obtenidos (Figura 8), sobre diámetro del tallo a los 50 DDS, se observó que existe diferencias entre los tratamientos, en la que el Tratamientos 2 destaca con una media de 11,1mm, luego el Tratamiento 3 con una media de 9,67mm y por último el Tratamiento 1 con un media de 8,13mm.

b. Diámetro del tallo 100 DDS.

El análisis de varianza para diámetro del tallo a los 100 DDS (Tabla 19), presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 19,8mm y con un coeficiente de variación de 5,36%.

Tabla 19. Análisis de varianza para diámetro del tallo a 100 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	88,01	2	44	39,06	0,0024	*
REPETICIONES	1,29	2	0,64	0,57	0,6051	Ns
Error	4,51	4	1,13			
Total	93,8	8				
CV	5,36					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para diámetro del tallo a 100 DDS (Figura 9); presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2, con una media de 23,97mm, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 3, con una media de 19,00mm y en el rango “c” se ubicó el Tratamiento 1, con una media de 16,77mm.

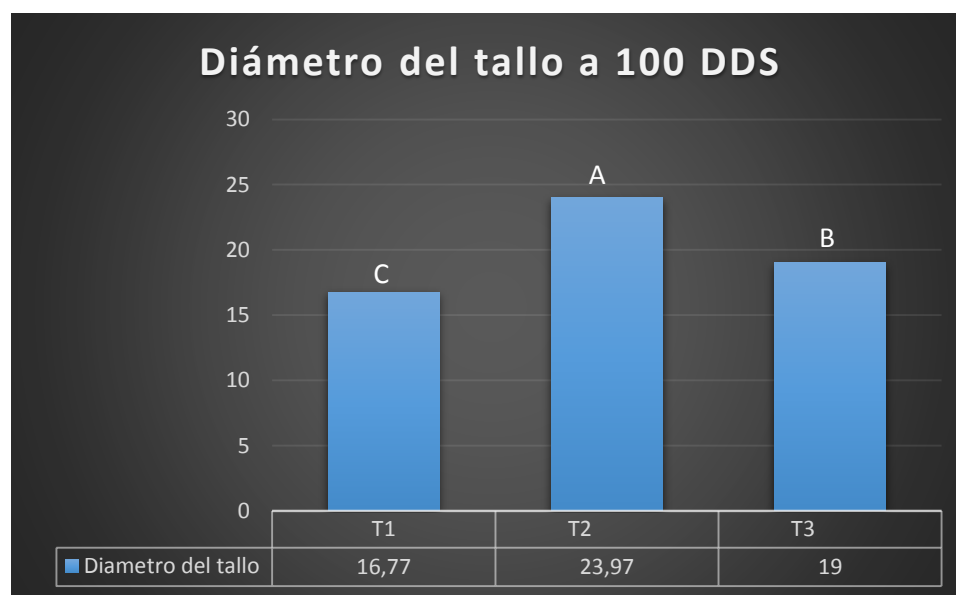


Figura 9. Diámetro del tallo a 100 DDS del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

Analizando los resultados obtenidos (Figura 9), sobre diámetro del tallo a los 100 DDS, se observó que existe diferencias entre los tratamientos, en la que el Tratamientos 2 destaca con una

media de 23,97mm, luego el Tratamiento 3 con una media de 19mm y por último el Tratamiento 1 con un media de 16,77mm.

c. Diámetro del tallo 150DDS.

El análisis de varianza para diámetro del tallo a los 150 DDS (Tabla 20), presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 20,5mm y con un coeficiente de variación de 2,79%.

Tabla 20. Análisis de varianza para diámetro del tallo a 150 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	89,53	2	44,76	137,03	0,0002	*
REPETICIONES	0,13	2	0,06	0,19	0,8311	ns
Error	1,31	4	0,33			
Total	90,96	8				
CV	2,79					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para diámetro del tallo a 150 DDS (Figura 10); presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2, con una media de 24,7mm, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 3, con una media de 19,57 mm y en el rango “c” se ubicó el Tratamiento 1, con una media de 1,13mm.

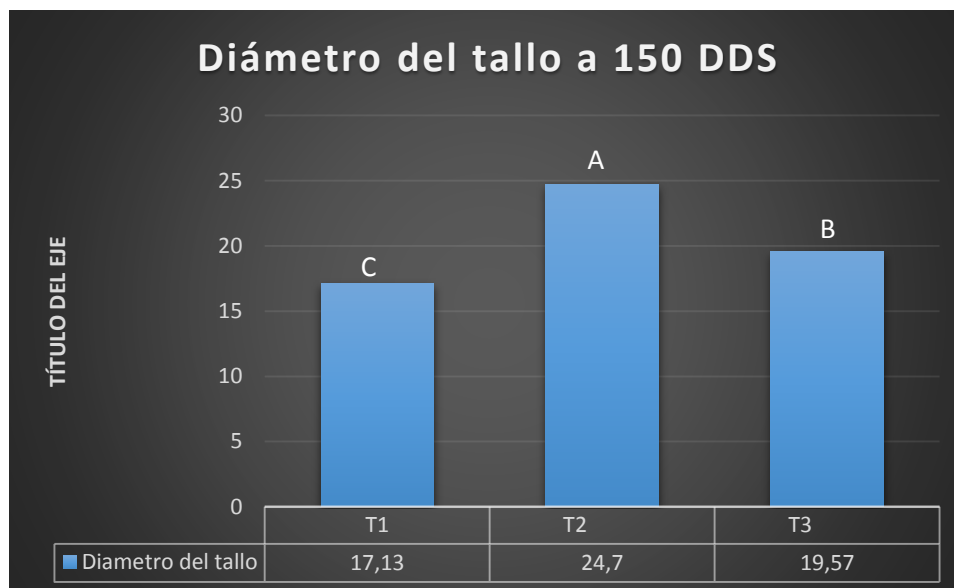


Figura 10. Diámetro del tallo a 150 DDS del cultivo de maíz (*Zea mays. L.*) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

Analizando los resultados obtenidos (Tabla: 30, Figura: 13), sobre diámetro del tallo a los 150 DDS, se observa que existe diferencias entre los tratamientos, en la que el Tratamientos 2 destaca con una media de 24,7mm, luego el Tratamiento 3 con una media de 19,57mm y por último el Tratamiento 1 con un media de 17,13mm.

4. Altura a la formación del choclo.

El análisis de varianza para altura de formación de choclo a los 175 DDS (Tabla 21), presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 62,8cm y con un coeficiente de variación de 5,26%.

Tabla 21. Análisis de varianza para altura de formación de choclo a 175 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	791,16	2	395,58	30,71	0,0037	*
REPETICIONES	3,18	2	1,59	0,12	0,8873	ns
Error	51,52	4	12,88			
Total	845,86	8				
CV	5,26					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para altura a la formación de choclo a 175 DDS (Figura 11); presentó dos rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2, con una media de 81,43 cm, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 3 y 1 con una media de 62,83cm y 60,00cm respectivamente.

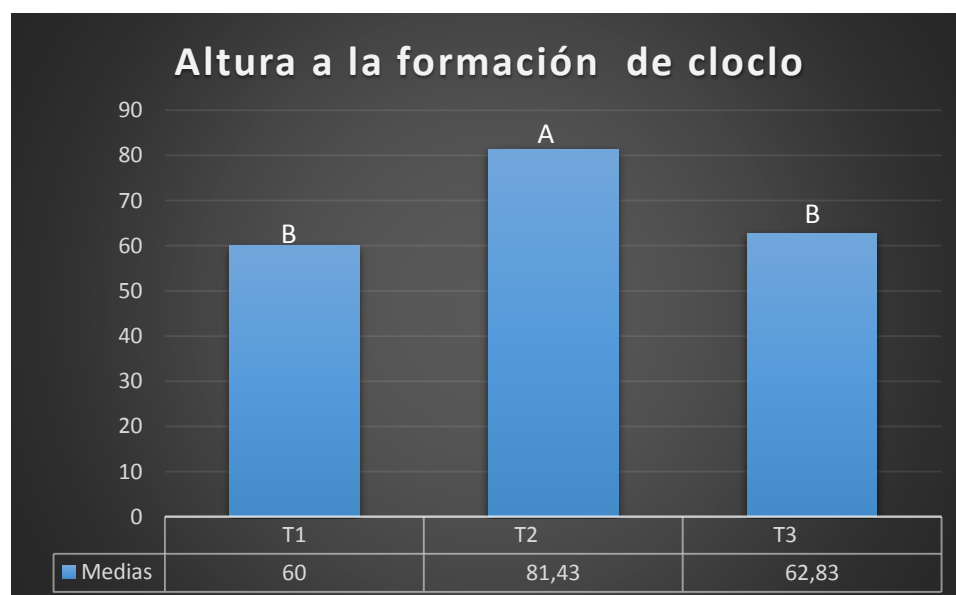


Figura 11. Altura a la formación de choclo a 175 DDS del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

Según INIAP, (2000), la altura promedio de formación de mazorca es de 130 cm, datos que difieren a los arrojados por esta investigación debido condiciones edafo-climáticas propias de la zona en estudio.

5. Numero de Choclos / planta.

El análisis de varianza para número de choclos /planta a los 175 DDS (Tabla 22), no presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 2,1 choclos y con un coeficiente de variación de 4,73%.

Tabla 22. Análisis de varianza para número de choclos/ planta a 175 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	0,07	2	0,03	3,65	0,1254	ns
REPETICIONES	0,1	2	0,05	5,06	0,0803	ns
Error	0,04	4	0,01			
Total	0,2	8				
CV	4,73					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

6. Peso de choclo / planta.

El análisis de varianza para peso de choclos/planta a los 175 DDS (Tabla 23), presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 269,6 gr y con un coeficiente de variación de 3,79%.

Tabla 23. Análisis de varianza para peso de choclo/planta a 175 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	4052,72	2	2026,36	19,43	0,0087	*
REPETICIONES	11,65	2	5,82	0,06	0,9464	ns
Error	417,25	4	104,31			
Total	4481,62	8				
CV	3,79					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para DDS (Figura 12); presentó dos rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 3 y Tratamiento 1 con una media de 293gr y 274gr respectivamente, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 2, con una media de 241,6gr.

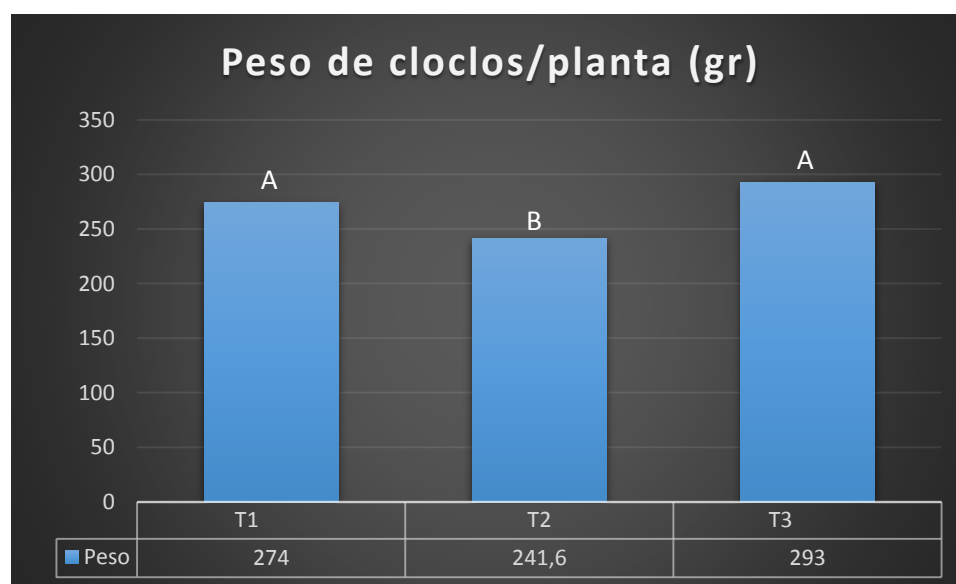


Figura 12. Peso de choclo/planta a 175 DDS del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

7. Rendimiento Kg/ha

El análisis de varianza para rendimiento a los 175 DDS (Tabla 24), presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 4942,7 Kg/Ha y con un coeficiente de variación de 8,51%.

Tabla 24. Análisis de varianza para rendimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays. L.*) var INIAP 102 a 175 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	15397088	2	7698544	43,56	0,0019	*
REPETICIONES	358354,67	2	179177,33	1,01	0,4404	ns
Error	706989,33	4	176747,33			
Total	16462432	8				
CV	8,51					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays. L.*) var INIAP 102 a 175 DDS (Figura 13); presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 3, con una media de 6420 Kg/Ha, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 1, con una media de 5168 Kg/Ha y en el rango “C” se ubicó el Tratamiento 2, con una media de 3240Kg/Ha.

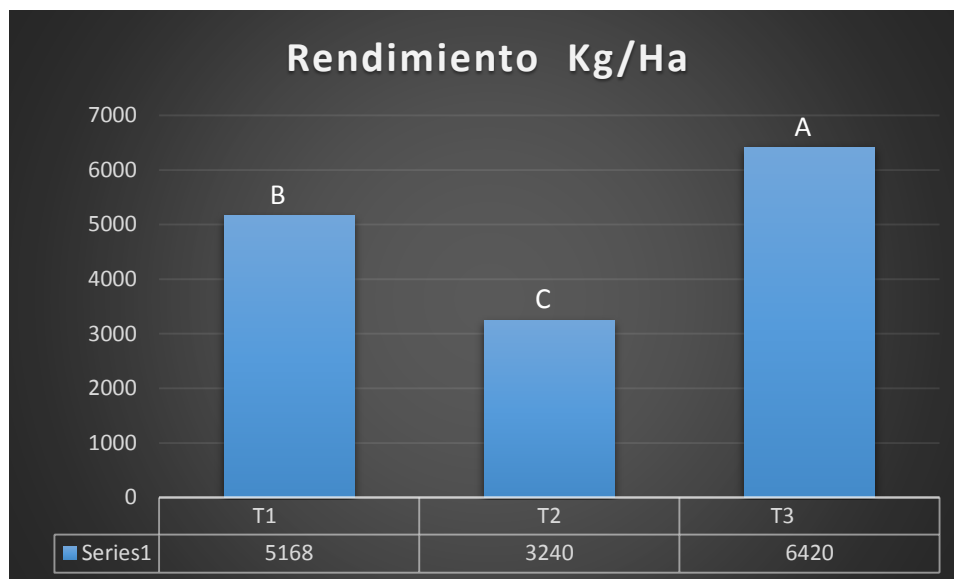


Figura 13. Rendimiento en Kg/Ha a 175 DDS del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

Según Klocke, (1996), mencionado por (Zamora, y otros, 2010) “el agua aplicada más allá de evapotranspiración, no necesariamente se traducirá en mayor rendimiento” algo similar se obtuvo en el Tratamiento 2, que con una lámina de agua aplicada de 1015mm en el rendimiento fue menor frente a los Tratamientos 1 y 3 que se aplicó una lámina de 327mm y 533mm respectivamente, ya que al aplicar laminas fuertes en el Tratamiento 2 se lixivió los nutrientes aplicados en la fertilización

8. Contenido relativo de agua

El análisis de varianza para WRC parte baja a 175 DDS (Tabla 25), no presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 83,4% y con un coeficiente de variación de 1,13%.

Tabla 25. Análisis de varianza para WRC a 175 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	102,22	2	51,11	57,03	0,0011	*
REPETICIONES	1,76	2	0,88	0,98	0,4494	ns
Error	3,58	4	0,9			

Total	107,56	8
CV	1,13	

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para WRC del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102 a 175 DDS (Figura 14); presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2, con una media de 87,73%, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 3, con una media de 83,1% y en el rango “C” se ubicó el Tratamiento 1, con una media de 79,5%.

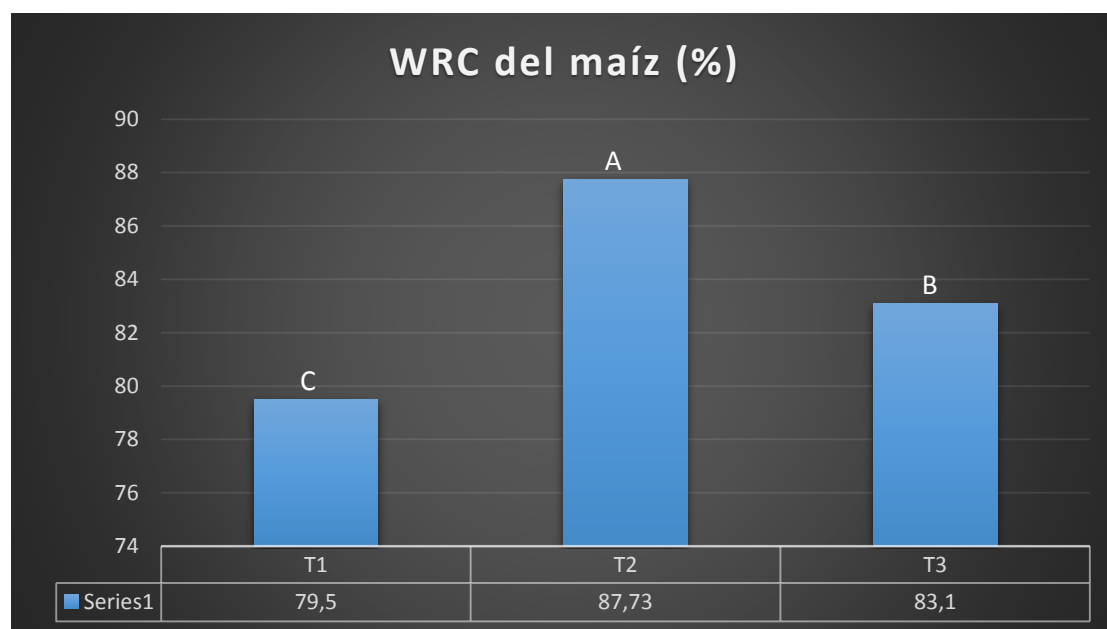


Figura 14. Rendimiento en Kg/Ha a 175 DDS del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102.

Fuente: Salguero, D. 2018.

9. Materia seca

El análisis de varianza para materia seca a los 175 DDS (Tabla 26), no presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos aplicados. Con un promedio general de 16,5 % y con un coeficiente de variación de 3,49%.

Tabla 26. Análisis de varianza para materia seca 175 DDS.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	2,61	2	1,31	1,75	0,3636	ns
REPETICIONES	7,71	1	7,71	10,32	0,0848	ns
Error	1,49	2	0,75			
Total	11,81	5				
CV	3,49					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

Según Andrade (1996) citado por (Marozzi , Derbortoli, Méndez , & Currie, 2005), el sistema fotosintético del maíz (C4) el maíz es muy eficiente comparado con otros cultivos. Una forma de expresar el rendimiento del maíz es conociendo la producción de materia seca (biomasa) y el índice de cosecha (relación Kg granos kg biomasa aérea-1) del cultivar. Sin embargo, bajo ciertas condiciones este índice de cosecha puede variar si los nutrientes escasean.

**D. COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) Y Kc AJUSTADO DEL CULTIVO DE MAIZ
(Zea mays. L.) VAR INIAP 102**

1. Coeficiente de cultivo (Kc) ajustado, del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102 determinado por formulas, bajo condiciones edafo-climáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.

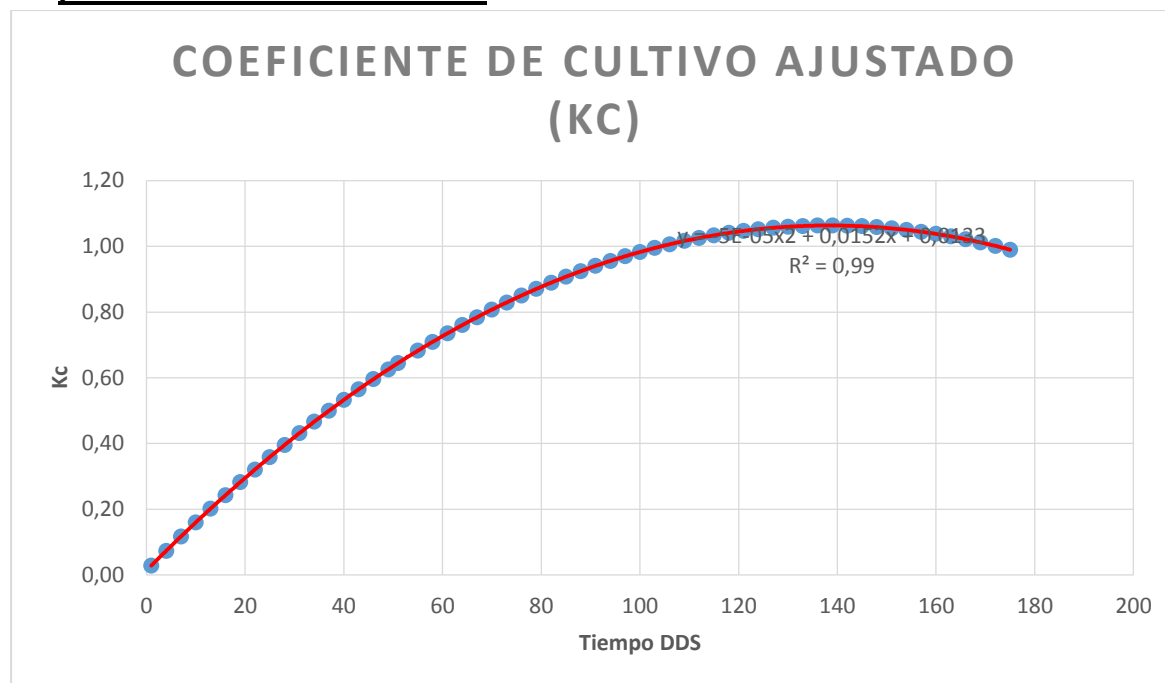


Figura 15. Coeficiente de cultivo ajustado (Kc) del cultivo de maíz (*Zea mays. L.*) var INIAP 102 determinado por Hargraves en periodo de 3 días bajo condiciones edafo-climáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.

Fuente: Salguero, D. 2018.

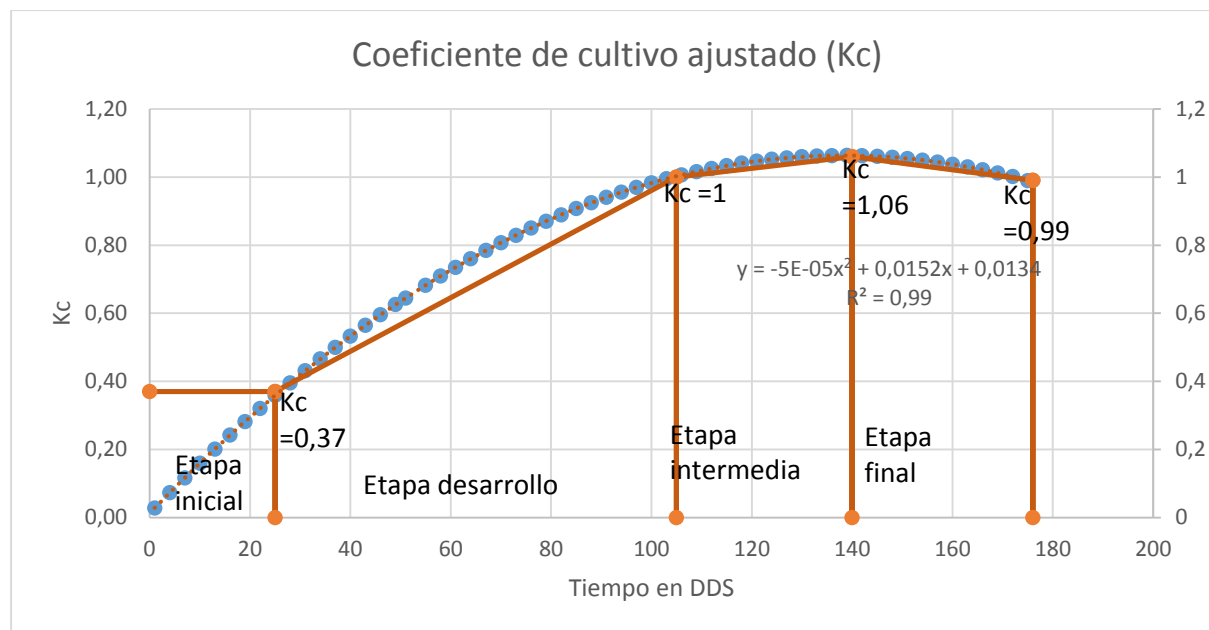


Figura 16. Coeficiente de cultivo ajustado (Kc) del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102 determinado por Hargraves en periodo de 3 días bajo condiciones edafo-climáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.

Fuente: Salguero, D. 2018.

Según la Figura 8 mediante el cual se determina el coeficiente de cultivo (Kc) por etapa fenológica del ciclo del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102, haciendo uso de la fórmula de Hargraves; el coeficiente de cultivo para la etapa inicial es de 0,37, posteriormente el cultivo requiere un mayor consumo de agua alcanzando un valor de 1, en la etapa de desarrollo; sigue en aumento del en el coeficiente hasta un valor de 1,06 para la etapa intermedia y por ende un incremento en el requerimiento hídrico del cultivo, mientras que para la etapa final el coeficiente de cultivo decrece hasta un valor de 0,99 y por ende también disminuye el requerimiento hídrico.

Según lo mencionado por (Oñate, 2016) los valores de Kc para el cultivo de maíz por etapas es, para la etapa inicial 0,35, para a etapa de desarrollo el incremento diario es de 0,0087 hasta alcanzar un valor de 1,05el mismo que se mantiene en toda la etapa intermedia para posteriormente en la etapa final adquirir un valor de 0,55, valores similares a los obtenidos en esta investigación en las etapas inicial, desarrollo e intermedia mientras tanto que para las tapa final los valores variaron debido a diferencias en las variedades y condiciones edáfo climáticas

en las cuales se desarrolló la investigación descrita por (Oñate, 2016); de la misma manera (Tosso, 1990) manifiesta que las diferencias entre valores de coeficientes de cultivos se obtienen debido al método de riego empleado, densidad de plantación del cultivo y nivel de humedad del suelo en el momento de realizar la experimentación.

Robelin (1962), citado por (Lucia, 2013) menciona que “la sensibilidad del cultivo a la falta de agua aumenta a partir de la diferenciación de la flor masculina en el tejido meristemático y presenta un máximo en el momento de la floración”.

Por lo anteriormente mencionado el modelo de Hargraves para la determinación del coeficiente de cultivo del maíz es poco confiable su aplicación debido a que está basado en el desarrollo total del cultivo y en nuestra investigación se realizó la cosecha en choclo tierno, además el modelo está diseñado para países de cuatro estaciones.

2. Ajuste del coeficiente de cultivo (Kc) del cultivo de maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102 determinado por lisimetría bajo condiciones edafo-climáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.

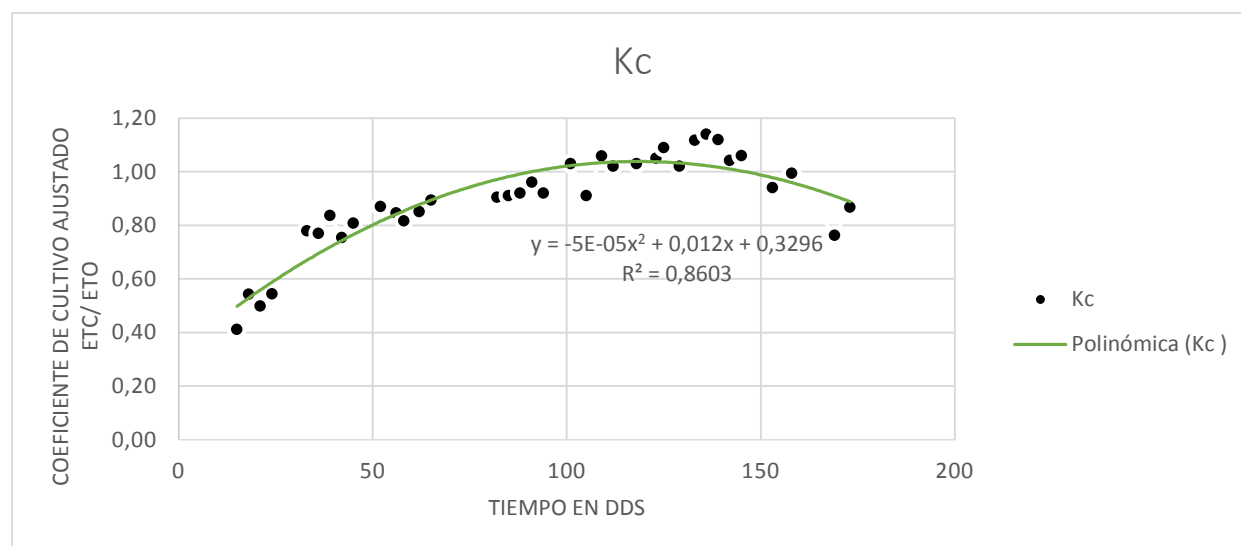


Figura 17. Coeficiente de cultivo ajustado (Kc) ajustado del maíz (*Zea mays. L.*) var INIAP 102 determinado por el método de lisimetría bajo condiciones edafo-climáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.

Fuente: Salguero, D. 2018.

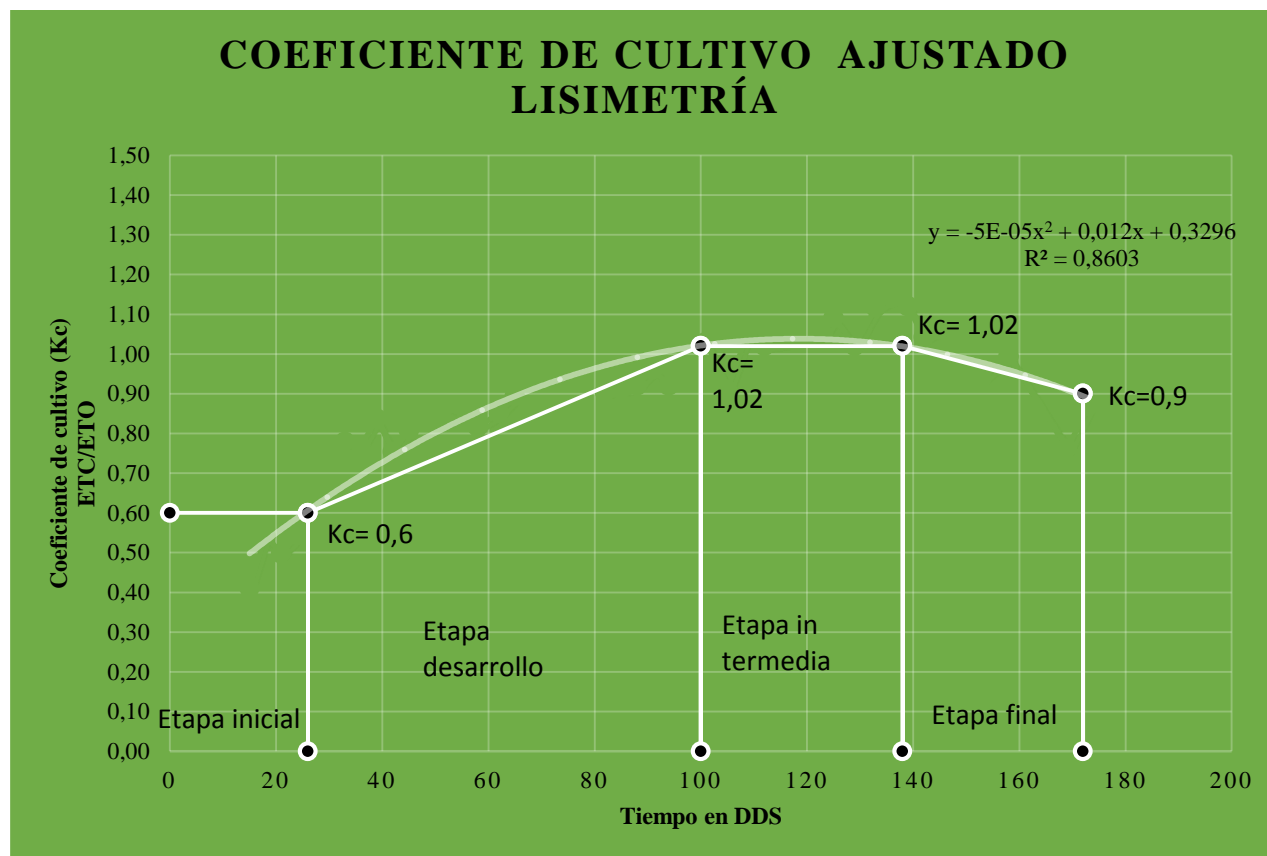


Figura 18. Coeficiente de cultivo (K_c) ajustado del maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102 determinado por el tratamiento 1 bajo condiciones edafo-climáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.

Fuente: Salguero, D. 2018

La Figura 10 se puede analizar los valores de coeficiente de cultivo (K_c) ajustado por etapa fenológica del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var INIAP 102 determinado por el método de lisimetría bajo condiciones edafo-climáticas del cantón Riobamba provincia de Chimborazo 2018.

a. Etapa inicial

La etapa inicial considerada los primeros 26 DDS, los valores de K_c oscilan entre 0,41- 0,54 con un valor K_c promedio de 0,47 en el cual la cobertura del suelo es escasa por lo que se determina en función de la figura 22 con un modelo polinómico un valor ajustado de K_c de 0,6.

b. Etapa de desarrollo.

La etapa de desarrollo la cual contempla una duración de 72 días posteriores a la etapa inicial, los valores de Kc ascienden de 0,75 a 1,03 con un valor de Kc promedio 0,89, etapa en la cual experimenta el mayor desarrollo de la planta y por ende un mayor consumo de agua, por lo que se experimenta un incremento del Kc diario de 0,009, por lo que se determina en función a la figura 22 con un modelo polinómico un valor ajustado de kc de 1,02.

c. Etapa intermedia.

Esta etapa que contempla una duración de 38 días, en esta etapa existe una tendencia línea en el consumo de agua con valores de Kc comprendidos entre 0,91-1,12 por lo que el Kc promedio resulta de 1,01, de tal manera; se determina en función de la figura 22 con un modelo polinómico para esta etapa de un valor ajustado de Kc de 1,02.

d. Etapa final.

Para esta etapa se denota una disminución en los valores de Kc comprendidos entre 1,06 – 0,87 con un valor promedio de Kc de 0,96; de acuerdo a la Figura 22 con un modelo polinómico para esta etapa se determina un valor ajustado de Kc de 0,9, y una duración de 34 días para la misma en la cual ya no existió incremento de área foliar o tamaño.

Los valores de coeficiente de cultivo (Kc) obtenidos en la figura 10 a partir de medidas lisimétricas fueron 0,6; 1,02; 1,02 y 0,9 para la etapa inicial, desarrollo, intermedia y final respectivamente, en nuestro país existe escasos trabajos acerca de coeficiente de desarrollo del cultivo de maíz por el método lisimétrico bajo riego por goteo en campo, por lo que; es necesario referenciar los resultados con investigaciones externas a nuestro medio.

(Ibañez, 2016) Menciona que bajo condiciones de invernadero los Kc de cultivo de maíz son: 0,35 para la etapa inicial, 1,02 para la etapa de desarrollo, 1,16 para la etapa intermedia, 0,54 para la etapa final, estos valores difieren de los obtenidos en la presente investigación ya que la siembra en la investigación anteriormente mencionada fue realizada en macetas y esto posiblemente limitó el desarrollo radicular y los requerimientos hídricos posiblemente redujeron y con ello edujeron los valores del Kc.

(Garay, 2009) Señala que para el cultivo de maíz los coeficientes de cultivo obtenidos por el método lisimétrico son: 0,25-0,35 en los 30 primeros días de desarrollo del cultivo, 1,02 a los 120 días de desarrollo del cultivo y es el valor más alto de Kc mencionado por el autor, posterior ello el Kc disminuye hasta alcanzar un valor de 0,80 a los 150 días de desarrollo del cultivo en el cual se procedió a la cosecha en choclo, estos resultados obtenidos en los andes peruanos presentan una ligera variación a los obtenidos en esta investigación debido a que la variedad, clima, manejo del cultivo, evaporación del suelo y las etapas decrecimiento del cultivo son propias de cada región y localidad e inciden directamente en el coeficiente de cultivo (FAO, 2006), sin embargo los resultados concuerdan con lo mencionado por (Garay, 2009) y (Jesus, Della, & Irigoyen, 2017) los valores de Kc se incrementan notoriamente en las etapas de desarrollo y etapas reproductivas del cultivo, siempre y cuando estén acompañados de adecuadas labores culturales oportunas y fertilizaciones foliares complementarias en las etapas mencionadas, en días posteriores a la etapa reproductiva los valores de Kc presentan un declive poco considerable ya que el cultivo entra en una etapa crítica que es de llenado de grano y necesita agua disponible y en cantidades considerables (Tosso, 1990).

E. CORRELACION ENTRE EL GUA UTILIZADA Y EL RENDIMIENTO (HUELLA HUDRICA)

El análisis de varianza para la huella hídrica (Tabla 27) presentó diferencias estadísticas significativas para los tratamientos.

El promedio general para la huella hídrica fue 1536,7(m³/t).

El coeficiente de variación fue 3,9%.

Tabla 27. Análisis de varianza para huella hídrica.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
TRATAMIENTOS	11598607	2	5799303,74	1606,91	<0,0001	**
REPETICIONES	10386,04	2	5193,02	1,44	0,3382	Ns
Error	14435,88	4	3608,97			
Total	11623429	8				
CV	3,9					

Fuente: Salguero, D. 2018.

*: Significativo.

ns : No significativo.

En la prueba de Tukey al 5% para la huella hídrica (Figura 19); presentó dos rangos; en el rango “A” se ubicó el tratamiento 1 y el 3 con una media de 846,73 y 969,73 (m^3/t) respectivamente y en el rango “B” se ubicó el tratamiento 2 con una media de 2755,73 (m^3/t).

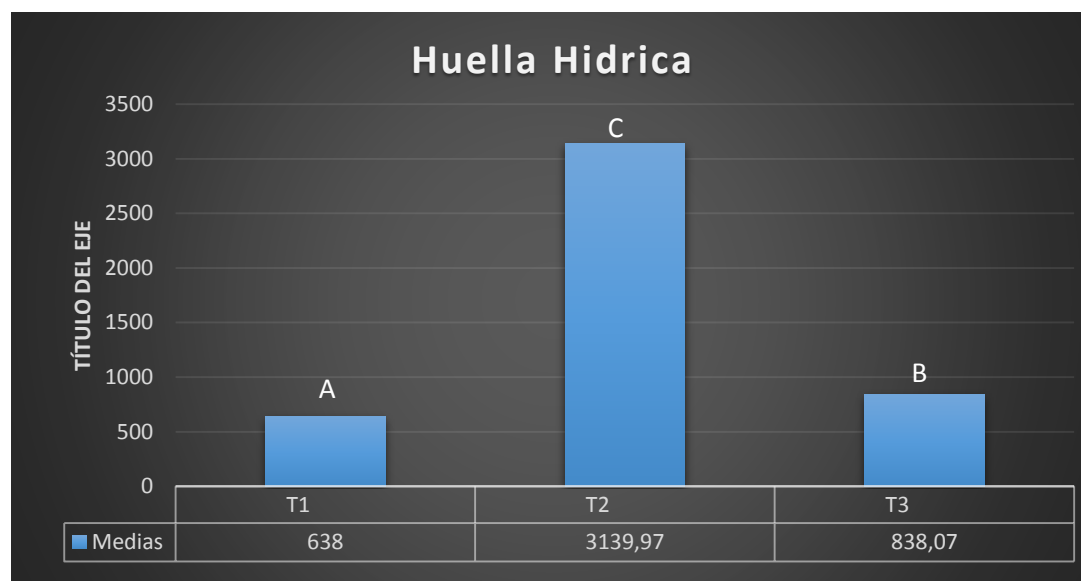


Figura 19. Huella hídrica (m^3/t).

Fuente: Salguero, D. 2018.

Observando la(Figura 19), podemos observar que existe diferencia entre los tratamientos donde el Tratamiento 1 presenta una huella hídrica de $638m^3/t$, el Tratamiento 2 de $3139,97m^3/t$ y el Tratamiento 3 de $838,07m^3/t$. Analizando la cantidad de agua aplicada en los tratamientos para producir una tonelada de maíz se puede observar que el Tratamiento 1 requiere menor cantidad de agua, seguido del Tratamiento 3, mientras que el Tratamiento 2 requiere del 500% más agua que el Tratamiento 1 y del 374% respecto al Tratamiento 3, mientras que en relación al (Tabla 44) al realizar la prueba de Tukey al 5% existe diferencias significativas entre los Tratamientos presentando tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 1, con una media de $638m^3/t$, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 3, con una media de $838,07m^3/t$ y en el rango “C” se ubicó el Tratamiento 2, con una media de $3139,7 m^3/t$.

Dicha diferencia entre los Tratamientos se debe a las distintas laminas aplicadas por ciclo de cultivo, Tratamientos 1 327 mm, el Tratamiento 2 se aplicó una lámina de 1015mm y el

Tratamiento 3 se aplicó 533mm, es importante destacar que a pesar de que los Tratamientos 1 y 3 recibieron menor lamina con respecto al Tratamiento 2, esto no se tradujo en diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento por parte del mencionado Tratamiento (T2), al contrario los Tratamiento que recibieron una menor lamina (T1 y T3) arrojan rendimientos más elevados, por lo que es de mucho interés desde el punto de vista de eficiencia en la aplicación del agua de riego.

Álvarez, A (2016), menciona que para producir 1T de maíz se necesita de 733 a 875 m³ de agua, datos que coinciden con los de esta investigación por los Tratamientos 1 y 3, por lo que podemos afirmar que los lisímetros de drenaje proporcionan información directa y valedera en la determinación de los requerimientos hídricos del cultivo de maíz, así también las formulas empíricas nos proporcionan una estimación confiable ajustadas con datos meteorológicos propios de la zona en estudio.

F. ANALISIS ECONOMICO DE LOS TRATAMIENTOS

1. Beneficio / Costo

Tabla 28. Rentabilidad de los tratamientos

RATAMIENTOS	INGRESO TOTAL	COSTO TOTAL	B/C	RENTABILIDAD (%)
T1	1785,34	1614,80	1,11	11
T2	1483,796296	1821,20	0,81	-19
T3	1753,08642	1676,60	1,05	5

Fuente: Salguero, D. 2018.

En la presente investigación el tratamiento que presenta mayor beneficio neto es T1 con un valor de 1614,80 USD y una relación costo beneficio de 1,11 expresado en términos de rentabilidad de 11%; T2 presenta el menor beneficio neto con un valor de 1821,20 USD y una relación costo beneficio de 0,81 expresado en términos de rentabilidad de -19%.

VI. CONCLUSIONES

- A.** El mejor método para determinar los requerimientos hídricos del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var. INIAP 102. es lisimetría ya que proporciona información directa y confiable del total de agua requerida para la producción, al existir diferencias estadísticas en rendimiento debido a la aplicación de los tratamientos; se determina que el requerimiento hídrico del cultivo es de 327mm, datos obtenido bajo condiciones edafo- climáticas del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

- B.** El ciclo del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var. INIAP 102, bajo las condiciones edafo- climáticas del cantón Riobamba; presenta valores de coeficientes de cultivo Kc ajustado mediante lisimetria de 0,6 - 1,02 - 1,02 y 0,9 para la etapa inicial, etapa de desarrollo, etapa intermedia y etapa final respectivamente.

- C.** El tratamiento que presenta menor huella hídrica es Tratamiento (T1 Lisimetría) con la aplicación de 638l/kg de rendimiento mientras que T2 (evaporación del Tanque evaporímetro tipo A) y T3 (Formulas empíricas FAO) presentan un valor de, 3239,97 l/kg y 838,07l/kg respectivamente.

- D.** Se determinó que con el Tratamiento (T1 Lisimetría), se obtiene mayor relación beneficio/costo de 1,11 con una rentabilidad del 11%.

VII. RECOMENDACIONES

Hacer uso de los resultados obtenidos en esta investigación, utilizando el volumen de agua aplicado en el Tratamiento 1, el cual fue de 327mm.

Validar los resultados del coeficiente de cultivo (Kc) de maíz (*Zea mays*. L.var. INIAP 102.), bajo las condiciones edafo-climáticas del cantón Riobamba, con la finalidad de optimizar el buen uso y aplicación del agua de riego.

En futuras investigaciones clasificar en clases (primera, segunda y tercera) la producción total del cultivo para así poder solventar de mejor manera los resultados.

Realizar estudios en el requerimiento hídrico del cultivo de maíz con diferentes niveles de abatimiento de agua para así ahorrar eficientemente este recurso.

VIII. RESUMEN

La presente investigación propone: evaluar tres métodos para determinar el requerimiento hídrico en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*. L.) var. INIAP 102, mediante la utilización de lisímetros de drenaje, tanque de evaporación tipo A y formulas empíricas FAO en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo; para lo cual se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con tres tratamientos y tres repeticiones; T1 Lisimetría, lamina de riego determinada por un lisímetro de drenaje, aplicado una vez que el lisímetro cese el drenaje; T2 Tanque de evaporación tipo A, lamina aplicadas con un 25% de abatimiento de la humedad aprovechable; T3 Formula empíricas FAO, lamina aplicadas con un 25% de abatimiento de la humedad aprovechable; para dar cumplimiento de las láminas en cada tratamiento se instaló un sistema de riego a goteo. Los resultados mostraron que las láminas de riego afectaron significativamente en el rendimiento, obteniendo el más alto con el T3 (Formulas empíricas FAO) con un volumen aplicado de 533mmobteniendo así un rendimiento de 6420kg/Ha. Las variables evaluadas en el transcurso del ensayo fueron: altura de la planta, diámetro del tallo (50,100 y 150 DDS) y al momento de la cosecha fueron: altura a la formación del choclo, numero de choclos por planta, peso de choclo por planta, rendimiento total, contenido relativo de agua, porcentaje de materia seca, y correlación entre el agua utilizada y el rendimiento (Huella hídrica). Se establecieron cuatro estadios fenológicos desde la siembra hasta la cosecha en choclo. Emergencia (fase inicial), desarrollo de hojas y crecimiento del tallo (fase de desarrollo), floración (fase intermedia), formación de fruto (fase final). Se determinó y se ajustó el Kc para cada una de las etapas fenológicas 0,6; 1,02; 1,02; 0,9; para la etapa inicial desarrollo intermedia y final respectivamente, datos obtenidos por lisimetría.

Palabras clave: REQUERIMIENTO HIDRÍCO - LÁMINAS DE RIEGO - LISÍMETRO DE DRENAJE - HIDROLOGÍA.

Por: Daniel Salguero



IX. ABSTRACT

The present investigation proposes: to evaluate three methods to determine the hydric requirement in the corn crop yield (*Zea mays*. L.) var. INIAP 102, through the use of drainage lysimeters, type A evaporation tank and empirical FAO formulas in Riobamba canton, Chimborazo province; for which a randomized complete block design (RCBD) was used, with three treatments and three repetitions; T1 Lysimetry, irrigation laminates determined by a drainage lysimeter, applied once the lysimeter stops draining; T2 Evaporation tank type A, laminates applied with a 25% abatement of the usable humidity; T3 Empirical formula FAO, laminates applied with a 25% abatement of the usable humidity; to comply with the laminates in each treatment was installed a drip irrigation system. The results showed that the irrigation laminates significantly affected the yield, obtaining the highest with the T3 (Empirical Formulas FAO) with an applied volume of 533 mm obtaining a yield of 6420kg / Ha. The variables evaluated in the course of the trial were: height of the plant, diameter of the stem (50, 100 and 150 DDS) and at the time of harvest were: height to the formation of corn, number of corn per plant, weight of corn per plant, total yield, relative water content, percentage of dry matter, and correlation between water used and yield (Water footprint). Four phenological stages were established from sowing to harvesting in corn. Emergence (initial phase), leaf development and stem growth (development phase), flowering (intermediate stage), fruit formation (final phase). The Kc was determined and adjusted for each of the phenological stages 0.6; 1.02; 1.02; 0.9; for the initial stage intermediate and final development respectively, data obtained by lysimetry.

Keywords: HYDRIC REQUIREMENT - IRRIGATION PLATES - DRAINAGE LYSIMETERS - HYDROLOGY.



X. Bibliografía

- Alisa Alvarez, J. A. (22 de Marzo de 2016). *Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (Zea mays) en provincias del centro y noreste argentino*. Recuperado el 18 de noviembre de 2018. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652016000100012
- Barrera, I. (1950). *Riegos y drenajes*. España: Gulhati .
- Cadena, V. (2014). *Hablemos de riego con los agricultores* . Quito - Ecuador..
- Carrasco, J. (Octubre de 2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de miniriego* . Recuperado el 05 de noviembre de 2018. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-at787s.pdf>
- Cenicaña. (2016). *Importancia del agua en la nutrición de cultivos* . Recuperado el 05 de noviembre de 2018. Obtenido de <http://www.cenicana.org/web/agronomia/item/532-importancia-del-agua-en-la-nutricion-de-los-cultivos>
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (2018). *Etapas fenológicas del maíz*. Recuperado el 03 de noviembre de 2018. Obtenido de <http://maizedoctor.org/es/etapas-de-crecimiento-del-maiz>
- Cortés, H. (04 de septiembre de 2013). *Importancia del agua en las plantas*. Recuperado el 03 de noviembre de 2018. Obtenido de <https://cienciacebas.wordpress.com/2013/09/04/importancia-del-agua-en-las-plantas-i/>
- Della, A., Gardiol, J., & Irigoyen, A. (2000). *Requerimientos hídricos* . Recuperado el 27 de agosto de 2018. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Andrea_Irigoyen3/publication/284329328_Requerimientos_hidricos/links/58a8592e92851cf0e3bf6345/Requerimientos-hidricos.pdf
- Global Leaders in Agriculture, Materials Science and Specialty Products. (2014). *Temperatura del suelo y emergencia del maíz* . Recuperado el 07 de noviembre de 2018. Obtenido de https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/ais2182_2014_SP_Soil_Temp_and_Emergence.pdf
- Enciso, J., Porter, D., & Péries, X. (2005). CIP Sensores de Humedad del Riego para ficienciar el riego. Cooperativa de Texas, 2-6.
- Espinoza, I. (2016). *Desperdicio de hasta un 70% de agua para regar cultivos*. Recuperado el 28 de agosto de 2018. Obtenido de <https://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/642141.desperdicio-de-hasta-70-de-agua-para-regar-cultivos.html>

- Fernández, J. (25 de Junio de 2018). *Sensibilidad del maíz al exeso de agua*. Recuperado el 28 de noviembre de 2018. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/iriego/sensibilidad-maiz-al-exceso-agua>
- Fernandez, A. (2012). *El agua: un recurso esencial*. Recuperado el 16 de noviembre de 2018. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Freal. (2014). *Contenido de agua en el suelo*. Recuperado el 06 de noviembre de 2018. Obtenido de <https://freal.webs.ull.es/BTema13.pdf>
- Fueyo, M. (1998). *Manejo del riego con tensiómetros*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018. Obtenido de <http://www.serida.org/pdfs/270.pdf>
- Garay, O. (2009). Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos. Lima - Perú.
- García, M., Puppo, L., Hayashi, R., & Morales, P. (2012). *Metodología para determinarlos parámetros de un suelo a campo*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2017. Obtenido de: de Grupo del Desarrollo del Riego: <http://www.grupodesarrolloriego.uy/pdf/2-seminario-2012/Metodologia-para-determinar-los-parametros-hidricos-de-un-suelo-a-campo.pdf>
- Hernandez, P. (2015). *Agua en el suelo*. Recuperado el 10 de octubre de 2018. Obtenido de <https://es.slideshare.net/JuanPabloHernandez8/agua-en-el-suelo-60960624>
- Ibañez. (20 de Octubre de 2016). *determinacion de coeficiente de cultivo(Kc) para maiz bajo invernadero en la granja Santa Ines*. Recuperado el 03 de noviembre de 2018. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7644/1/DE00035_TRABAJODETITULACION.pdf
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (Diciembre de 2017). Precipitación. *Boletín agrometeorológico*. Recuperado el 06 de noviembre de 2018. Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_agr_men.pdf
- Infoagro. (2018). *El cultivo de maíz*. Recuperado el 06 de noviembre de 2018. Obtenido de <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2000). *INIAP 102 "blanco blandito mejorado" variedad de maiz blanco harinoso para la provincia de chimborazo*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018. Obtenido de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/INIAP%20102%20Blanco%20Blandito%20Mejorado.%20Variedad%20de%20ma%C3%ADz%20blanco%20harinoso%20para%20la%20provincia%20de%20Chimborazo..pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador. (Julio de 2016). *Guía para facilitar el manejo integrado del cultivo de maíz duro*. Recuperado el 10 de noviembre de

2018. Obtenido de http://sinagap.agricultura.gob.ec/infoproductor/maiz/descargas/buenas_practicas/iniap.pdf
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura.. (2015). *Uso de sensores de humedad para definir el riego*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/uso-de-sensores-de-humedad-para-definir-riego>
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura. (2017). *El riego, la importancia de su programación y los parametros de humedad en el suelo*. Recuperado el 11 de noviembre de 2018. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/El-riego-la-importancia-de-su-programacion-y-los-parametros-de-humedad-en-el-suelo>
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura. (2018). *Los procesos de germinación y emergencia en el cultivo de maíz*. Recuperado el 12 de noviembre de 2018. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/procesos-de-germinacion-y-emergencia-en-el-cultivo-de-maiz>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Climate change (Synthesis report)*. Recuperado el 11 de noviembre de 2018. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Jesus, G., Della, A., & Irigoyen, A. (15 de Junio de 2017). *Curvas de coeficiente de cultivo de maíz, Girasol, Soja*. Recuperado el 28 de octubre. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/283970660_Curvas_de_coeficiente_de_cultivo_de_maiz_girasol_y_soja
- Juárez, P. (2011). *Cambio climático y su efecto en la agricultura del futuro*. Recuperado el 13 de octubre de 2018. Obtenido de <http://www.hortalizas.com/cultivos/cambio-climatico/>
- Laura, F., Graciano, C., Gortari, F., & Guiamet, J. (Diciembre de 2011). *Como afectan los nutrientes en el uso del agua de las plantas*. Recuperado el 09 de noviembre de 2018. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/eoaus/v21n3/v21n3a02.pdf>
- León, J. (2008). *Texto básico de riegos y drenajes*. Riobamba.
- Lucia, T. (2013). *Requerimientos agroclimáticos del cultivo de maíz*. Recuperado el 23 de noviembre de 2018. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf
- Ministerio de Ambiente (2011). *Acciones lideradas por el MAE para contrarrestar el cambio climático en el Ecuador*. Recuperado el 28 de noviembre de 2018. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/acciones-lideradas-por-el-mae-para-contrarrestar-el-cambio-climatico-en-ecuador/>

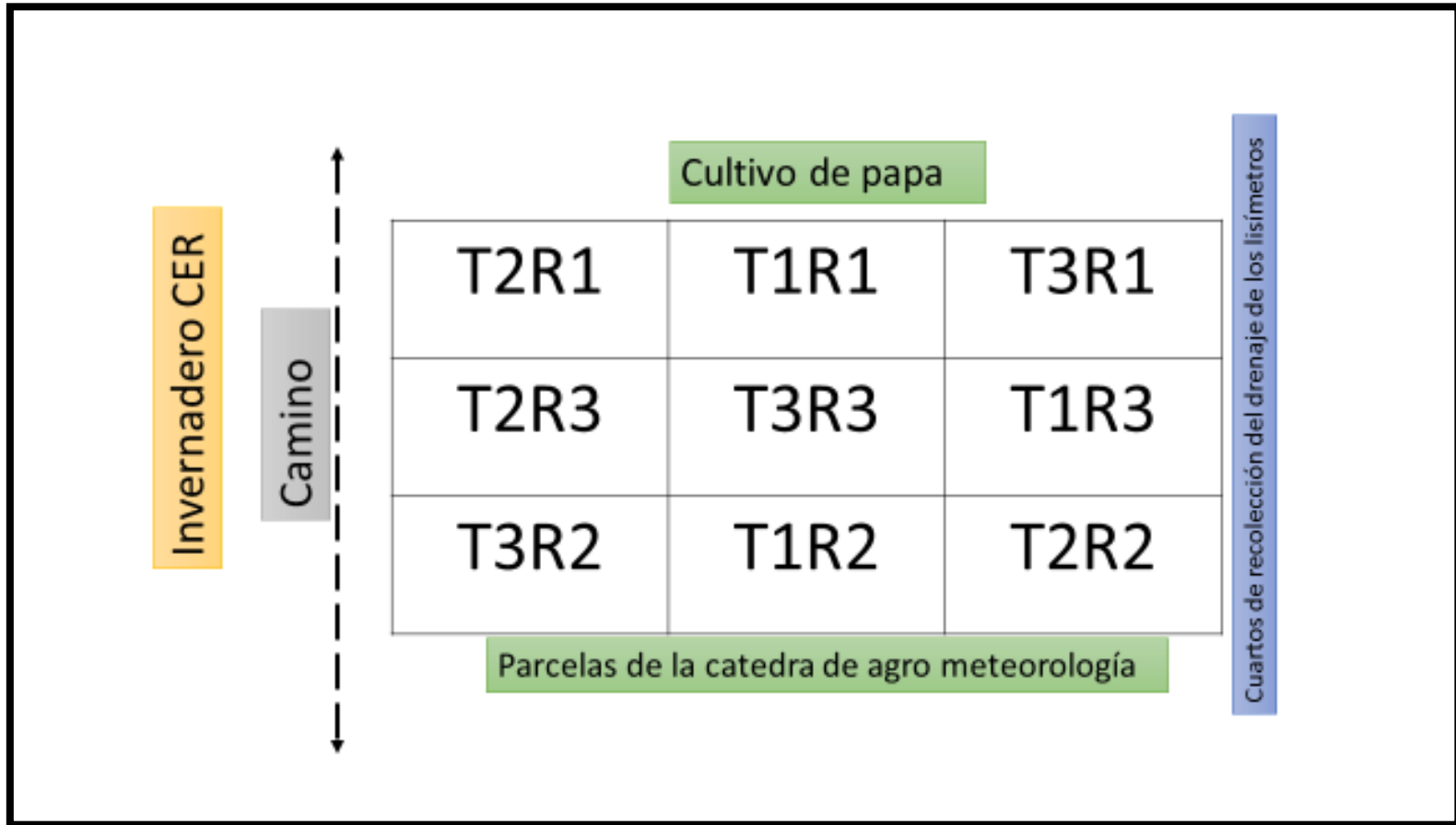
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2011). Historia del riego y drenaje en el Ecuador. *Plan nacional de riego y drenaje*. Recuperado el 22 de noviembre de 2018. Obtenido de <http://rrnn.tungurahua.gob.ec/documentos/ver/518d6325bd92eabc15000002>
- Manuel, B., Valdera , F., Bodas, V., Fuentelsaz, F., & Peiteao, C. (2009). *Manual de buenas prácticas de riego* . Recuperado el 23 de noviembre de 2018. Obtenido de http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_de_riego.pdf
- Marozzi , D., Derbortoli, G., Méndez , M., & Currie, H. (2005). *Determinación de algunos indicadores de rendimiento*. Recuperado el 24 de octubre de 2018. Obtenido de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-036.pdf>
- Mejia, J. (2012). *Hidrología aplicada* . Lima: Q&P Impresores S.R.L.
- Moreno, J., & Pintado, P. (2011). *Guía para la producción de maíz en la sierra sur del Ecuador*. Recuperado el 26 de octubre de 2018. Obtenido de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Gu%C3%ADa%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20ma%C3%ADz%20en%20la%20Sierra%20Sur%20del%20Ecuador..pdf>
- Netafin. (2018). *Mejores prácticas para el maíz*. Recuperado el 28 de octubre de 2018. Obtenido de <http://www.netafim-latinamerica.com/crop/corn/best-practice>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2006). *Maíz (Zea mays)* Recuperado el 29 de noviembre de 2018. Obtenido de https://www.oecd-ilibrary.org/search?value1=zea+mays+&option1=quicksearch&facetOptions=51&facetNames=pub_igoId_facet&operator51=AND&option51=pub_igoId_facet&value51=%27igo%2Foecd%27
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2002). *Agua y cultivos, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura*. Recuperado el 03 de noviembre de 2018. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y3918S/Y3918S00.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Recuperado el 28 de agosto de 2018. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *Informe mundial de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017*. Recuperado el 17 de octubre de 2018. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647S.pdf>

- Oñate, L. (2016). *Duración de las etapas fenológicas*. Recuperado el 17 de octubre de 2018. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18305/1/Tesis-116%20%20Ingeniería%20Agronómica%20-CD%20371.pdf>
- Plaza, F. (2004). *Determinación de los requerimientos hídricos de cuatro pastos mediante el uso de lisímetros*. Recuperado el 28 de septiembre de 2018. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2144/1/CPA-2004-T068.pdf>
- Rivera, L., Goyal, M., & Crespo, M. (2010). *Métodos para medir la humedad de los suelos*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018. Obtenido de <https://es.slideshare.net/suelos09/met-p-medir-humedad-del-suelo>
- Servicio de programación y optimización del uso del agua de riego. (2018). *Boletín coeficiente de cultivo*. Recuperado el 16 de octubre de 2018. Obtenido de http://www.sepor.cl/informacion_boletines/S106_Boletin_Coeficiente_de_cultivo.pdf
- Sifuentes, E., Rojano, A., Iñiguez, M., & Ojeda, W. (Octubre de 2012). *La adaptación de la agricultura de riego ante el cambio climático*. Recuperado el 26 de octubre de 2018. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/233387152_La_adaptacion_de_la_agricultura_de_riego_ante_el_cambio_climatico
- Sipa (2016). *Cifras Agroproductivas Sistema de información pública agropecuaria. Boletín situacional maíz suave choclo*. Recuperado el 16 de octubre de 2018. Obtenido de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-de-cultivo-2016>
- Tosso, J. (1990). *Determinación de evapotranspiración y coeficientes de varios cultivos*. Recuperado el 16 de octubre de 2018. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40500309/TRABAJO_JUAN_TOSSO.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1527561859&Signature=em20vP78f%2Fv3PuyjYA%2Fn2MUIHgY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTRABAJO_JUAN_TOSSO.pdf
- Universidad Andrés Bello. (Marzo de 2017). *El agua: elemento esencial para la vida de todas las especies*. Recuperado el 19 de octubre de 2018. Obtenido de http://www.unab.edu.co/sites/default/files/archivos/publicacion_noticias/%20Di%CC%81a%20Mundial%20del%20agua%2022marzo%202017.pdf
- Valladares, C. (2010). *Taxonomía y botánica de los cultivos de grano*. Recuperado el 20 de octubre de 2018. Obtenido de http://institutorubino.edu.uy/materiales/Federico_Franco/6toBot/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf

- Vasquez, A., Vasquez, I., Vasquez, C., & Cañamero, M. (2017). *Fundamentos de la ingeniería de riego*. Lima: Q&P Impresores S.R.L.
- Veintimilla, L. (2013). *Efectos del fertilizante foliar Sol-u-gro 12-48-8 en*. Recuperado el 19 de octubre de 2018. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/684/6/T-UTB-FACIAG-AGR-000045.pdf>
- Villablanca, A., Cajías, E., & Allende, M. (Mayo de 2015). *Uso e instalación de tensiómetros*. Recuperado el 20 de octubre de 2018. Obtenido de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40242.pdf>
- World Meteorological Organization (2008). *World hydrological cycle observing system*. Recuperado el 18 de octubre de 2018. Obtenido de https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1155_en.pdf
- Zamora, J., & Cristancho, F. (2008). *La humedad en las propiedades físicas del suelo*. Recuperado el 11 de octubre de 2018. Obtenido de <http://gfnun.unal.edu.co/fileadmin/content/gruposdeinvestigacion/fisicanuclear/Tesis/JCZamoraTG08.pdf>
- Zamora, S., Ruiz, F., Beltrán, A., Larios, L., Murillo, B., Ramirez, J., & Diéguez, E. (24 de Agosto de 2010). *Régimen hídrico del maíz en una zona árida, determinado en % de evaporación*. Recuperado el 19 de octubre de 2018. Obtenido de [file:///C:/Users/User/Downloads/739-3988-4-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/739-3988-4-PB%20(1).pdf)
- Zotarelli, L., Dukes, M., & Morgan, K. (2017). *Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar la capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad*. Recuperado el 17 de octubre de 2018. Obtenido de <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FILES/AE/AE49600.pdf>

XI. ANEXOS

Anexo 1. Distribución de los tratamientos en el campo.



Fuente: (Salguero, D. 2018)

Anexo 2. Porcentaje de emergencia.

Tratamiento	Repeticiones	% emergencia	Suma	Promedio
T1	1	80,0	241,0	80,3
	2	81,0		
	3	80,0		
T2	1	90,0	265,0	88,3
	2	87,0		
	3	88,0		
T3	1	81,0	241,0	80,3
	2	76,0		
	3	84,0		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 3. Altura de la planta a 50 DDS

Tratamiento	Repeticiones	Altura	Suma	Promedio
T1	1	18,9	56,7	18,9
	2	19,4		
	3	18,4		
T2	1	21,4	58,0	19,3
	2	17,1		
	3	19,5		
T3	1	18,2	56,7	18,9
	2	18,8		
	3	19,8		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 4. Altura de la planta a 100 DDS

Tratamiento	Repeticiones	Altura	Suma	Promedio
T1	1	110,6	330,1	110,0
	2	115,6		
	3	103,9		
T2	1	127,7	408,7	136,2
	2	144,8		
	3	136,2		
T3	1	124,3	379,6	126,5
	2	128,8		
	3	126,5		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 5. Altura de la planta a 150 DDS

Tratamiento	Repeticiones	Altura	Suma	Promedio
T1	1	155,6	450,8	150,3
	2	148,1		
	3	147,1		
T2	1	184,0	545,6	181,9
	2	177,6		
	3	184,0		
T3	1	175,7	506,8	168,9
	2	173,7		
	3	157,4		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 6. Diámetro del tallo a 50 DDS

Tratamiento	Repeticiones	Diámetro del tallo	Suma	Promedio
T1	1	8,1	24,4	8,1
	2	8,3		
	3	8,0		
T2	1	11,6	33,2	11,1
	2	11,1		
	3	10,6		
T3	1	10,6	29,0	9,7
	2	9,4		
	3	9,0		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 7. Diámetro del tallo a 100 DDS

Tratamiento	Repeticiones	Diámetro del tallo	Suma	Promedio
T1	1	16,1	49,2	16,4
	2	17,7		
	3	15,5		
T2	1	24,3	71,9	24,0
	2	24,5		
	3	23,1		
T3	1	19,9	57,1	19,0
	2	17,9		
	3	19,2		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 8. Diámetro del tallo a 150 DDS

Tratamiento	Repeticiones	Diámetro del tallo	Suma	Promedio
T1	1	16,5	51,3	17,1
	2	17,0		
	3	17,9		
T2	1	24,7	74,1	24,7
	2	25,0		
	3	24,4		
T3	1	19,9	58,8	19,6
	2	19,2		
	3	19,6		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 9. Altura a la formación del choclo.

Tratamiento	Repeticiones	Altura	Suma	Promedio
T1	1	63,7	181,3	60,4
	2	58,9		
	3	58,8		
T2	1	79,8	244,3	81,4
	2	85,5		
	3	79,0		
T3	1	63,6	188,5	62,8
	2	59,9		
	3	65,0		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 10. Numero de choclos/planta.

Tratamiento	Repeticiones	Choclo / planta	Suma	Promedio
T1	1	1,9	6,3	2,1
	2	2,3		
	3	2,1		
T2	1	1,9	5,8	1,9
	2	2,0		
	3	1,9		
T3	1	2,1	6,4	2,1
	2	2,3		
	3	2,0		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 11. Peso de choclo/planta.

Tratamiento	Repeticiones	Peso	Suma	Promedio
T1	1	274,0	822,8	274,3
	2	271,0		
	3	277,8		
T2	1	249,2	724,8	241,6
	2	234,0		
	3	241,6		
T3	1	280,7	879,0	293,0
	2	305,0		
	3	293,3		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 12. Rendimiento.

Tratamiento	Repeticiones	Rendimiento (Kg/Ha)	Suma	Promedio
T1	1	4854,0	15504,0	5168,0
	2	4800,0		
	3	5850,0		
T2	1	3240,0	9720,0	3240,0
	2	3160,0		
	3	3320,0		
T3	1	6010,0	19260,0	6420,0
	2	6850,0		
	3	6400,0		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 13. Contenido de materia seca.

Tratamiento	Repeticiones	Materia seca (%)	Suma	Promedio
T1	1	26,4	49,2	16,4
	2	22,8		
	3			
T2	1	26,6	51,2	17,1
	2	24,6		
	3			
T3	1	24,6	48,0	16,0
	2	23,4		
	3			

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 14. Contenido relativo de agua

Tratamiento	Repeticiones	WRC (%)	Suma	Promedio
T1	1	78,9	238,5	79,5
	2	79,6		
	3	80,0		
T2	1	86,4	263,2	87,7
	2	89,2		
	3	87,6		
T3	1	83,6	249,3	83,1
	2	83,3		
	3	82,4		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018

Anexo 15. Huella hídrica.

Tratamientos	Repeticiones	Huella hídrica	Suma	Promedio
T1	1	673,7	1913,9	638,0
	2	681,3		
	3	559,0		
T2	1	3132,7	9402,0	3134,0
	2	3212,0		
	3	3057,2		
T3	1	892,7	2514,2	838,1
	2	783,2		
	3	838,3		

Fuente: Datos registrados 2018

Elaboración: Salguero, D. 2018