

**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“EFECTO DE CUATRO LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEO SUPERFICIAL Y SUB SUPERFICIAL EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*) EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN – UNASAM, CAÑASBAMBA – YUNGAY, 2017”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTADO POR:**

**ORTIZ CAMONES ELIZABETH DIONICIA**

**ASESOR:**

**Dr. FIDEL APARICIO ROQUE**

**Huaraz, Perú**

**2019**



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.  
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

**1. Datos del Autor:**

Apellidos y Nombres: **Ortiz Camones Elizabeth Dionicia**

Código de alumno: **062.0205.453**

Teléfono: **956328616**

Correo electrónico: **[eliotizcamones@gmail.com](mailto:eliotizcamones@gmail.com)**

DNI o Extranjería: **45620292**

**2. Modalidad de trabajo de investigación:**

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

**3. Título profesional o grado académico:**

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

**4. Título del trabajo de investigación:**

**"EFECTO DE CUATRO LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEO SUPERFICIAL Y SUB SUPERFICIAL EN  
EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*) EN EL CENTRO DE  
INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN – UNASAM, CAÑASBAMBA – YUNGAY, 2017"**

**5. Facultad de: CIENCIAS AGRARIAS**

**6. Escuela, Carrera o Programa: INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**7. Asesor:**

Apellidos y Nombres: **Dr. Aparicio Roque Fidel Gregorio** Teléfono: **945122204**

Correo electrónico: **[fgar\\_58@hotmail.com](mailto:fgar_58@hotmail.com)**

DNI o Extranjería: **31672506**

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 

D.N.I.: **45986200**

09 / 01 / 2020

FECHA:



### ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, nombrados por resolución N° 055-2017-UNASAM-FCA/D, luego de evaluar la tesis denominada: "EFECTO DE LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEO SUPERFICIAL Y SUB SUPERFICIAL EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAIZ MORADO (*Zea mays* L.) EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN - UNASAM, CAÑASBAMBA - YUNGAY, 2017" presentada por la Bachiller en ciencias de la Ingeniería Agrícola ORTIZ CAMONES ELIZABETH DIONICIA, y sustentada el día 06 de Noviembre del 2019, por Resolución Decanatural N°459-2019-UNASAM-FCA/D, la declaramos CONFORME.

Huarez, 06 de Noviembre de 2019

Dr. TEÓFANES MEJÍA ANAYA  
PRESIDENTE

Dr. LUIS ALBERTO ORBELLOSO NAVARRO  
SECRETARIO

Dr. TITO MONER TINOCO MEYHUAY  
VOCAL

Dr. FIDEL GREGORIO APARICIO ROQUE  
PATROCINADOR





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de Tesis presentado por el Bachiller en Ing. agrícola ORTIZ CAMONES ELIZABETH DIONICIA denominado: "EFECTO DE CUATRO LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEO SUPERFICIAL Y SUB SUPERFICIAL EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAIZ MORADO (*Zea mays L.*) EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN - UNASAM, CAÑASBAMBA - YUNGAY, 2017", Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO

CON EL CALIFICATIVO (\*)

QUINCE (15)

En consecuencia, queda en condición de ser calificado APTO por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de INGENIERO AGRÍCOLA de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 06 de Noviembre del 2019

Dr. TEOFANES MEJIA ANAYA  
PRESIDENTE

Dr. LUIS ORBEGOSO NAVARRO  
SECRETARIO

Dr. TITO TINOCO MEYHUAY  
VOCAL

Dr. FIDEL APARICIO ROQUE  
PATROCINADOR

(\*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19 - 20), APROBADO CON DISTINCIÓN (17 - 18), APROBADO (14 -16), DESAPROBADO (00 - 13).

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme dado la vida y sabiduría para ser el pilar de mis seres queridos.

A mis abuelos Dionisia Saldaña Díaz y Diego Camones Villacorta por el cuidado y el amor que me brindaron en cada etapa de mi vida.

A mis padres Soledad Camones Máxima y Walter Falcón Reynalte por la paciencia y las fuerzas que me brindan para alcanzar mis sueños.

A mis hermanos Walter Falcón Camones y Edwin Menacho Camones por estar siempre animándome con sus consejos.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi alma mater Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo que por medio de los catedráticos pude realizarme profesionalmente gracias a la experiencia de cada uno de ellos ampliar mis conocimientos para servir a la sociedad.

El agradecimiento a mi patrocinador de Tesis de pre-grado al Dr. Fidel Aparicio Roque de la misma manera a mi co patrocinado M.Sc. Esteban Pedro Reyes Roque y a los miembros de jurados Dr. Teófanos Mejía Anaya, Mg. Luis Alberto Orbegoso Navarro y Mg. Tito Moner Tinoco Meyhuay, por el apoyo brindado en el desarrollo de la tesis.

Y finalmente a mis amigos Yeni Granados Aguedo, Vanesa Antequera Chinchay, Waldir Chucchu Ramirez, por el apoyo moral y paciencia que me brindaron durante esta etapa de mi carrera.

## LISTA DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Repositorio institucional UNASAM.....	ii
Acta de conformidad de tesis.....	iii
Acta de sustentación de tesis.....	iv
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Lista de contenido.....	viii
Índice general.....	ix
Índice de tabla.....	xiii
Índice de figura.....	xv
Resumen.....	xvi
Abstract.....	xvii

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Objetivos .....	3
1.1.1. Objetivo general .....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1. Características generales del cultivo del maíz morado .....	4
2.1.1. Generalidades .....	4
2.1.2. Taxonomía .....	4
2.1.3. Morfología .....	5
2.1.4. Composición química del maíz morado .....	6
2.1.5. Fases fenológicas del cultivo .....	6
2.1.6. Exigencias climáticas .....	7
2.1.7. Exigencias edafológicas .....	7
2.1.8. Labores culturales.....	8
2.1.9. Manejo fitosanitario del cultivo de maíz morado .....	11
2.2. Relación agua, suelo y planta .....	13
2.1.10. Riego por goteo sub superficial .....	14
2.2.1. Relación agua y suelo .....	15
2.3. Diseño agronómico .....	18
2.3.1. Necesidades netas del agua en el cultivo .....	18



2.3.2. Necesidades netas de agua del cultivo.....	19
2.3.2. Necesidades totales de agua .....	22
2.4. Diseño hidráulico para goteo.....	28
2.4.1. Caudal del emisor .....	28
2.4.2. Tolerancia de caudales.....	29
2.4.3. Tolerancia de presiones .....	30
2.4.4. Perdida de carga admisible .....	30
2.4.5. Dimensionamiento de red principal y secundaria.....	30
2.4.6. Dimensionamiento de portalaterales y laterales .....	31
2.4.7. Altura dinámica total .....	32
2.4.8. Potencia de bombeo.....	32
<b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>34</b>
3.1. Ubicación del campo experimental .....	34
3.1.1. Materiales, herramientas, equipos e insumos .....	34
3.2. Metodología .....	36
3.2.1. Tipo de investigación.....	36
3.2.2. Método de investigación.....	36
3.2.3. Variables.....	36
3.2.4. Identificación del perfil del suelo .....	37
3.2.5. Análisis de suelo .....	37
3.2.6. Análisis de agua.....	38
3.3. Diseño experimental y análisis estadístico .....	39

3.3.1. Diseño experimental .....	39
3.3.2. Modelo aditivo lineal de la investigación.....	40
3.3.3. Análisis estadístico de la investigación de parcelas divididas.....	42
3.4. Procedimiento de campo .....	43
3.4.1. Instalación del sistema de riego.....	43
3.4.2. Preparación de terreno y surcado.....	44
3.4.3. Siembra.....	44
3.4.4. Mantenimiento del sistema de riego .....	46
3.5. Observaciones experimentales .....	47
3.5.1. Rendimiento.....	47
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>48</b>
4.1. Muestreo de suelos .....	48
4.1.1. Perfil del suelo .....	48
4.1.2. Prueba de infiltración.....	49
4.2. Calibración del sistema .....	49
4.3. Cálculo del coeficiente del tanque evaporímetro tipo A (kp) .....	50
4.4. Coeficiente de uniformidad.....	50
4.5. Necesidades hídricas .....	51
4.6. Tiempo de riego .....	52
4.7. Volumen de riego por tratamiento .....	52
4.8. Control de humedad en el suelo por el método gravimétrico .....	56
4.9. Rendimiento .....	58

<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	67
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	68
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	69
<b>VIII.- ANEXOS</b> .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición química del maíz morado.....	6
<b>Tabla 2.</b> Coeficiente del tanque evaporímetro (Kt) para el tanque clase A para diversas localidades y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media del viento y de humedad relativa.....	19
<b>Tabla 3.</b> Valores de eficiencia de aplicación para climas cálidos .....	22
<b>Tabla 4.</b> Valores de eficiencia de aplicación para climas húmedos.....	23
<b>Tabla 5.</b> Valores de coeficientes de uniformidad.....	23
<b>Tabla 6.</b> Valores de M para diseño para hallar pérdida de carga .....	31
<b>Tabla 7.</b> Coeficiente de rugosidad de tuberías .....	31
<b>Tabla 8.</b> Factor corrección de Christiansen.....	33
<b>Tabla 9.</b> Análisis físico – químico.....	37
<b>Tabla 10.</b> Análisis de químico del suelo.....	33
<b>Tabla 11.</b> Análisis de Varianza .....	40
<b>Tabla 12.</b> Tratamiento de las parcelas .....	41
<b>Tabla 13.</b> Tratamiento de sub parcelas.....	41
<b>Tabla 14.</b> Tratamiento de sub parcelas.....	41
<b>Tabla 15.</b> Diseño experimental.....	42
<b>Tabla 16.</b> Parámetros físicos y químicos del perfil del suelo en estudio.....	48
<b>Tabla 17.</b> Presión de trabajo del sistema calibrado .....	49
<b>Tabla 18.</b> Coeficiente de uniformidad determinada al inicio de la investigación riego por goteo superficial .....	50
<b>Tabla 19.</b> Coeficiente de uniformidad determinada al final de la investigación en riego por goteo superficial.....	50

<b>Tabla 20.</b> Coeficiente de uniformidad determinada al inicio de la investigación riego por goteo sub-superficial .....	51
<b>Tabla 21.</b> Evapotranspiración real del cultivo (mm) .....	53
<b>Tabla 22.</b> Necesidades hídricas totales (mm) .....	54
<b>Tabla 23.</b> Tiempo de riego promedio en cada tratamiento.....	55
<b>Tabla 24.</b> Volumen de agua suministrada a cada planta por tratamiento (L) .....	56
<b>Tabla 25.</b> Volumen de agua en la parcela testigo .....	56
<b>Tabla 26.</b> Control de humedad en el suelo .....	57
<b>Tabla 27.</b> Análisis de varianza para el rendimiento por hectárea (Tn/ha) de maíz morado (zea mays L.) con cuatro láminas de riego en dos sistemas de riego superficial y sub superficial conducido en parcelas divididas.....	59
<b>Tabla 28.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para los sistemas de riego superficial y sub superficial en bloques .....	61
<b>Tabla 29.</b> Estadística descriptiva del rendimiento según el tipo de riego.....	61
<b>Tabla 30.</b> Potencia del análisis de varianza para el factor sistema de riego.....	62
<b>Tabla 31.</b> Análisis de varianza (ANOVA) para las láminas de riego en bloques.....	64
<b>Tabla 32.</b> Estadística descriptiva de las láminas de riego .....	64
<b>Tabla 33.</b> Cálculo de la potencia del ANOVA para el factor lámina de riego.....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Variación del factor de corrección por advección .....	21
<b>Figura 2.</b> Ubicación política de la zona de estudio .....	34
<b>Figura 3.</b> Diseño de la sub unidad experimental.....	42
<b>Figura 4.</b> Distribución de las unidades unidades experimentales.....	43
<b>Figura 5.</b> Representación del perfil del suelo.....	48
<b>Figura 6.</b> Grafica de medias del rendimiento de maíz morado (Tn/ha).....	59
<b>Figura 7.</b> Cajas del rendimiento de maíz (Tn/ha ) en función al tipo de riego.....	60
<b>Figura 8.</b> Estimación de la densidad de los residuos del rendimiento de maíz morado.....	60
<b>Figura 9.</b> Rendimiento promedio de maíz (Tn/ha ) en función al tipo de riego, A y B representan grupos homogéneos .....	61
<b>Figura 10.</b> Rendimiento promedio del maíz para diferentes láminas de riego ( L1.L2.L3 ,L4).....	62
<b>Figura 11.</b> Estimación de la densidad de los residuos del rendimiento de maíz morado.....	63
<b>Figura 12.</b> Rendimiento promedio del maíz (Tn/ha ) en función a las láminas de riego, las letras (A,B y C) representan grupos homogéneos.....	65

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad determinar el efecto de cuatro láminas de riego por goteo superficial y sub superficial en el rendimiento del cultivo de maíz morado (zea mays L). La investigación se realizó en el centro de investigación y experimentación (CIE) – Cañasbamba- Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, en un área experimental de 956.1 m<sup>2</sup>. La metodología utilizada fue la aplicación de cuatro láminas de riego que se realizó en base a la calibración local de la bandeja de evaporación, (tanque evaporímetro tipo A) para estimar la ETo y los niveles de coeficientes de cultivo para los diferentes períodos fenológicos del maíz, con el propósito de controlar la humedad en el suelo mediante el método gravimétrico. El modelo estadístico usado fue la de parcelas divididas en bloques completamente al azar, en el cual se evalúa la dosis de lámina de riego que permitió mejorar de manera gradual los rendimientos del maíz obteniéndose el mayor rendimiento de 6.20 t/ha y 6.49 t/ha con el riego sub superficial y la aplicación del tratamiento T4, así mismo el menor rendimiento que se obtuvo fue de 5.34 t/ha y 5.36 t/ha con el riego superficial y la aplicación del tratamiento T1 respectivamente; siendo el tratamiento T4 la más óptima.

**Palabras claves:** láminas de riego, riego por goteo, evaporación, maíz.

## **ABSTRACT**

The purpose of this work is to determine the effect of four superficial and sub-superficial drip irrigation sheets on the yield of the purple corn crop (*zea mays L*). The research was carried out in the research and experimentation center (CIE) - Cañasbamba- National University Santiago Antiquity of Mayolo, in an experimental area of 956.1 m<sup>2</sup>. The methodology used was the application of four irrigation sheets that were made based on the local calibration of the evaporation tray, (type A evaporimeter tank) to estimate the ETo and the levels of crop coefficients for the different phenological periods of corn , with the purpose of controlling the humidity in the soil by the gravimetric method. The statistical model used was that of plots divided into completely randomized blocks, in which the dose of irrigation sheet was evaluated, which allowed gradually improving corn yields, obtaining the highest yield of 6.20 Tn / Ha and 6.49Tn / Ha with the sub-superficial irrigation and the application of the T4 treatment, the lowest yield that was obtained was 5.34 Tn / Ha and 5.36 Tn / Ha with the superficial irrigation and the application of the T1 treatment respectively; the T4 treatment being the most optimal.

Keywords: irrigation sheets, drip irrigation, evaporation, corn.



## I. INTRODUCCIÓN

El *Zea mays* L. variedad morado (maíz morado) es un cereal oriundo del Perú y México, cuyas culturas precolombinas lo consideraron sagrado. Florece, cultivado o en estado silvestre, en diversos lugares de América. El maíz morado se cultivaba en el Perú en épocas prehispánicas y era conocido como oro, sara o kulli sara. El *Zea mays* L. variedad morado, es una variedad genética de maíz peruano; una mazorca (tusa y grano) constituido en un 85% por grano y 15% por coronta (tusa), este fruto contiene el pigmento denominado antocianina, que se encuentra en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano, siendo uno de los principales alimentos en la dieta peruana, utilizado frecuentemente en la preparación de bebidas como la chicha morada y postres como la mazamorra morada. (Guillén et al.,2014).

Las zonas de producción del maíz morado en el país son: Ancash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Ica, Lima, Moquegua y Lambayeque. La producción peruana de maíz morado ha mostrado una recuperación en sus niveles de producción a partir del 2003, creciendo a un ritmo promedio anual de 19,6 % en el año 2006, totalizando 10,6 mil toneladas. En el 2006 las principales regiones productoras fueron Lima (24,2 %), Arequipa (21,8 %) y Cajamarca (20,6 %). (Pinedo,2015).

Se ha determinado que el maíz morado INIA 601 es superior a las demás, pues tiene rendimientos de hasta 5.2 toneladas por hectárea, frente a las 3.5 toneladas de las otras.(INIA,2019).

En el departamento de Ancash, el área sembrada de maíz morado abarca aproximadamente 496 Ha con rendimiento de 5005.3 kg /Ha en la provincia de Huaylas que tiene las áreas de mayor producción y 5 Ha en la provincia de Yungay con rendimiento de 4800 kg/Ha. (DRAA,2017).

Considerando la poca disponibilidad de registros de datos sobre demandas hídricas en el cultivo de maíz morado en la zona del callejón de Huaylas, este trabajo es uno de los pilares sobre el cual se deberá trabajar intensamente en los sistemas de riego prezurizado a fin de que pueda servir para la divulgación tecnológica sobre el uso y manejo del agua para de riego la cual es un reto para futuros trabajos y fuente de consulta para la rama de la Ingeniería agrícola. La ciencia agrícola y mejorando la socioeconómica de la población usuaria la cual se basa en el entendimiento y la aplicabilidad de las interrelaciones entre el agua, suelo,

planta, atmósfera y medio ambiente; de tal manera que al proponer este tipo de trabajo, se cubren todos los espacios mínimos posibles del conocimiento de los sistemas de riego presurizado especialmente del riego por goteo superficial y sub superficial, buscando conocer cuál es el requerimiento hídrico del cultivo de maíz morado, en base a la aplicación de distintas láminas de riego y su influencia en el rendimiento, especialmente a nivel del Callejón de Huaylas.

## **1.1. Objetivos**

### ***1.1.1. Objetivo general***

Determinar el efecto de cuatro láminas de riego por goteo superficial y sub superficial en el rendimiento del cultivo de maíz morado (*zea mays L.*), para estimar su requerimiento hídrico.

### ***1.1.2. Objetivos específicos***

- Determinar las características físicos- químicos del suelo del lugar donde se realizará el proyecto -Cañasbamba
- Evaluar el rendimiento del cultivo de maíz morado bajo las cuatro láminas de riego aplicadas.
- Evaluar el rendimiento máximo de maíz morado para las cuatro láminas aplicadas.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. *Características generales del cultivo del maíz morado*

#### 2.1.1. *Generalidades*

El *Zea mays* L. variedad morado (maíz morado) es un cereal oriundo del Perú y México, cuyas culturas precolombinas lo consideraron sagrado. Florece, cultivado o en estado silvestre, en diversos lugares de América. El maíz morado se cultivaba en el Perú en épocas prehispánicas y era conocido como oro, sara o kulli sara. (Guillén et al., 2014).

En el Perú se han identificado un total de 55 razas de maíz, y que la raza es un agregado de poblaciones de una especie que tienen en común caracteres morfológicos, fisiológicos y usos específicos. Sin embargo, estas características distintivas no son suficientes para constituir una sub-especie diferente. En el Perú existen muchas variedades de maíz morado como: Morado Canteño, Morado Mejorado, Morado Caráz, Arequipeño, Cuzco Morado, Negro Junín y Negro Canaán. Sin embargo, la variedad más comercial es el maíz morado Canteño porque se desarrolla bien entre los 1800 a 2500 msnm. En general la floración ocurre entre los 110 - 125 días, es tolerante a plagas y se adapta por ser nativa a las diferentes zonas. Asimismo, altitudes entre 1000 y 2900 msnm contribuyen a una óptima producción de maíz morado; sin embargo, se puede producir también a 3000 msnm. Las zonas de producción del maíz morado en el país son: Ancash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Ica, Lima, Moquegua y Lambayeque. La producción peruana de maíz morado ha mostrado una recuperación en sus niveles de producción a partir del 2003, creciendo a un ritmo promedio anual de 19,6 % en el año 2006, totalizando 10,6 mil toneladas. En el 2006 las principales regiones productoras fueron Lima (24,2 %), Arequipa (21,8 %) y Cajamarca (20,6 %). (Pinedo, 2015).

#### 2.1.2. *Taxonomía*

(Pinedo, 2015). Menciona la ubicación taxonómica del maíz en general:

**Reino:** Plante

**División:** Magnoliophyta

**Clase** : Liliopsida

**Orden**: Poales

**Familia** : Poaceae

**Tribu**: Andropogoneae

**Género**: Zea

**Especie**: Zea mays L.

**Nombre común**: Maíz morado

### 2.1.3. Morfología

- a) **Raíz**: Las raíces son fasciculadas y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias. La planta presenta un sistema radicular fasciculado y muy extenso compuesto por tres tipos de raíces: raíces primarias emitidos por la semilla y forma parte de las raíces seminales; raíces principales que se forman a partir de la corona y las raíces aéreas o adventicias que nacen en el último lugar de los nudos de la base del tallo (Pinedo,2015).
- b) **Tallo**: El tallo consta de una caña maciza, vertical de altura variable que puede ir de 0,80 a 2,50 m, y en climas tropicales hasta 4,0 m de altura y la cantidad de nudos varía de 8 a 14. A su vez los entrenudos son muy cortos y los nudos se originan de las raíces aéreas y el grosor del tallo disminuye de abajo a arriba, con una sección circular hasta la panícula o inflorescencia masculina que corona la planta (Pinedo,2015).
- c) **Flores**: La inflorescencia masculina es una panícula formada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas. La inflorescencia femenina es una estructura única llamada mazorca. El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. Sólo de algunas yemas que se encuentran en las axilas de las hojas nace la inflorescencia femenina o espiga, conocida como mazorca que incluye el eje central o coronta y donde se insertan las flores que darán origen a los granos (Pinedo,2015).
- d) **Fruto y semilla**: Es cariósida, redondeado, morado situado en hileras a lo largo de toda la mazorca el grano o fruto del maíz es una cariósida. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están

combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endospermo triploide. La parte más externa del endospermo en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona (Pinedo,2015).

- e) Actualmente el maíz morado es usado a nivel casero, como colorante natural y saborizante en bebidas y otros preparados alimenticios como la “mazamorra morada”. Las antocianinas extraídas de maíz morado se utilizan en la elaboración de yogurt. (Uriol,2017).
- f) El consumo de maíz morado está asociado indirectamente con beneficios a la salud, debido a la presencia de compuestos antioxidantes, los cuales retrasan el daño causado por los radicales libres, con actividad anticancerígena, antineurodegenerativa y antiinflamatoria. (Uriol,2017).

#### 2.1.4. Composición química del maíz morado

**Tabla 1.**

Composición química del maíz morado

Componente	Porcentaje	
	grano	coronta
Humedad	11,4	11,2
Proteína	6,7	3,74
Grasa	1,5	0,32
Fibra	1,8	24,01
Cenizas	1,7	3,31
Carbohidratos	76,9	57,42
Total	100	100

*Fuente:* Uriol, 2017.

#### 2.1.5. Fases fenológicas del cultivo

Se inicia con el estado de desarrollo vegetativo, dando inicio el estado VE (emergencia), a los siete días después de la siembra (dds) culminando con la floración masculina (Estado de VT) a los 96 dds. El estado de desarrollo reproductivo se inicia con el R1 (Floración Femenina) a los 102 dds y termina con la madurez fisiológica (R6) a los 179 dds. El peso promedio del grano del maíz morado por planta es 52.7 gramos; porcentaje de emergencia 36,7 por ciento; 141 y 14 7 días a floración masculino y femenino, 5,9 de número de días de intervalo de dehiscencia ASI (Anthesis Silking interval), 711 y 734 de unidades acumuladas de grados de

temperatura sobre la mínima de crecimiento GDU (Growing Degree Units) a floración masculino y femenina; 12,6 hojas, 0,26 de índice de nervadura, hojas erectas, 696,2 mm de longitud de hoja, resistencia media a enfermedades de hoja, aspecto de planta media, 39 mm de longitud de panoja, 155 y 77,9 cm de altura de planta y mazorca, 11,9 por ciento acame de plantas y una mazorca por planta. Asimismo, aseveran que las mazorcas tienen las siguientes características: 22 granos por hilera, 10 hileras por mazorca, 232 granos por mazorca, 38, 41 y 31 mm de diámetro en la base, medio y punta, 121 mm de longitud, 5, 7 por ciento de conicidad y 92 g de peso. (Pinedo,2015).

#### **2.1.6. Exigencias climáticas**

El maíz morado se adapta a diversos climas de la costa y sierra del Perú, por la existencia de diferentes variedades que permiten su gran dispersión. En cualquier ambiente donde se cultive, es favorecido en su desarrollo y rendimiento por climas preferentemente secos, con temperaturas moderadas que corresponden a ambientes de los valles interandinos de las vertientes del Pacífico y del Atlántico desde 600 a 2500 msnm. El maíz morado se adapta a las condiciones de sierra media que comprende las laderas, valles y mesetas localizadas entre los 1,800 a 2,800 msnm, con temperaturas medias anuales de 12° a 20°C y con una precipitación media anual de 500 a 1000 mm. (Pinedo,2015).

#### **2.1.7. Exigencias edafológicas**

El cultivo de maíz en general se desarrolla bajo diferentes condiciones de suelo. Las mayores dificultades de desarrollo del cultivo se encuentran en los suelos excesivamente pesados (arcillosos) y muy sueltos (arenosos). Sin embargo, las mejores condiciones se pueden encontrar en suelos con textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención del agua. El maíz se puede cultivar con buenos resultados en suelos que presenten pH de 5.5 a 8, aunque el óptimo corresponde a una ligera acidez (pH entre 6 y 7), un pH fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. El maíz es medianamente tolerante a los contenidos de sales en el suelo o en las aguas de riego. Las condiciones óptimas para la producción del maíz morado son los suelos profundos con textura franco a franco-arcilloso que retienen humedad. El exceso de humedad limita la acumulación de pigmentos en la mazorca, por ello se desarrolla mejor en suelos con pH entre 5 y 8, con Wia conductividad eléctrica entre 1 y 4 Ds/m. En lo que respecta al uso de fertilizantes en

la mayoría de los casos los productores no realizan análisis de suelos previo a la siembra y lo hacen en forma empírica, por recomendaciones de proveedores comerciales, recomendaciones de sus vecinos, por costumbre de experiencia en años anteriores o por la disponibilidad de sus recursos económicos. (Pinedo,2015).

#### **2.1.8. Labores culturales**

##### ***Preparación de terreno***

Una eficiente preparación del terreno favorece la germinación y el enraizamiento del maíz morado. Para ello se realiza riego, arado del terreno y surcado con una distancia de 80 o 90 cm entre surcos la aradura del terreno es necesaria porque permite suavizar el terreno, aerear, incorporar materia orgánica, controlar insectos en hibernación, exponer estructuras de hongos y bacterias (enfermedades) que se encuentran al interior del suelo. (Pinedo,2015).

##### ***Siembra***

El momento de la siembra va determinado por las condiciones climáticas del año y el ciclo de la variedad. Para favorecer la germinación y emergencia uniforme del maíz morado, la siembra se debe realizar en suelo adecuadamente preparado y con humedad suficiente a una profundidad uniforme no mayor a 10 cm. (Pinedo,2015).

##### ***Fertilización***

Los terrenos destinados al maíz deben ser fértiles y con buen contenido de materia orgánica (más de 2,5 %), no ácido, no muy pendiente y con buen drenaje. El maíz es uno de los pocos cultivos andinos que siempre se fertiliza, generalmente con abundante estiércol (guano) y se añaden fertilizantes como urea y fósforo a niveles muy variables de 80-80-0 y en algunos casos en cantidades mayores, según el tipo de suelo. El sistema radical del maíz en general es capaz de absorber nutrimentos a través de toda la vida de la planta, pero la absorción declina durante el último ciclo que corresponde al llenado del grano y a medida que comienza la senescencia de las hojas inferiores. El crecimiento vegetativo del maíz es muy importante que las plantas encuentren en el suelo cantidades suficientes de fósforo en forma fácilmente asimilable. Las pequeñas raíces todavía no pueden llegar a las reservas de fósforo del suelo y compiten con desventaja con la materia orgánica presente en el suelo en su aprovechamiento. Asimismo, indica que el fósforo es importante en la formación de raíces y en la floración. En el cultivo de maíz



morado la cantidad de nutrientes a utilizar depende de la recomendación del análisis de suelo. De acuerdo a la fertilidad promedio de los suelos de la región se debe incorporar por lo menos 5 t/ha de guano de corral descompuesto o 10 sacos de guano de isla para obtener rendimientos superiores a 5 t/ha. Se recomienda aplicar el nivel 120-90-60 kg/ha de N- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- K<sub>2</sub>O. Las formas iónicas que una raíz de maíz puede absorber son el nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y el amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Como la mayor parte del N del suelo está en forma orgánica es necesaria una actividad microbiológica que lo convierta en amonio o nitrato (Nitrosomas y Nitrobacter) son las bacterias más comunes en esta tarea. (Pinedo, 2015).

### *Riego*

La práctica del riego consiste en aprovechar la capacidad retentiva del suelo para almacenar el agua en la zona radicular y sustituir el agua evapotranspirada por las plantas aplicado en condiciones de campo por un agricultor con mayor o menor dominio del agua. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a emerger se requiere menos cantidad de agua. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda regar de 10 a 15 días antes de la floración. 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 aconseja riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada. El umbral mínimo de precipitación es de 150 mm para la cosecha de granos. El maíz en general necesita por lo menos 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo de cultivo. Sin embargo, aun esa cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no puede ser almacenada en el suelo debido a la poca profundidad de éste o debido a la velocidad de escurrimiento, o si la demanda evaporativa es muy grande por las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa. El riego en el cultivo del maíz morado se realiza cada 10 a 12 días según el clima y tipo de suelo. Es necesario priorizar los riegos durante la floración y panojamiento. Se recomienda usar un volumen de agua de 8 a 10 m<sup>3</sup>/ha. En la zona andina el cultivo del maíz se desarrolla con lluvias temporales, el riego por gravedad es complementario siendo importante para la preparación del suelo, siembra y las primeras etapas del desarrollo de las plantas Para el maíz en general el agua es un factor fundamental para su buen desarrollo vegetativo. Necesita por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo. El maíz es muy sensible también al aniego

o encharcamiento, es decir, a los suelos saturados y sobresaturados. Desde la siembra hasta aproximadamente los 15-20 días, el aniego por más de 24 horas puede dañar el cultivo (especialmente si las temperaturas son altas) porque el meristemo está debajo de la superficie del suelo en esos momentos. el requerimiento hídrico del cultivo del maíz en general durante su ciclo vegetativo está entre 450-750 mm/campaña, requiere una lámina de 600 mm/campaña, y la necesidad promedio de agua de cada planta será de 120 litros/campaña. (Pinedo,2015).

### *Control de malezas*

El cultivo debe mantenerse libre de malezas, especialmente durante los primeros 45 días. Los deshierbes deben ser oportunos para evitar pérdidas por competencia. Para el control químico se recomienda utilizar herbicidas específicos a base de Atrazina. El efecto más perjudicial se produce en los primeros 35 días que siguen a la emergencia del maíz. La labor del aporque en el maíz es un complemento muy eficiente que contribuye al control de malezas. Las malezas que crecen después del aporque no perjudican el rendimiento, pero su peligro se da por ser hospederas de insectos picadores chupadores que transmiten "virus". El control se puede hacer mediante dos procedimientos: labores de cultivo y aplicación de herbicidas. (Pinedo,2015).

### *Desahije*

sirve para determinar la densidad de siembra del cultivo, consiste en extraer las plantas que se consideran en exceso en cada golpe. Se realiza cuando las plantas tengan aproximadamente 0.20 m de altura dejando solamente una o tres plantas de las más vigorosas por golpe. (Pinedo,2015).

### *Aporque*

Se realiza dos aporques oportunos: El primero cuando las plantas tengan alrededor de 30 cm de altura y el segundo cuando las plantas alcancen alturas entre 40 y 50 cm, con la finalidad de darle un buen anclaje a las plantas, lograr una mejor aireación de las raíces y eliminación de malezas. El aporque es importante porque permite incorporar la segunda fertilización del nitrógeno, eliminar malezas, oxigenar el suelo, controlar plagas y lo más importante dar soporte a las plantas para evitar el tumbado provocado por el viento y el propio peso de la planta del maíz. (Pinedo,2015).

### *Cosecha*

la cosecha se realiza cuando las plantas muestren más de 70 por ciento de hojas secas, mejor aún si llega al 100 por ciento. El corte (calcheo) debe realizarse cuando el grano tiene entre 20 a 25 por ciento de humedad o cuando en la base del casquete (nariz) se encuentre una capa marrón o negro. (Pinedo,2015).

### *Secado*

la cosecha es una de las últimas fases del cultivo de maíz y su oportunidad es de suma importancia, permite obtener un producto de alta calidad, así como reducir la pérdida de mazorcas en cosechas tardías. El maíz morado es colocado en eras o tendales para su secado natural por efecto de la radiación solar y el viento. Este es un sistema lento y variable en su duración, ya que depende de las condiciones del medio ambiente. Termina cuando el grano tiene alrededor de 12 por ciento de humedad. En el caso del maíz morado no se desgrana al momento de la cosecha; con el secado terminan todas las operaciones en campo procediendo luego a su secado para el almacenaje y comercialización. Con la finalidad de preservar y mantener la calidad de la pigmentación sobre todo de la tusa, el secado debe ser rápido para evitar el desarrollo de 18 hongos como *Pinicillium spp.* Las mazorcas por la alta humedad que contienen deben ser extendidas en unas capas no mayores a 25 cm y realizar volteo con cierta frecuencia hasta que el grano contenga 14 por ciento de humedad En el maíz morado la mazorca se deja secar hasta llegar al 20 por ciento de contenido de humedad. Un buen secado contribuye a conservar la calidad del pigmento; por tanto, el proceso debe ser rápido, con aire forzado o con energía solar, sin que la luz solar vaya directamente a las mazorcas. (Pinedo,2015).

#### **2.1.9. Manejo fitosanitario del cultivo de maíz morado**

##### *Plagas*

##### *Gusano de alambre (Agriotes spp)*

Son coleópteros que viven en el suelo aparecen en suelos arenosos y ricos en materia orgánica, las hembras realizan puestas de 100 a 250 huevos de color blanquecino y forma esférica, las larvas de los gusanos de alambre son de color dorado y los daños que realizan son al alimentarse de todas las partes vegetales y subterráneas de las plantas jóvenes, ocasionan grave deterioro en la planta e incluso la muerte. (Yanangómez,2018).

##### *Gusanos grises*

Son larvas de lepidópteros pertenecientes al género *Agrotis*. La especie más común es *Agrotis ipsilon*, las larvas son de diferentes colores negro, gris y pasando por los colores verde grisáceo y son de forma cilíndrica. (Yanangómez,2018).

### *Pulgones*

El pulgón más dañino del maíz es *Rhopalosiphum padi*, ya que se alimenta de la savia provocando una disminución del rendimiento final del cultivo y el pulgón verde del maíz *Rhopalosiphum maidis* es transmisor de virus, atacando principalmente al maíz dulce, esta última especie tampoco ocasiona graves daños debido al rápido crecimiento del maíz. (Yanangómez,2018).

### *Enfermedades*

#### Bacteriosis (*Xanthomonas stewartii*)

Ataca al maíz dulce. Los síntomas se manifiestan en las hojas que van desde el verde claro al amarillo pálido, en tallos de plantas jóvenes aparece como una mancha que ocasiona gran deformación en su centro y decoloración, si la enfermedad se intensifica se puede llegar a producir un bajo crecimiento de la planta. (Yanangómez,2018).

#### Pseudomona (*Pseudomonas alboprecipitans*)

Se manifiesta como manchas de color blanco con tonos rojizos en las hojas y podredumbre del tallo. (Yanangómez,2018).

#### Tizón (*Helminthosporium turcicum*)

Afecta a las hojas inferiores del maíz. Las manchas son grandes de 3 a 15 cm y la hoja va tornándose de verde a parda, sus ataques son más intensos en temperaturas de 18 a 25 °C, las hojas caen si el ataque es muy marcado. (Yanangómez,2018).

#### Antracnosis (*Colletotrichum graminocolum*)

Son manchas color marrón-rojizo y se localizan en las hojas, producen arrugamiento del limbo y destrucción de la hoja, como método de lucha está el empleo de la técnica de rotación de cultivos y la siembra de variedades resistentes. (Yanangómez,2018).

#### Roya (*Puccinia sorghi*)

Son pústulas de color marrón que aparecen en el envés y haz de las hojas, llegan a romper la epidermis y contienen unos órganos fructíferos llamados teleosporas. (Yanangómez,2018).

Carbón del maíz (*Ustilago maydis*)

Son agallas en las hojas, mazorcas y tallos. Esta enfermedad se desarrolla a una temperatura de 25 a 33 °C el control se realiza con funguicidas. (Yanangómez,2018).

## ***2.2. Relación agua, suelo y planta***

Todos los procesos fisiológicos de las plantas son afectados directa o indirectamente por la cantidad de agua existente en el suelo. La producción es una función de las actividades fisiológicas de los vegetales y está naturalmente subordinada a factores, que, como el agua, afecta dichas actividades. las necesidades de agua de la planta varían primordialmente con la necesidad de la misma, fertilidad del suelo y características climáticas de la zona (humedad, radiación, temperatura, horas de sol). Así mismo, las plantas precisan grandes cantidades de agua, material alimenticio y de transporte, siendo el agua el disolvente que permite la penetración en ellas de nitrógeno y de las sustancias minerales, existe un déficit riguroso de agua durante el periodo vegetativo, generalmente se retrasa el crecimiento de las plantas y ocasiona un desarrollo no uniforme. El agua puede influir sobre la mayoría de factores que controlan el crecimiento de las plantas (estructura, textura, aireación, salinidad, hábitos de enraizamiento, temperatura, humedad y otros), más que cualquier otro factor. Así mismo influye en todos los factores del suelo, altera el microclima al que está expuesto la planta misma, además de cambios en el balance entre. el crecimiento vegetativo y reproductivo. (Morí, 2015).

### ***Riego por goteo superficial***

El riego por goteo es aquel sistema que para conseguir mantener el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables para la planta, aplica el agua gota a gota de esta forma el agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de toma hasta la misma planta, a la que se aplica por medio de dispositivos que se conocen como gotearos. Sus características principales son:

- El agua se aplica al suelo desde una fuente que puede considerarse puntual, se infiltra en el terreno y se mueve en dirección horizontal y vertical. En esto difiere sustancialmente del riego tradicional, en el que predominan las fuerzas de gravedad y,

por tanto el movimiento vertical. También difiere al movimiento de las sales. (Morí, 2015).

- El mantenimiento de un óptimo de humedad en el suelo implica una baja tensión de agua en el mismo. El nivel de humedad que se mantiene en el suelo es inferior a la capacidad de campo, lo cual es muy difícil conseguir con otros sistemas de riego, pues se tendría que regar diariamente pero se produciría encharcamiento. (Morí, 2015).
- No se moja todo el suelo, sino parte de el mismo, que varía entre las características del suelo, el caudal del gotero y el tiempo de aplicación. en la parte húmeda es donde la planta concentra su desarrollo. (Morí, 2015).

### ***Ventajas***

La posibilidad de automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra. El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.

- Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas. (Centa, 2002).
- Permite la "fertirrigación", es decir el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego. (Centa, 2002).
- Una importante reducción de la evaporación del suelo y de las pérdidas por percolación, lo que trae una reducción significativa de las necesidades netas y brutas de agua. (Centa, 2002).
- Una adaptación más fácil en terrenos rocosos o con fuerte pendientes. (Centa, 2002).

### ***Desventajas***

- El costo es elevado de la instalación. (Centa, 2002).
- La presencia de altas concentraciones de sales alrededor de las zonas regadas, debida a la acumulación preferencial en estas zonas de las sales. El alto riesgo de obturación de los emisores, y el consiguiente efecto sobre la uniformidad del riego. (Centa, 2002).

#### ***2.1.10. Riego por goteo sub superficial***

El riego por goteo sub superficial es una variación del riego por goteo de superficie convencional. Los laterales están enterrados a una profundidad debajo de la superficie

del suelo dependiendo principalmente de las prácticas de labranza y el cultivo a ser regado. (Simon,2018).

### ***Ventajas***

- La eficiencia del uso del agua es alta desde la evaporación del suelo, la escorrentía superficial y la profundidad la percolación se reduce o se elimina en gran medida. (Simon,2018).
- Se mejora la eficiencia en la aplicación de agua porque los fertilizantes y pesticidas pueden ser aplicados con precisión. En cultivos ampliamente espaciados, una pequeña fracción del volumen del suelo puede humedecerse, reduciendo aún más las pérdidas innecesarias de agua de riego. (Simon,2018).
- El tiempo de cosecha puede ser mejorado debido a que el sistema no necesita ser eliminado en la cosecha ni ser reinstalado antes de plantar la segunda cosecha. Por otro lado, los laterales y porta laterales pueden experimentar menos daño, además el potencial de vandalismo también se reduce. (Simon,2018).

### ***Desventajas***

- La inspección de un sub-superficial es muy difícil, debido a que está enterrado.
- La obstrucción de los emisores por las raíces y los sólidos puede causar un bajo rendimiento del sistema. (Simon,2018).
- Un sub-superficial es difícil de reparar y realizar mantenimiento a los laterales enterrados. (Simon,2018).

### ***Avance del agua en el suelo***

El avance del agua en el suelo es el proceso por el cual el agua de riego avanza sobre cada punto del surco, una vez que se inicia la entrada de agua en la unidad. El movimiento horizontal del agua en el suelo depende de los mismos factores que el movimiento vertical, además del caudal a usarse; a mayor caudal será mayor la longitud de avance para un mismo tiempo.(Temoche,2014).

#### ***2.2.1. Relación agua y suelo***

El movimiento del agua en el suelo como un proceso muy complejo, debido a que se realiza en varias direcciones y en estado líquido y gaseoso. Debido a las fuerzas de gravedad, el agua se mueve hacia abajo. Las fuerzas de adhesión y cohesión determinan el movimiento por capilaridad a través de los poros finos. La velocidad con que el agua

se mueve hacia abajo está determinada, principalmente, por el tamaño y la continuidad de los espacios porosos. Para el diseño de un sistema de riego por surcos, se deben estudiar principalmente los movimientos que se producen por infiltración y avance. (Temoche,2014).

### ***Textura***

la propiedad física del suelo derivada del tamaño de sus partículas, es decir, proporciones relativas (expresada en porcentaje) de las fracciones mecánicas que constituyen el suelo y que se encuentran agrupadas, de acuerdo a su tamaño, en arena, limo y arcilla. Sobre esta propiedad se relacionan múltiples características, directa o indirectamente, tales como: capacidad de retención de humedad, porosidad, aeración, compactación, permeabilidad, fertilidad potencial, etc. (Temoche,2014).

### ***Densidad aparente***

Es la relación entre la masa del suelo seco y el volumen total del mismo, incluyendo el espacio poroso. Existen diferentes métodos para su determinación, siendo el más práctico el método del cilindro metálico. (Temoche,2014).

### ***Constantes hídricas***

El concepto de capacidad de campo para designar el contenido hídrico de un suelo después que se haya vuelto muy lento el escurrimiento del agua gravitacional y relativamente estable el contenido. Esta situación se da generalmente entre 1 y 3 días después que el suelo haya sido totalmente mojado por la lluvia o el riego. Es un valor más significativo en suelos de textura gruesa que fina, porque los poros más grandes de los suelos gruesos se vacían pronto y la rápida pérdida de permeabilidad resultante tiende a causar una transición más aguda de suelo mojado a suelo seco que en los suelos de textura fina. La determinación práctica de la capacidad de campo se efectúa midiendo la humedad dos días después del riego, aunque hay suelos que en pocas horas ya han sido totalmente drenados y alcanzan con gran rapidez la capacidad de campo. Un terreno en el cual existe cultivo alcanza más rápidamente la capacidad de campo que un terreno en el cual no existe ningún tipo de raíz. Se considera que una planta está permanentemente marchita cuando situada en una atmósfera saturada, en la cual el consumo de agua sea mínimo o no exista, no se recobra del perjuicio sufrido previamente por la escasez de humedad. El



punto de marchitez no es un valor constante para un suelo dado, sino que varía con el tipo de cultivo y la velocidad con que éste toma el agua del suelo. (Temoche,2014).

### ***Infiltración***

la infiltración como el proceso por el cual el agua pasa a través de la superficie del suelo, representando su facilidad de circulación. Está condicionada fundamentalmente por la textura y la estructura de suelo. Se evalúa por la velocidad de infiltración que es la velocidad de penetración del agua en el perfil del suelo cuando la superficie del terreno se cubre con una lámina de agua. La lámina infiltrada representa la cantidad de agua que ha pasado a través de la superficie en un tiempo determinado. El método de empleo más extendido para la determinación de la velocidad de infiltración y lámina infiltrada es el doble cilindro. Es un método de campo en el que se utilizan dos cilindros de chapa de acero que se introducen en el terreno de la parcela, con ayuda de un martillo, procurando en lo posible no alterar las condiciones naturales del suelo. Los cilindros se instalan verticales y concéntricos. Con el objetivo de simular el proceso de riego se vierte agua tanto en el cilindro interior como en el espacio que queda entre ambos, midiéndose a continuación las alturas de agua infiltradas en el cilindro interno en determinados intervalos de tiempo. El agua entre los cilindros es para tratar de anular la infiltración lateral que pueda presentarse por el agua infiltrada del cilindro interior. Cuando en los cilindros se ha infiltrado una lámina alrededor de 2,5 a 3,0 cm, se procede a llenar nuevamente, procurando alcanzar el nivel inicial. La duración de la prueba no debe ser menor de 2 horas, salvo suelos de textura muy gruesa; en forma general se indica que la duración de la prueba debe ser hasta que la tasa de infiltración sea sensiblemente constante. Una vez realizada la labor de campo se determinan en gabinete los parámetros de la función de velocidad de infiltración y de lámina infiltrada, por el método analítico mediante la técnica de los mínimos cuadrados. (Temoche,2014).

$$L = b * T^m \dots \dots \dots [1]$$

#### **Donde:**

- L : Lamina de agua total infiltrada en el tiempo T.
- T : Tiempo que pertenece el agua sobre el suelo
- b : Constante que nos da una idea del contenido de humedad al iniciarse el proceso.

m : Constante que nos da una idea del ritmo de la infiltracion.

### 2.3. Diseño agronómico

#### 2.3.1. Necesidades netas del agua en el cultivo

##### **Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)**

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ETo. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. (FAO,2006).

$$ETo = Eo * Kt.....[2]$$

$$kt = \frac{ETo}{Eo} .....[3]$$

##### **Donde:**

kt : Coeficiente del tanque, depende del tipo de tanque, clima.

ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/d)

Eo : Evaporación del tanque (mm/d).Representa el valor medio diario del periodo considerado.

##### **Coeficiente de cultivo (Kc)**

El coeficiente de cultivo es un coeficiente adimensional que relaciona la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) y representa la evapotranspiración del cultivo en condiciones óptimas de crecimiento vegetativo y de rendimiento. Los coeficientes de cultivo varían con el desarrollo vegetativo de la planta, clima y sistema de riego. (FAO,2006).

##### **Evapotranspiración del cultivo (ETc)**

La evapotranspiración de baja condiciones estándar se denomina ETc. El rendimiento de un cultivo es máximo cuando la transpiración es máxima y esto ocurre cuando el cultivo se desarrolla en las mejores condiciones posibles. Para determinar la evapotranspiración se utiliza el método de la FAO. (FAO,2006).

$$ETc = ETo * Kc \dots\dots\dots [4]$$

**Donde:**

ETc : Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (mm/d).

ETo : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/d).

Kc : Coeficiente del cultivo.

**Tabla 2.**

*Coeficiente del tanque evaporímetro (kt) para el tanque clase A para diversas localizaciones y ambientes de los tanques y varios valores de velocidad media del viento y de humedad relativa.*

velocidad viento (m/s)	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada				Caso B: Tanque situado en una superficie cultivada			
	Distancia del cultivo a barlovento (m)	HR media			Distancia de barbecho a barlovento (m)	HR media		
		baja < 40	media 40-70	alta > 70		baja < 40	media 40-70	alta > 70
Baja < 2	1	0.55			1	0.7		
	10	0.65	0.65	0.75	10	0.6	0.8	0.85
	100	0.7	0.75	0.85	100	0.55	0.7	0.8
	1000	0.75	0.8	0.85	1000	0.5	0.65	0.75
Moderada 2-5			0.85	0.65			0.6	0.7
	1				1			
	10	0.5	0.6	0.65	10	0.65	0.6	0.8
	100	0.6	0.7	0.75	100	0.55	0.7	0.7
Alta 5-8	1000	0.65	0.75	0.80	1000	0.5	0.75	0.65
		0.7	0.8	0.80		0.45	0.8	0.6
	1				1			
	10	0.45	0.5	0.6	10	0.6	0.5	0.7
Muy alta >8	100	0.55	0.6	0.65	100	0.5	0.6	0.65
	1000	0.6	0.65	0.7	1000	0.45	0.65	0.6
		0.65	0.7	0.75		0.4	0.7	0.55
	1				1			
	10	0.4	0.45	0.5	10	0.5	0.45	0.65
	100	0.45	0.6	0.6	100	0.45	0.6	0.55
	1000	0.5	0.65	0.65	1000	0.4	0.65	0.5
		0.55	0.65	0.66		0.35	0.65	0.45

Fuente: La FAO Riego y Drenaje N°24 pág. 81.

**2.3.2. Necesidades netas de agua del cultivo**

Cuando el agua se aplica solo a una fracción de la superficie del suelo, la evapotranspiración es distinta que cuando el agua se aplica a toda la superficie, por los siguientes motivos:

- La magnitud de la evaporación depende de la superficie de suelo mojado. Por tanto, en riego localizado disminuye el valor de la evaporación. (Salas y Urrestarazu ,2008).

- Cuando la frecuencia de riego es bastante espaciada, la humedad del suelo es escasa en los días anteriores al riego y la planta tiene dificultad en la absorción de agua, lo que se traduce en una menor transpiración. En riegos de alta frecuencia, el suelo mantiene siempre en unos valores de humedad próximos a la capacidad de campo, lo que facilita la absorción de agua y la transpiración, esto supone un mejor aprovechamiento del agua y un mayor rendimiento del cultivo, aunque por este motivo se consume mayor cantidad de agua. (Salas y Urrestarazu ,2008).
- El suelo caliente origina un calentamiento del aire que se asienta sobre él, dando lugar a unos movimientos de advección, mediante los cuales el aire caliente se eleva y calienta las plantas, con el consiguiente aumento de la. Transpiración. En resumen, el efecto de la localización y la alta frecuencia de aplicación suponen, con respecto a otros sistemas de riego, una disminución de la evaporación y un aumento de la transpiración, el balance de necesidades netas será menor en plantaciones jóvenes de marcos grandes de plantación, mientras que no habrá diferencia apreciable en cultivos hortícolas con gran densidad de plantas. En cualquier caso, las necesidades netas se corrigen mediante el siguiente coeficiente corrector. (Salas y Urrestarazu ,2008).

$$N_n = E_{Tc} * K_L * K_{vc} * K_a \dots\dots\dots[5]$$

**Donde:**

$K_L$  : coeficiente corrector por localización

$E_{Tc}$  : evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (mm/d)

$N_n$  : necesidades netas del cultivo (mm/d).

***Coficiente corrector por localización ( $K_L$ )***

La fracción de área sombreada por la planta con relación a la superficie del marco de plantación (o superficie ocupada por cada planta).

$$\text{Fracción de área sombreada (A)} = \frac{\text{área sombreada}}{\text{sub. marco plantación..}} \dots \dots\dots[6]$$

Coinciden en que diversos autores han estudiado la relación entre  $K_L$  y A obteniendo las fórmulas siguientes:

$$\text{Aljiburi} \quad : \quad K_L = 1.34 A$$

*Decroix* :  $KL = 0.1 + A$

*Hoare* :  $KL = A + 0.5 (1 + A)$

*Seller* :  $Kl = A + 0.15(1 - A)$

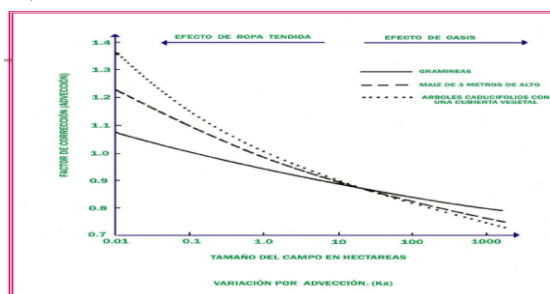
En la práctica se toma como valor de KL la medida de los valores intermedios anteriores, después de eliminar los dos valores extremos. Los valores A aproximados a la unidad se obtienen valores de  $KL > 1$ , pero dada la práctica imposibilidad de conseguir  $A=1$  en la realidad, la aplicación de la fórmula se limita a valores de A inferiores a 0,75-0,80. Asimismo, en el caso de ausencia de cultivo ( $A=0$ ), algunas fórmulas dan valores no nulos de KL, lo que no tiene significado agronómico. (Pardo,2011).

***Coefficiente corrector por variación climática (Kvc)***

Loa valores de Etc corresponden a la media de los valores climáticos de un determinado número de años, lo que implica que las necesidades calculadas son insuficientes en la mitad de ese periodo. Como en riego, localizado se puede aplicar con mucha exactitud la cantidad de agua necesaria, conviene mejorar esas necesidades en un 15-20% por lo que  $Kr=1.15-1.20$ . (Chucya,s,f,)

***Coefficiente corrector por advección (Ka)***

Los efectos del movimiento del aire por adveccion, mencionados anteriormente tienen un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo, ya que este microclima depende además del propio cultivo, de la extensión de la superficie regada y de las características de los terrenos colindantes. En caso de parcelas pequeñas, el microclima del cultivo será muy distinto según este rodeado de una masa verde o de un terreno sin cultivar, lo que origina un aire más caliente en el segundo caso. Por consiguiente, el coeficiente Ka vendrá en función de la naturaleza del cultivo y del tamaño de la superficie regada. no solo la parcela considerada, sino también las que la rodean que también están regadas. (OCWUS,2008)



**Figura 1.** Variación del factor de corrección por advección.

Fuente: OCWUS,2008

### 2.3.2. Necesidades totales de agua

Las pérdidas habidas en los canales y acequias de conducción y distribución del agua hacia la parcela de riego, las pérdidas ocurridas en la propia parcela se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Evaporación del suelo, que ya se tiene en cuenta al evaluar las necesidades de evapotranspiración. (Fuentes, 1998).
- Escorrentía superficial y percolación profunda. (Fuentes, 1998).

#### *Eficiencia de aplicación (Ea)*

la eficiencia de aplicación del agua en un sistema de riego como la proporción entre la cantidad de agua almacenada en la zona del sistema radical (disponible para la planta) y la cantidad de agua aplicada al sistema de riego. (Rodrigo et al, 1992).

**Tabla 3.**

*Valores de eficiencia de aplicación para climas cálidos.*

Profund. de raíces (m)	Textura			
	Muy porosa (grava)	Arenosa	Media	Fina
<0.75	0.85	0.90	0.95	0.95
0.75 – 1.50	0.90	0.90	0.95	1.00
>1.50	0.95	0.95	1.00	1.00

*Fuente:* Helfgott (2017), p. 30

#### *Coefficiente de uniformidad (Cu)*

La uniformidad de riego se refiere al reparto más o menos uniforme del agua infiltrada, y se expresa mediante un valor porcentual. Cuando este valor es 100 significa que en toda la superficie de riego se infiltra la misma cantidad de agua, la falta de uniformidad en la distribución del agua origina un aumento de la cantidad de agua aplicada, con el fin que las plantas que reciban menos cantidad tengan lo suficiente para cubrir sus necesidades, con lo cual habrá otras plantas que reciban con exceso. //

**Tabla 4.***Valores de eficiencia de aplicación para climas húmedos*

Profundad. de raíces (m)	Textura			
	Muy porosa (grava)	Arenosa	Media	Fina
<0.75	0.65	0.75	0.85	0.90
0.75 – 1.50	0.75	0.80	0.90	0.95
>1.50	0.80	0.90	0.95	1.00

*Fuente:* Helfgott (2017).

....

Dentro de la sub unidad se eligen cuatro laterales: el primero, el último y los dos intermedios, situados, respectivamente, a 1/3 del primero y a 1/3 del último. Dentro del lateral se eligen 4 plantas: la primera, la última y las dos intermedias, escogidas con el mismo criterio anterior. Se mide el caudal que reciben las 16 plantas (suministrado por todos los emisores que abastecen a esa planta) y se aplica el CU, que incluye solo factores hidráulicos. (Morí, 2015).

**Tabla 5.***Valores de coeficientes de uniformidad.*

Funcionamiento	CU
Excelente	90-100%
Buena	80-90%
Aceptable	70-80%
Inaceptable	< 70%

*Fuente:* INIA-Chile .

$$Cu = \frac{Q_{25\%}}{Q_{prom}} \dots \dots \dots [7]$$

**Donde:**

$Q_{25\%}$  : caudal medio de los emisores que constituyen el 25% del caudal más bajo.

$Q_{prom}$  : caudal medio de todos los emisores.

**Requerimiento del lavado**

El arrastre de exceso de sales presentes en el suelo se hace aplicando agua extra mediante el riego. La fracción de agua de riego que debe atravesar la zona radical para arrastrar el exceso de sales, es el requerimiento de lavado (RL), cuya cuantía viene en función de la salinidad del agua de riego y de la tolerancia de los cultivos a la salinidad. (Morí, 2015).

El factor de lavado será:

$$FL = 1 - RL \dots \dots \dots [8]$$

**Donde:**

FL: factor de lavado (tanto por uno).

RL: requerimiento de lavado (tanto por uno).

Para evitar la acumulación de sales en la zona radical hasta límites peligrosos es necesario que la cantidad de sales desplazada por la lixiviación sea, al menos, igual a la aportada por el agua de riego. El requerimiento de lixiviación o lavado o fracción de lavado es la fracción de agua de riego que debe atravesar la zona radical para desplazar las sales que se acumulan en dicha zona, expresado en tanto por uno. Así, por ejemplo, un requerimiento de lixiviación de 0.15 significa que el 85% de agua de riego corresponde a la evapotranspiración y el 15% restante, a la lixiviación. El requerimiento de lixiviación depende de la salinidad del agua de riego y de la tolerada por el cultivo. Este requerimiento viene dado por las siguientes expresiones en riegos por goteo y aspersión. (Morí, 2015).

$$LR = \frac{CE_a}{2maxCE_e} \dots \dots \dots [9]$$

**Donde:**

RL : Requerimiento de lavado (tanto por uno).

$CE_a$  : Conductividad eléctrica del agua de riego, expresado en ds/m.

$maxCE_e$  : Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, valor para conseguir el lavado. para lo cual la productividad es del 100% expresado en ds/m.



### ***Lámina de riego (Lr)***

Es la relación que existe entre la cantidad de agua y la unidad de área donde es aplicada y se expresa en unidades de longitud (Morí, 2015).

$$Lr = NT \dots\dots\dots [10]$$

#### **Donde:**

Lr : Lámina de riego (mm).

NT : necesidades totales.

### ***Velocidad de aplicación (Va)***

la velocidad de aplicación de un sistema es la cantidad de agua que descarga un emisor sobre la superficie que teóricamente le corresponde a regar, agua que descarga un emisor sobre la superficie que teóricamente le corresponde a regar suponiendo que esa cantidad se repartirá de modo uniforme (Fuentes, 1998).

$$Va = \frac{q}{s} \dots\dots\dots [11]$$

#### **Donde:**

Va: velocidad de aplicación (mm/h).

q : caudal del emisor (l/h).

s : superficie teórica de riego (m<sup>2</sup>).

### ***Tiempo de riego (Tr)***

define que es el tiempo expresado en hora o minutos, mediante el cual el sistema de riego oferta a través de sus emisores, el volumen por unidad de área requerida para satisfacer las necesidades totales de agua del cultivo (Morí, 2015).

El tiempo de riego será.

$$Tr = \frac{Fr * Nt}{phr} \dots\dots\dots [12]$$

#### **Donde:**

Tr : tiempo de riego (h).

Fr : intervalo de riego (días).

Phr : precipitación horaria del sistema (mm/h).

Nt: Necesidades de riego totales (mm/día).

### ***Agua aprovechable a la profundidad radicular efectiva***

Estado de humedad entre capacidad de campo y punto de marchitez, hasta la cual el cultivo se desarrolla sin presentar estrés hídrico.( helfgott ,2017).

$$LA_Z = \left( \frac{D_a}{D_{a_w}} \right) * (CC - PM) * Z_r * P \dots \dots \dots [13]$$

#### **Donde:**

D<sub>a</sub>: densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>).

D<sub>a<sub>w</sub></sub>: densidad aparente del agua (gr/cm<sup>3</sup>).

CC : contenido de humedad en peso a capacidad de campo (%).

PM: contenido de humedad en peso en punto de marchitez (%).

Z<sub>r</sub>: profundidad radicular efectiva (m).

p : fracción de agotamiento .

LA<sub>Z</sub>: lamina aprovechable a la profundidad radicular efectiva (mm).

### ***Frecuencia de riego***

la frecuencia de riego es el intervalo de tiempo necesario para volver aplicar un riego (Chucya, s.f.).

$$Fr = \frac{\text{dosis de riego}}{\text{lamina de riego}} \dots \dots \dots [14]$$

#### **Donde:**

Dosis de riego: ( lamina aprovechable )\*(% área mojada )

$$\% \text{ área mojada} : \frac{\text{área mojada}}{\text{área total}}$$

### ***Precipitación horaria***

El producto de el número de líneas de riego por la relación entre el caudal del emisor y el producto de la distancia entre líneas y la distancia entre emisores. ( helfgott ,2017).

$$Phr = \left( \frac{qe}{Dl * De} \right) \dots \dots \dots [15]$$

**Donde:**

- Phr: precipitacion horaria (mm/h).
- DI :distancia entre laterales (m).
- De:distancia entre emisores (m).
- qe : caudal nominal del emisor (l/h).

***Caudal del diseño***

El caudal de diseño es el caudal máximo de todos los turnos de riego, el mismo que condiciona el cálculo de las tuberías de conducción principales, del cabezal de control de riego y del equipo de bombeo. el caudal de cada turno de riego es la suma de los caudales de los sectores de riego que conforman cada turno. ( helfgott ,2017).

$$Qd = Qha * A \dots\dots\dots [16]$$

**Donde :**

- Qd : caudal de diseño.
- Qha : caudal por hectarea (m<sup>3</sup>/h/ha).
- A : área (ha).

***Caudal por hectárea***

El caudal de una terreno de una hectárea, el cual resulta del producto de multiplicar la precipitación horaria por 10. se puede confirmar calculando el número de emisores y multiplicándolo por el caudal de emisores.

$$Qha = Phr * 10 \dots\dots\dots [17]$$

**Donde:**

- Qha: caudal por hectare (m<sup>3</sup> /h/ha).
- Phr : Precipitacion horaria (mm/h).

***Turnos de riego***

El número de turnos de riego depende del tiempo de riego de cada turno y del número de horas disponibles durante el día para regar. ( helfgott ,2017).

Ademas presenta la siguiente ecuacion para su calculo:

$$\# \text{ TR} = \frac{\text{TOt}}{\text{Tr}} \dots\dots\dots [18]$$

**Donde:**

TR : número de turnos de riego.

TOt : tiempo de operación diario total disponible (h/día).

Tr : tiempo de riego por turno (h/día).

**Área de la unidad**

El área de la unidad como el área que puede ser atendida por un turno de riego, esta área nos servirá para poder dividir la parcela en un numero de unidades de igual área para que puedan ser regados en un turno de riego. Tambien presenta la ecuacion siguiente para el calculo del area de la unidad. (Chucya s.f.).

$$\text{Área de Unidad} = \frac{\text{Área Total}}{\# \text{ de Turnos o Unidades}} \dots\dots\dots [19]$$

**Donde:**

Área Total : area donde se instalara el sistema de goteo

**2.4. Diseño hidráulico para goteo**

El diseño hidráulico tiene por finalidad el cálculo de las dimensiones de la red de distribución y del optimo trazado de la misma. De forma generalizada, el cálculo de la red de distribución en sistemas de riego a presión, haciendo uso de las fórmulas de Blasius y Hazen-Williams. Los laterales son los que distribuyen el agua al cultivo, las tuberías porta laterales son aquellos de donde derivan los laterales. Tanto en laterales como la porta laterales se da el caso de una conducción con salidas múltiples distribuidas a lo largo de ella, uniformemente espaciadas y por qué las descarga el mismo caudal. (De la Fuente et. al ,2013).

**2.4.1. Caudal del emisor**

un emisor es un mecanismo, tobera o simple orificio por donde el agua fluye desde una

tubería a la atmósfera. La curva característica de un emisor relaciona el caudal aportado por el mismo y la presión del agua existente a la entrada. (De la Fuente et. al ,2013).

viene definida por la ecuación:

$$q = k * H^X \dots\dots\dots [20]$$

**Donde:**

q: caudal del emisor (l/h)

K: coeficiente característico de cada emisor, que equivale al caudal que proporciona una presión de 1 m.c.a.

H: presión de entrada del emisor (m.c.a.)

X: exponente de descarga del emisor

El exponente de descarga del emisor depende del tipo de flujo que se origina en el emisor y del grado de autocompensación del mismo. Su valor varía de 0 a 1.

- Flujo laminar: x = 1
- Emisores de largo recorrido: x = de 0.6 a 1
- Emisores de tipo de orificio y tobera (aspersores): x alrededor de 0.5
- Emisores autocompensantes: x varía de 0.5 a 0

**2.4.2. Tolerancia de caudales**

El coeficiente de uniformidad de Christiansen es la más popular medida de la uniformidad de riego y ampliamente utilizado en riego por aspersión. Sin embargo, para el caso de riego por goteo se utilizan criterios más exigentes, definiéndose el coeficiente de uniformidad de riego con los caudales medios y mínimos de la subunidad. (Palomino,2017).

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a} \dots\dots\dots [21]$$

**Donde:**

q<sub>a</sub> : caudal medio de todos los emisores de la instalación (l/h).

q<sub>25</sub> : caudal medio de emisores que constituyen el 25 por 100 de más bajo caudal (l/h).

El CU se puede utilizar para la evaluación de instalaciones en funcionamiento o para el diseño de nuevas operaciones, pero para diseño se recomienda utilizar:

$$CU = \left(1 - \frac{1.27 CV}{\sqrt{e}}\right) \frac{q_m}{q_a} \dots\dots\dots [22]$$

**Donde:**

CV : Coeficiente de variación de fabricación del emisor

e : Número de emisores por cada planta

q<sub>m</sub> : Caudal mínimo de los emisores considerados en una subunidad (l/h)

q<sub>a</sub> : Caudal medio de los emisores considerados (l/h)

Cuanto mayor es el valor de CU más cara es la instalación de riego, ya que para que haya menor dispersión de caudales, el régimen de presiones debe ser más uniforme, lo que exige más diámetro en las tuberías, laterales más cortos y mayor inversión en reguladores. (Palomino,2017).

**2.4.3. Tolerancia de presiones**

Una subunidad se admite una variación máxima de presión entre los distintos emisores del 20% de la presión media. (Palomino,2017).

**2.4.4. Perdida de carga admisible**

La diferencia de presión admisible en la subunidad entre la terciaria y la lateral es:

$$\Delta H(\text{subunidad}) = M(h_a - h_{ns}) \dots \dots \dots [22]$$

**Donde:**

ΔHs : Diferencia de presión en el conjunto de la subunidad. Valor que debe perderse entre el lateral y la terciaria.

M : Depende del número de diámetros considerados en la terciaria.

h<sub>a</sub> : Presiones medias

h<sub>ns</sub> : Presión mínima

Para los casos de diseño se recomienda perder la mitad en el lateral y el resto en la terciaria. Algunos autores recomiendan perder el 55% en la lateral y el resto en la terciaria, sin embargo, la mitad de la pérdida admisible en el lateral y el resto en la terciaria da buenos resultados. Para M según el diámetro de la tubería, un valor recomendado de 2.5 da resultados satisfactorios. (Palomino,2017).

**2.4.5. Dimensionamiento de red principal y secundaria**

Dimensionamiento de tuberías es importante considerar la pérdida de carga, y está determinada //

**Tabla 6.***Valores de M para diseño para hallar pérdida de carga*

Diámetros	M
constante	4.3
2	2.7
3	2

*Fuente:* Palomino,2017.

por el caudal, el diámetro interno de ésta y por el tipo de flujo que se produce en ellas. Para ello se empleara la formula de Hazen Williams en matrices. (Helfgott, 2017).

$$H_f = 1.131 \times 10^9 \times L \times (Q/C)^{1.852} \times D^{-4.87} \dots\dots\dots [23]$$

**Donde:**

H<sub>f</sub> : Pérdidas de carga por fricción (mca).

L : Longitud (m).

Q : Caudal (m<sup>3</sup>/h).

C : Coeficiente de Rugosidad.

D : Diámetro Interior (mm).

**Tabla 7.***Coeficiente de rugosidad de tuberías.*

Material de tubería	Coeficiente de rugosidad "c"
PVC	150
Politileno	140
Fibrocemento	140
Cemento	128
Acero nuevo	120
Acero usado	110

*Fuente:* Helfgott, 2017, p. 35**2.4.6. Dimensionamiento de portlaterales y laterales**

Pérdida de carga en las tuberías se pueden determinar con la aproximación de Blasius, y solo es valido para diametros menores a 75 mm. (Helfgott ,2017).

$$H_f = 7.75 \times 105 \times L \times Q^{1.75} \times D^{-4.75} \dots \dots \dots [24]$$

**Donde:**

- H<sub>f</sub> : Pérdidas de carga por fricción (mca)
- L : Longitud (m)
- Q : Caudal (L/s)
- D : Diámetro Interior (mm).

**2.4.7. Altura dinámica total**

La altura dinámica total es la energía total necesaria para que funcione el sistema de goteo, y se calcula sumando todas las pérdidas en los diferentes tramos de tuberías, mas los desniveles a favor o en contra y las pérdidas estimadas en el cabezal de riego. (Chucya s.f.).

presenta la la siguiente ecuacion:

$$ATD = H_m + H_f_{\text{ARCO DE RIEGO}} + H_f_{\text{CONDUCCION}} + H_f_{\text{CABEZAL DE RIEGO}} + D \dots \dots [25]$$

**Donde:**

- H<sub>m</sub> : Presión necesaria a la entrada del subunidad (portalateral).
- H<sub>f</sub> ARCO DE RIEGO : Perdidad de carga en arco de riego
- H<sub>f</sub> CONDUCCION : Perdida de carga en la conduccion ( matriz principal y secundaria).
- H<sub>f</sub> CAB. DE RIEGO : Perdidad de carga en el cabezal de riego.
- D : Desnivel topografico.

**2.4.8. Potencia de bombeo**

Se refiera a la pontencia necesaria con la cual se debe bombear el flujo para hacer funsionar todo el sistema presurizado, contrarestando todas las perdidas de carga y generando la presion necesaria en los. ( Helfgott, 2017).

Para el calculo de la potencia de bombeo presenta la siguiente ecuacion:

$$POT = (Q * ADT) / (270 * Ef) \dots \dots \dots [26]$$

**Donde:**



POT : Potencia de bombeo (HP).

Q : Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/h).

ADT : Altura dinámica total (mca).

Ef : Eficiencia Según el caso, puede referirse la eficiencia de la bomba, el motor o ambos.

***Factor de corrección de christiansen***

Para fines de diseño de las tuberías que conforman las líneas laterales y terciarias, se hace introducir el factor, Fe, de ajuste para compensar la disminución de la pérdida de carga unitaria a lo largo de la tubería por la reducción del gasto en los tramos sucesivos a causa de las salidas múltiples. El valor de F viene dado por la fórmula de Christiansen desarrollado en 1942.( Meza ,2014).

$$H_f = F \times 7.75 \times 105 \times L \times Q^{1.75} \times D^{-4.75}$$

$$H_f = F \times 1.131 \times 109 \times L \times (Q/C)^{1.852} \times D^{-4.87} \dots\dots\dots [27]$$

**Tabla 8.**

*Factor de corrección de Christiansen.*

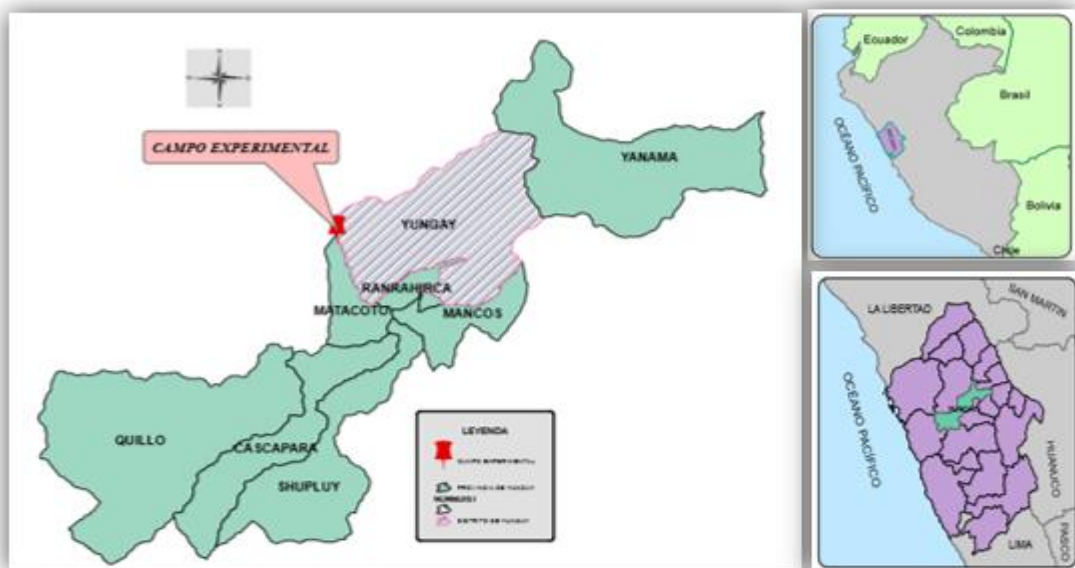
Número de salidas (n)	Factor de corrección F (n)
1	1.000
2	0.639
3	0.534
4	0.485
5	0.457
6	0.438
7	0.425
8	0.416
9	0.408
10	0.402
11	0.397
12	0.393
13	0.390
14	0.387
15	0.385
16	0.382
17	0.381
18 y más	0.379

Elaboración propia.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación del campo experimental

El trabajo se realizó en el sector de Cañasbamba, distrito de Yungay provincia de Yungay, de la región Ancash, localizados con las coordenadas geográficas: latitud 09° 05' 50,76'' S., longitud 77°46'20.17'' O., altitud 2300.m.s.n.m con clima templado y temperaturas medias anuales de alrededor de 15 a 20 °C y precipitaciones medias entre 250 a 650 mm anuales, el suelo es de textura franco arenosa, moderadamente ácido, medianamente rico en materia orgánica y nitrógeno, rico en fósforo y pobre en potasio, no presenta problemas de salinidad y la distribución de la vegetación predominante es herbácea, arbustiva y arbórea.



**Figura 2.** Ubicación política de la zona de estudio.

Elaboración propia

#### 3.1.1. Materiales, herramientas, equipos e insumos

##### a) Material de campo

Tractor y herramientas de preparación de terreno

2 cilindros infiltró metros

1 bomba de agua de 3.4 HP.

1 válvula PVC de aire de 1''.

1 válvula check con canastilla PVC de 1 ½''.

1 TEE PVC de 1 ½".  
2 reducciones PVC de 2" - 1 ½".  
3 filtros de anillas 130 Mesh.  
1 tubería PVC de 1 ½".  
1 reducción PVC de 1 ½" - 1".  
1 manómetro de 6 bares.  
20 tubos PVC de 1".  
8 TEE PVC de 1".  
8 Adaptadores PVC de 1".  
8 válvulas de PVC tipo bola de 1".  
8 uniones PE rosca macho de 32 mm.  
8 TEE PE de rosca hembra de 32 mm.  
30 m de manguera PE de 32 mm.  
24 conectores iniciales PE de 16 mm.  
1000 m de manguera PE de 16 mm.  
1500 goteros autocompensantes de 4lt/h.  
1 manómetro de mano de 2.5 bares.  
1 tanque evaporímetro clase A.  
Letrero de identificación.  
5 probeta de 100 ml.  
6 docenas de recipiente de plástico.  
1 cilindro infiltrómetro

***b) Herramienta***

palana  
pico  
cordel  
wincha de 50 metros  
hoja sierra

***c) Equipos***

Balanza  
Estufa para el secado de muestras  
Equipo de fumigación

laptop.  
cámara fotográfica.  
Aforador parsall

*d) Material experimental e insumos*

3 kg semilla de maíz morado variedad Caraz

18 kg de guano de isla.

6 kg de nitrato

6 kg de potasio

6 kg de amonio

### **3.2. Metodología**

#### **3.2.1. Tipo de investigación**

- Según el propósito es aplicada de nivel explicativo.

Se aplica los conocimientos existentes y explica por qué del efecto en el rendimiento de cultivo de maíz morado bajo sistemas de riego por goteo superficial y sub superficial o subterráneo.

- Según la captación de información es prospectivo.

Porque los datos fueron tomados en campo experimentalmente y en tiempo real.

- Según la población de estudio es de corte longitudinal.

La recolección de datos será para cada unidad experimental ya que existen 24 sub parcelas, considerando que cada una de ellas representa una población experimental.

#### **3.2.2. Método de investigación**

- Experimental, cuantitativo, probabilístico intencionado.

- Se manipularán las variables independientes (laminas y sistemas de riegos); es cuantitativo por que se captan datos numéricos; es probabilístico porque el lugar de la investigación fue elegido por la investigadora debido a que se presentan las condiciones climáticas y de suelo adecuadas al cultivo de Maíz Morado.

#### **3.2.3. Variables**

### 3.2.3.1 Variable independiente

- Lámina de riego
- Sistema de riego

### 3.2.3.2 Variable dependiente

- Rendimiento tn/ha

### 3.2.4. Identificación del perfil del suelo

Para determinar las características del suelo es importante el perfil del suelo para ello se realizó una calicata en el terreno experimental con la finalidad identificar los horizontes formativos del suelo mediante el pedón sustraído, las dimensiones fueron de:

ancho: 1.00 m.

largo: 1.00 m.

profundidad máxima: 1.00 m.

### 3.2.5. Análisis de suelo

En la fase preliminar se tomó la muestra para determinar las características físicas y químicas anexo 1 las cuales se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Anexo 1

**Tabla 9.**

#### *Análisis físico - químico del suelo*

Determinación	valor	unidad
Parámetros físicos		
<b>Muestra AP</b>		
Arena	61	%
Lima	26	%
Arcilla	13	%
Clase textural	Franco arenoso	
pH	6.45	
M.O	2.216	%
Nt	0.111	%
P	17	ppm
K	90	ppm
C.E	0.107	ds/m
<b>Muestra A-1</b>		
Arena	61	%
Lima	30	%

Arcilla	9	%
Clase textural	Franco arenoso	
pH	7.79	
M.O	1.845	%
Nt	0.092	%
P	24	ppm
K	68	ppm
C.E	0.515	ds/m
<b>Muestra A2-C-60 +</b>		
Arena	67	%
Lima	24	%
Arcilla	9	%
Clase textural	Franco arenoso	
pH	7.17	
M.O	1.678	%
Nt	0.084	%
P	20	ppm
K	70	ppm
C.E	1.176	ds/m

Elaboración propia

### *Muestra AP*

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción ligeramente acida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad.

### *Muestra A-1*

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción ligeramente alcalina, pobre en materia orgánico y en nitrógeno, medianamente rica en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad.

### *Muestra A2-C-60+*

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción neutra, pobre en materia orgánico y en nitrógeno, medianamente rica en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad.

### **3.2.6. Análisis de agua**

En el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo se efectuó el análisis químico del agua de riego.

**Tabla 10.***Análisis químico de agua de riego*

Determinación	valor	unidad
Tipo		Riego
C.E	0.32	ds/m
pH	6.69	
Calcio	1.64	me/l
Magnesio	0.28	me/l
Potasio	0.09	me/l
Sodio	0.03	me/l
<b>suma de cationes</b>		
Nitratos	ND	me/l
Carbonatos	0	me/l
Bicarbonatos	0	me/l
Sulfatos	0.14	me/l
Cloruros		me/l
<b>suma de Aniones</b>		
sodio	1.47	%
RAS	0.01	
Boro	N.D	ppm
Clasificación	C2 S1	

Elaboración propia

La finalidad del análisis fue determinar la calidad de la misma y observar posibles restricciones con respecto al cultivo. Se observa que las plantas sensibles pueden mostrar estrés a sales; moderado lixiviación previene la acumulación de sales en el suelo con un valor de 0,32ds/m y 0,01 de RAS el cual se clasifica en S1 puede usar para el riego de casi todos los suelos, sin peligro de destrucción de la estructura. Anexo 1

**3.3. Diseño experimental y análisis estadístico****3.3.1. Diseño experimental**

Se empleó el diseño de parcelas divididas, los niveles de láminas fueron asignados aleatoriamente a nivel de parcelas y los sistemas de riego se asignarán aleatoriamente a nivel de sub parcelas. La diferencia de medias se estableció a través de la aplicación de la prueba de Duncan, siendo esta del mismo modo que el análisis de variancia. El experimento fue conducido bajo el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial de dos tipos de riego por goteo (R-S y R-SUB-S) y cuatro láminas de riego (L1, L2, L3 y L4), además se tomó un campo como testigo en la cual se adoptó las mismas condiciones de siembra y manejo del maíz morado que se realiza en el CIE. La combinación de los niveles generó veinticuatro parcelas con tres bloques. Para la

comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey, al 0,05 de probabilidad y desarrollados para las características de rendimiento del peso de la mazorca y grano.

### 3.3.2. Modelo aditivo lineal de la investigación

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + S_i + R_k + \epsilon_{ij} + L_j + SL_{ij} + \epsilon_{ijk} \dots\dots\dots [28]$$

**Donde:**

i: 1,2,.....,S (sistema de riego)

j:1,2,.....,L(lámina de riego)

k:1,2,.....,K (repetición)

$\hat{Y}_{ijk}$  : es el rendimiento obtenido con el i-ésimo densidad j-ésimo lámina de riego, en el K-ésimo bloque.

$\mu$  : es el efecto medio verdadero.

$S_i$  : es el efecto de la i-ésimo sistema de riego.

$L_j$  : es el efecto del J-ésimo lámina de riego.

$(\epsilon)_{ik}$  : es el efecto del ik-ésimo error experimental de las. Parcelas grandes.

$R_k$  : es el efecto del k-ésimo bloque.

$(DL)_{ij}$  : es el efecto de la interacción del i-ésimo sistema de riego, j-ésimo lámina de riego.

$\epsilon_{ijk}$  : es el efecto del error experimental en las sub parcelas.

### *Análisis de varianza para parcelas divididas*

**Tabla 11.**

#### *Análisis de Varianza*

FV	GL	SC	CM	Fe
Bloques	r-1	SCB	CMB	.....
Factor A	p-1	SC(A)	CM(A)	CM(A)/CM( $\epsilon$ )
Error (a)	(r-1)(p-1)	SC( $\epsilon$ )	CM( $\epsilon$ )	.....
Sub total	pr-1	SC(ST)	.....	.....
Factor B	q-1	SC(B)	CM(B)	CM(B)/CM( $\epsilon$ )
interacción AB	(p-1)(q-1)	SC(AB)	CM(AB)	CM(AB)/CM( $\epsilon$ )
Error (b)	p(r-1)(q-1)	SC( $\epsilon$ )	CM( $\epsilon$ )	.....
Total	pqr-1	SCT	.....	.....

*Fuente:* Fernando (2008). Manual de diseños experimentales; pag.176.



### *Tratamientos*

Se utilizó en el experimento el sistema de riego por goteo superficial y sub-superficial a nivel de parcelas.

**Tabla 12.**

#### *Tratamiento de las parcelas*

clave	Riego por goteo
R-S	Superficial
R-SUB-S	Sub-superficial

Elaboración propia

Las láminas de riego fueron empleadas como tratamientos en las sub- parcelas

**Tabla 13.**

#### *Tratamientos de las sub parcelas*

clave	Lámina de riego
T1	ETC
T2	ETC*0.80
T3	ETC*0.90
T4	ETC*1.10

Elaboración propia.

### *Armonización*

**Tabla 14.**

#### *Armonización de los tratamientos por bloques*

Método de riego	Láminas			
	L1	L2	L3	L4
R-S	L 1 R-S	L2 R-S	L2 S1	L 4 S1
R-SUB-S	L1 R-SUB-S	L2RSUB-S	L3RSUB-S	L4R-SUB-S

Elaboración propia.

### *Población*

Comprende 336 plantas de toda la parcela experimental donde se evaluarán las cuatro láminas de riego superficial y sub-superficial.

*Muestra*

Comprende 96 plantas de cada sub parcela experimental de cada tratamiento para evaluar las cuatro láminas de riego superficial y sub-superficial. Área total 19.20 m<sup>2</sup>.

**3.3.3. Análisis estadístico de la investigación de parcelas divididas**

**Tabla 15.**

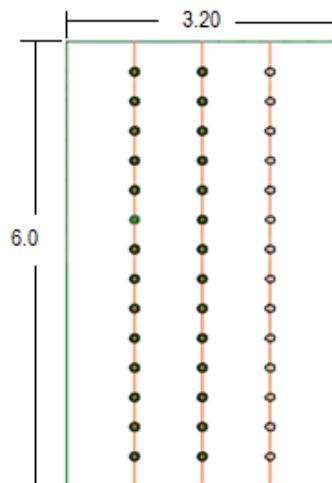
*Diseño del campo experimental.*

Características de las unidades experimentales	
Bloques	3
Tratamiento parcelas	2
Tratamiento Sub-parcelas	4
Repeticiones	8
Distancia entre surco	0.60 m
Distancia entre plantas	0.40 m
Longitud del surco	6m
Área neta total	568.8m <sup>2</sup>
Área total	951.6m <sup>2</sup>
Número de bloques	3
Ancho de las calles	1m

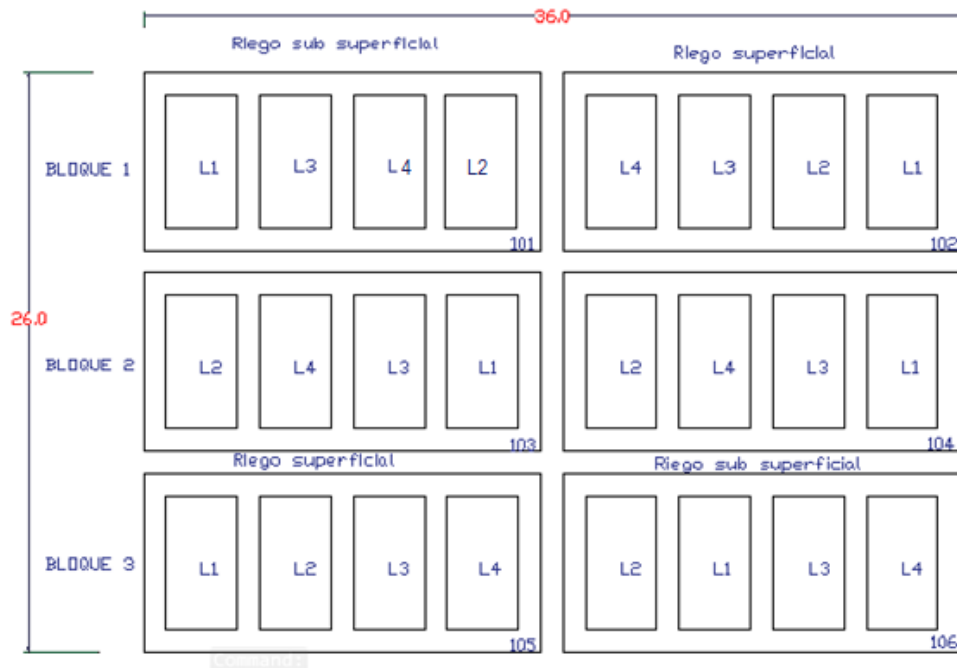
características de las sub- parcelas	
largo de la unidad experimental	6.00 m
ancho de la unidad experimental	3.20 m
N° surcos unidad experimental	4
Área neta de la unidad experimental	19.20m <sup>2</sup>
N° de unidades experimentales	24

Elaboración propia.



**Figura 3.** Diseño de la sub unidad experimental

Elaboración propia.



**Figura 4.** Distribución de las unidades experimentales

Elaboración propia.

En área total de 951.6 m<sup>2</sup> se diseñó tres bloques separados por calles de 1,00 m de ancho. En cada bloque se marcó ocho parcelas de 6,0 m de largo por 3.2 m de ancho. Cada parcela está formada por 4 surcos con un distanciamiento de 0,60 m entre surcos y 0,40 m entre golpes. El área de cada parcela fue de 20,48 m<sup>2</sup>. En total se obtuvo 15 golpes por surco haciendo un total de 60 golpes por parcela. En la siembra se colocaron 4 semillas por golpe luego se realizó el desahije. La parte estadística se elaboró teniendo en cuenta la prueba de Duncan, al 0,05 de probabilidad y desarrollados para las características de rendimiento de la producción de número de mazorcas /planta. El cultivo de maíz fue de la variedad Caraz y la cantidad de semillas fue 3 kg.

### **3.4. Procedimiento de campo**

#### **3.4.1. Instalación del sistema de riego**

##### *Cabezal de riego*

compuesta por una bomba de 3.4 Hp, una canastilla de succión de 1'', la válvula de aire de 1'', 3 filtros de 2'', válvulas de control de 1'', manómetros y tablero de control.

##### *Matriz*

compuesta por tuberías PVC de 1'', 20 unidades, enterradas a una profundidad de 15 cm aproximadamente. En cada ingreso a la sub-parcela se colocó una tee PVC de 1'' en la matriz principal, se conectó una llave de control para cada unidad experimental.

### *Porta laterales y laterales*

Se realizó la instalación de 8 TEE PVC en la matriz principal, luego de este accesorio se conectó a una llave de control de la unidad experimental. Posteriormente la llave se conectó a la porta laterales de manguera de polietileno (PE) de 32 mm mediante una TEE de polietileno rosca hembra de 32 mm; los laterales de manguera polietileno de 16 mm se colocaron a lo largo de cada unidad experimental para riego por goteo superficial y para el riego sub-superficial se realizó una excavación de 15 cm de profundidad implementando los goteros autocompensantes de 4 lt/ha a cada 0.40 m de distancia entre ellos, luego se procedió al tapado de dicho sistema de riego. Anexo 9

### **3.4.2. Preparación de terreno y surcado**

La preparación de terreno se realizó con maquinaria agrícola (tractor) facilitada por el Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba, donde Primero se pasó un arado de discos con la finalidad de airear el suelo y roturar para el buen desarrollo del cultivo, seguido se aplicó un riego para que el terreno este a capacidad de campo. Para tener un terreno desmenuzado se realizó tres pases de la rastra de esa manera el terreno quedo en buenas condiciones para la siembra.

### *Prueba de infiltración*

Se determinó con dos cilindros metálicos graduado por una cinta métrica de ese modo se determinó el tiempo que demora el agua en introducirse en la superficie del suelo. Esta prueba nos ayuda a determinar si existió encharcamiento en el suelo.

### *Surcado*

Se realizó con la ayuda de una surcadora facilitada por el Centro de Investigación y Experimentación Cañasbamba. A distancia de 0.60 entre surcos.

### *Demarcación y estacado del terreno*

Esta labor se realizó el 9 y 10 de setiembre del 2017, manualmente con la ayuda de una wincha de 50 metros, cordel y yeso para marcar cada unidad experimental de ancho 3.2 m de largo 6 m y las calles de 1m una vez establecida la demarcación se procedió al marcado de la distancia entre plantas que fue de 0.40m.

### **3.4.3. Siembra**

La siembra se efectuó el 11 de setiembre del 2017 siendo la mejor época de siembra en la zona sierra de Ancash para ello se utilizó semilla de variedad Caraz, el cual se tamizó

previamente con la finalidad de obtener los granos de mayor tamaño, ya que estos tienen mayor cantidad de reservas para la germinación y emergencia de las plántulas, luego se desinfectó la semilla con la finalidad de eliminar cualquier agente patógeno. Se realizó un riego previo a la siembra con el objetivo de humedecer bien el terreno para facilitar la siembra y brindar mejores condiciones para la germinación de las semillas.

Para realizar la siembra se tuvo en cuenta que el suelo esté ligeramente húmedo, y con la ayuda de lampas rectas se logró realizar el depósito de cuatro semillas por golpe, a una profundidad aproximada de 5 cm con un distanciamiento de 0.60 m entre surcos y 0.40 m entre golpes.

### *Desahije*

Se realizó el 28 de setiembre del 2017 cuando las plantas tenían entre 60 y 70 cm. de altura, dejando en cada golpe tres plantas (las más vigorosas)

### *Abonamiento*

Se realizó el 29 de setiembre del 2017 en el cual se aplicó el guano de isla, la fuente de nitrógeno, fósforo y potasio fraccionado en tres partes, la primera aplicación fue cuando el cultivo presento de cuatro a cinco con una altura de 10 a 15 cm y la segunda fracción en el aporque; el porcentaje de fertilizante fue: urea (46% de K<sub>2</sub>O), fosfato diamónico (18% de N y 46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y cloruro de Potasio (60% de K<sub>2</sub>O).

### *Riego*

Se calculó las necesidades de agua del cultivo de maíz haciendo uso del tanque evaporímetro tipo A y del coeficiente del cultivo del maíz (Kc), para determinar la evaporación del tanque se tuvo que medir la altura de la superficie del agua dos veces por día a las 7:00 am y 6pm. se realizaron riegos uniformes por 3 días para asegurar la germinación y crecimiento del cultivo, y del día 31 al día 53 se realizaron riegos uniformes por goteo tanto como frecuencia y tiempo de riego, de 25 min cada 3 días y 35 min cada 4 días en promedio, estas últimas aplicaciones con el fin de adecuar al cultivo a riego por goteo. Para la aplicación de los riegos se determinó, el volumen de agua a aplicar y el tiempo de riego, dichos cálculos y resultados puede observar anexo 6

Para medir el grado de humedad en el suelo, antes y después de cada riego, se utilizó el método gravimétrico.

### *Deshierbo*

Esta labor se realizó oportunamente de acuerdo al desarrollo del cultivo para evitar la competencia de las malezas en la absorción de fertilizantes, y otros factores asociados al rendimiento.

#### *Control de plagas*

Se realizó en el momento oportuno y de acuerdo a las evaluaciones técnicas en campo. Se utilizó los insecticidas Furadan 48 FW a una dosis de 0.5 lt/ha mezclada con Cyperklyn 25 EC a una dosis de 250 ml/Ha para controlar el cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) y gusano mazorquero (*Helycoverpa zea*).

#### *Cosecha*

La cosecha se realizó el 17 de febrero del 2018 en una sola etapa considerando la madurez de cosecha. Esta labor se hizo en forma manual cosechando las mazorcas de 10 golpes centrales de cada tratamiento.

### **3.4.4. Mantenimiento del sistema de riego**

#### *Calibración del sistema*

Se realizó la medición de volúmenes de caudales a diferentes presiones en un tiempo adecuado optimizando el riego con un caudal de 4 lt/ha. Al comienzo se trabajó a una presión de 0.30 bares y al final de 1.40 bares.

#### *Coefficiente de uniformidad*

Se realizó la prueba de uniformidad con la ayuda de una probeta de 100 ml, cronometro y recipientes respectivamente graduadas, para ello se instaló aleatoriamente los recipientes en 4 goteros por parcela, el caudal de cada gotero se midió por el tiempo de 3 minutos obteniéndose una uniformidad de riego de 85%, con este valor el sistema de riego se clasifico como bueno tanto en el superficial como en el sub-superficial.

#### *Mantenimiento*

En general como medidas preventivas se realizó la limpieza del reservorio a si mismo los filtros de anillo y finalmente se realizó las purgas de cada porta goteros. El propósito del mantenimiento es evitar que los emisores se tapen, ya que los sólidos suspendidos, las algas y las raíces de las plantas pueden tapar los emisores.

### **3.5. Observaciones experimentales**

#### **3.5.1. Rendimiento**

Se recolecto 12 unidades de mazorcas de cada sub parcela de las líneas centrales por cada unidad de tratamiento el cual se expresó en gramos (gr). Para el rendimiento total se consideró el área de cada unidad experimental, expresando los resultados en toneladas por hectárea (t /ha).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Muestreo de suelos

#### 4.1.1. Perfil del suelo

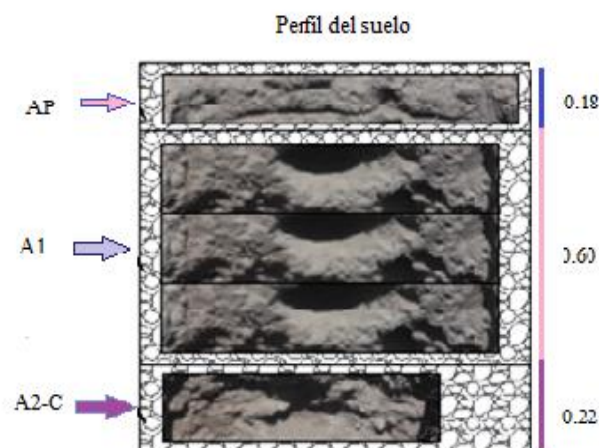
Tabla 16.

*Parámetros físicos y químicos del perfil del suelo en estudio.*

Profundidad	Textura	Parámetros físicos	Estructura
0-18 cm AP	franco arenoso	pH: 6.45 M.O: 2.216 % C.E:0.26 ds/m	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bloques sub angulares de medios a finos de consistencia firme en seco.</li> <li>- Abundante presencia de gravas de 10 a 15 cm y gravillas menor a 1 cm de 60 a 65%.</li> <li>- Abundante presencia de raíces finas y presenta un límite horizontal inferior claro.</li> </ul>
18-60 cm A1	franco arenoso	pH: 7.79 M.O: 1.845% C.E:0.515ds/m	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bloques sub angulares de medios a finos de consistencia firme en seco con tendencia a ser masivos.</li> <li>- Abundante presencia de piedras de 10 a 20 cm y gravillas menor a 1 cm de 10 a 15%.</li> <li>- Poca presencia de raíces finas y presenta un limite horizontal inferior claro.</li> </ul>
60- mas cm A2-C	franco arenoso	pH: 7.17 M.O: 1.678% C.E:1.176 ds/m	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bloques sub angulares de medios a finos de consistencia débil .</li> <li>- Abundante presencia de piedras granidiorita de 20 a 50 cm irregulares .</li> <li>- No existe presencia de raíces finas y presenta un límite horizontal inferior claro.</li> </ul>

Elaboración propia.

### Anexo 1



**Figura 5.** representación del perfil del suelo.

Elaboración propia.



Al realizar la calicata se pudo observar el perfil del suelo cuyas características se detalla en la tabla 16. El primer horizonte de profundidad de 0-18 cm como el segundo horizonte de profundidad de 18-60 cm son de gran importancia para el desarrollo del cultivo de maíz ya que presento aproximadamente de 45 a 55 cm de profundidad radicular, de esta manera se pudo cumplir con los estándares del suelo para su siembra, ya que el maíz presenta raíces fasciculadas y su misión es de aportar un perfecto anclaje a la planta, para ello se requiere de suelos con textura de franco arenosos con un buen drenaje para evitar encharcamientos, el suelo tiene que tener el Ph entre 7 a 8.5 siendo considerado optimo ya que el maíz es moderadamente sensible a la salinidad.( Netafim-2018). Anexo 4

#### 4.1.2. Prueba de infiltración

Durante el desarrollo del proyecto se realizó la prueba de infiltración antes del sembrío, obteniendo la ecuación de la velocidad de infiltración y la velocidad de infiltración básica.

- $I = 36.844*(t-0.492)$
- $I_b = 22.45 \text{ mm/h}$ .
- precipitación del sistema

$$Pp \frac{4}{0.40 * 0.60} = 16.67 \text{ mm/h}$$

El valor de la infiltración básica resulto mayor que la precipitación del sistema esto quiere decir que no hay encharcamiento del agua, por el cual el volumen de agua que se aplicó en el campo tuvo una buena inserción, de esa manera se evitó la perdida de agua como también el daño de las raíces por constante humedad. Anexo 8-4

#### 4.2. Calibración del sistema

**Tabla 17.**

*Presión de trabajo del sistema ya calibrado.*

Características			
Presión inicial del sistema	h1	0.3	Bar
Presión final del sistema	h2	1.4	Bar
caudal del promedio inicial del sistema	q1	2.17	L/h
caudal del promedio final del sistema	q2	9.69	L/h
Exponente de descarga	x	0.97	
Coefficiente de descarga	k	6.98	
Caudal promedio de trabajo	Q	4	L/h
presión del sistema de riego a trabajar	H	0.56	Bar

Elaboración propia.

Determinamos que el sistema de riego trabajara eficientemente a una presión de 0.50 bar, de esa manera se logró administrar un caudal de 4 lt/ha a cada golpe del cultivo de maíz durante la etapa de la investigación, así mismo se logró controlar realizando al inicio y final la prueba del coeficiente de uniformidad.

#### 4.3. Cálculo del coeficiente del tanque evaporímetro tipo A (kp)

Se calculó el valor del coeficiente del tanque evaporímetro (Kp) utilizando la tabla 2 proporcionada por la FAO en su publicación N° 24 de riego y drenaje (Tabla N° 02); en función de la velocidad media del viento y la humedad relativa, que se tomó de la estación Yungay del año 2002 al 2010, luego se sacó el promedio mensual por año obteniendo el valor del coeficiente del tanque entre 0.85 y 0.80. Anexo 3

#### 4.4. Coeficiente de uniformidad

##### *Inicio de la investigación*

**Tabla 18.**

*Coeficiente de uniformidad determinada al inicio de la investigación riego por goteo superficial.*

Descripción		unidad
presión del Diseño	1.7	bar
presión Real	0.5	bar
caudal del emisor	4	lt/ha
número de goteros	48	
Tiempo de riego	3	min
Prom.25% menores	5.46	
Prom. general	5.94	
%C.U	91.80%	

Elaboración propia.

##### *Final de la investigación*

**Tabla 19.**

*Coeficiente de uniformidad determinada al final de la investigación en riego por goteo superficial.*

Descripción		unidad
presión del Diseño	1.7	bar
presión Real	0.5	bar
caudal del emisor	4	L/h
número de goteros	48	
Tiempo de riego	3	min
Prom.25% menores	4.14	
Prom. general	4.73	
%C.U	87.50%	

Elaboración propia.

**Tabla 20.**

*Coefficiente de uniformidad determinada al final de la investigación en riego por goteo sub-superficial.*

Descripción		unidad
presión del Diseño	1.4	bar
presión Real	1	bar
caudal del emisor	4	lt/ha
número de goteros	48	
Tiempo de riego	3	min
Prom.25% menores	5.07	
Prom.general	5.84	
%C.U	86.80%	

Elaboración propia.

Se determinó el coeficiente de uniformidad al inicio de la investigación teniendo como resultado 91.8% en el sistema de riego de esta manera se clasifico a excelente, luego se realizó la misma actividad al final de la investigación teniendo como resultado en el sistema de riego por goteo superficial y sub superficial los valores de 87.5% y 86.8 % clasificando a bueno, se observó una variación en los valores dicho decrecimiento en la uniformidad se debe a las obstrucciones causadas por la presencia de sedimentos y materia orgánica durante el periodo de riego del cultivo. Anexo 2-14

#### **4.5. Necesidades hídricas**

##### *Lámina de riego*

Se realizó el control de la humedad del suelo antes y después de cada riego con el método gravimétrico y con el tanque evaporímetro se determinó la evaporación. Para reponer el agua consumida se acumuló las evaporaciones de los días correspondientes después de cada riego. La diferencia de los datos tomados se multiplicó por el coeficiente del tanque, calculado para dicho mes, obteniendo el valor de la evapotranspiración de cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>), que multiplicado por el K<sub>c</sub> de la etapa fisiológica en que se encontraba el cultivo, obteniendo el valor de la evapotranspiración del cultivo, las necesidades totales del cultivo se calculó con el valor del ET<sub>c</sub> y la eficiencia de riego este fue el valor base al cual se le multiplico la láminas de riego de 80%, 90%, 100% y 110%. Cada valor proporcionó una lámina de riego, llamado tratamiento. Anexo 7

En la Tabla 21, se presenta los resultados de la evapotranspiración real del cultivo del maíz morado en el tiempo que duro la investigación que fue de 6 meses, el valor total de la

evapotranspiración del cultivo fue de 776.37 mm este valor se encuentra dentro de los valores del consumo hídrico de 500 -800 mm por estación (boletín 33 de la FAO,1986). La evapotranspiración máxima y mínima fue de 51.61 mm y 1.54 mm.

En la Tabla 22, se presenta los resultados de las necesidades netas del cultivo del maíz morado en el tiempo que duro el proyecto que fue de 6 meses, la necesidad hídrica total máxima de las cuatro laminas fueron:

- 734.9 mm para la lámina 80%
- 826.8 mm para la lámina 90%
- 918.6 mm para la lámina 100%
- 1010.5 mm para la lámina 110%

Los volúmenes son:

- 7349 m<sup>3</sup> / ha para la lámina 80%
- 8268 m<sup>3</sup> / ha para la lámina 90%
- 9186 m<sup>3</sup> / ha para la lámina 100%
- 10105 m<sup>3</sup> / ha para la lámina 110%

#### ***4.6. Tiempo de riego***

En la Tabla 23, se presenta los resultados de las necesidades netas del cultivo del maíz morado en el tiempo que duro el proyecto que fue de 6 meses, durante el mes de noviembre y diciembre se realizaron los riegos mínimamente debido a la precipitación que cubrió un gran porcentaje las necesidades hídricas. Para cada uno de los tratamientos el riego fue cada 3 y 4 días el máximo de 3.95 horas, 3.16 horas, 3.55 horas, y 4.34 horas tanto por riego superficial y sub superficial.

#### ***4.7. Volumen de riego por tratamiento***

En la Tabla 24, se muestra el total de los volúmenes aplicados por cada tratamiento que fue de 14109.9, 15874.1, 17637.9 y 19401.7 litros cada 3 y 4 días de riego respectivamente siendo 41 días durante 6 meses que duro el proyecto.

**Tabla 21.***Evapotranspiración real del cultivo (mm).*

Evapotranspiración del cultivo (mm)		
Fecha	Día del proyecto	Etc
16-Set	4	1.54
19-Set	6	1.15
23-Set	11	1.69
26-Set	14	1.26
30-Set	18	1.80
03-Oct	21	1.35
07-Oct	25	2.18
10-Oct	28	1.63
14-Oct	32	3.24
17-Oct	35	3.55
21-Oct	39	5.35
24-Oct	42	5.26
28-Oct	46	7.77
31-Oct	49	6.26
03-Nov	52	9.39
11-Nov	60	35.91
14-Nov	64	22.58
17-Nov	67	19.54
21-Nov	71	25.25
24-Nov	74	13.98
28-Nov	78	19.71
01-Dic	81	23.46
05-Dic	85	25.81
12-Dic	92	51.61
15-Dic	95	25.81
19-Dic	99	18.77
22-Dic	102	28.15
26-Dic	106	35.19
29-Dic	109	21.12
02-Ene	113	23.46
05-Ene	116	28.15
09-Ene	120	23.46
12-Ene	123	16.42
16-Ene	127	30.5
19-Ene	130	25.81
23-Ene	134	39.88
26-Ene	137	35.19
30-Ene	141	53.29
02-Feb	144	33.44
06-Feb	148	46.46
	<b>Total (mm)</b>	<b>776.37</b>

Elaboración propia.

**Tabla 22.***Necesidades hídricas totales (mm).*

Necesidades hídricas totales del cultivo de Maíz morado								
Fecha de riego	80%		90%		100%		110%	
	(mm)	(m <sup>3</sup> /Ha)	(mm)	(m <sup>3</sup> /Ha)	(mm)	(m <sup>3</sup> /Ha)	(mm)	(m <sup>3</sup> /Ha)
16-Set	1.50	15	1.71	17	1.9	19	2.09	21
19-Set	1.14	11	1.28	13	1.4	14	1.56	16
23-Set	1.66	17	1.87	19	2.1	21	2.29	23
26-Set	1.25	12	1.40	14	1.6	16	1.72	17
30-Set	1.78	18	2.01	20	2.2	22	2.45	25
03-Oct	1.34	13	1.50	15	1.7	17	1.84	18
07-Oct	2.15	22	2.42	24	2.7	27	2.96	30
10-Oct	1.62	16	1.82	18	2.0	20	2.22	22
14-Oct	3.20	32	3.60	36	4.0	40	4.40	44
17-Oct	3.50	35	3.94	39	4.4	44	4.82	48
21-Oct	5.29	53	5.95	59	6.6	66	7.27	73
24-Oct	5.19	52	5.84	58	6.5	65	7.14	71
28-Oct	7.68	77	8.64	86	9.6	96	10.56	106
31-Oct	6.18	62	6.95	69	7.7	77	8.49	85
03-Nov	9.27	93	10.43	104	11.6	116	12.75	127
11-Nov	35.46	355	39.90	399	44.3	443	48.76	488
14-Nov	22.30	223	25.09	251	27.9	279	30.67	307
17-Nov	19.30	193	21.71	217	24.1	241	26.53	265
21-Nov	24.94	249	28.06	281	31.2	312	34.30	343
24-Nov	13.81	138	15.53	155	17.3	173	18.99	190
28-Nov	19.47	195	21.91	219	24.3	243	26.77	268
01-Dic	23.17	232	26.06	261	29.0	290	31.86	319
05-Dic	15.17	152	17.06	171	19.0	190	20.86	209
12-Dic	45.34	453	51.01	510	56.7	567	62.35	623
15-Dic	25.49	255	28.67	287	31.9	319	35.05	350
19-Dic	18.54	185	20.85	209	23.2	232	25.49	255
22-Dic	27.81	278	31.28	313	34.8	348	38.24	382
26-Dic	34.76	348	39.11	391	43.5	435	47.80	478
29-Dic	20.86	209	23.46	235	26.1	261	28.68	287
02-Ene	23.17	232	26.06	261	29.0	290	31.86	319
05-Ene	27.81	278	31.28	313	34.8	348	38.24	382
09-Ene	23.17	232	26.06	261	29.0	290	31.86	319
12-Ene	11.53	115	12.97	130	14.4	144	15.85	159
16-Ene	29.18	292	32.83	328	36.5	365	40.13	401
19-Ene	22.67	227	25.51	255	28.3	283	31.17	312
23-Ene	31.89	319	35.87	359	39.9	399	43.85	438
26-Ene	34.76	348	39.11	391	43.5	435	47.80	478
30-Ene	52.63	526	59.21	592	65.8	658	72.37	724
02-Feb	33.03	330	37.16	372	41.3	413	45.42	454
06-Feb	45.89	459	51.62	516	57.4	574	63.10	631
Total		7349		8268		9186		10105

Elaboración propia

**Tabla 23.***Tiempo de riego promedio en cada tratamiento.*

Fecha	Día del proyecto	Tiempo de riego			
		100%	110%	90%	80%
		T1 (hr)	T4 (hr)	T3 (hr)	T2 (hr)
16-Set	4	0.11	0.09	0.10	0.13
19-Set	6	0.09	0.07	0.08	0.09
23-Set	11	0.12	0.10	0.11	0.14
26-Set	14	0.09	0.07	0.08	0.10
30-Set	18	0.13	0.11	0.12	0.15
03-Oct	21	0.10	0.08	0.09	0.11
07-Oct	25	0.16	0.13	0.15	0.18
10-Oct	28	0.12	0.10	0.11	0.13
14-Oct	32	0.24	0.19	0.22	0.26
17-Oct	35	0.26	0.21	0.24	0.29
21-Oct	39	0.40	0.32	0.36	0.44
24-Oct	42	0.39	0.31	0.35	0.43
28-Oct	46	0.58	0.46	0.52	0.63
31-Oct	49	0.46	0.37	0.42	0.51
03-Nov	52	0.70	0.56	0.63	0.76
11-Nov	60	2.66	2.13	2.39	2.93
14-Nov	64	1.67	1.34	1.51	1.84
17-Nov	67	1.45	1.16	1.30	1.59
21-Nov	71	1.87	1.50	1.68	2.06
24-Nov	74	1.04	0.83	0.93	1.14
28-Nov	78	1.46	1.17	1.31	1.61
01-Dic	81	1.74	1.39	1.56	1.91
05-Dic	85	1.14	0.76	0.95	1.33
12-Dic	92	3.40	2.64	3.02	3.78
15-Dic	95	1.91	1.53	1.72	2.10
19-Dic	99	1.39	1.11	1.25	1.53
22-Dic	102	2.09	1.67	1.88	2.29
26-Dic	106	2.61	2.09	2.35	2.87
29-Dic	109	1.56	1.25	1.41	1.72
02-Ene	113	1.74	1.39	1.56	1.91
05-Ene	116	2.09	1.67	1.88	2.29
09-Ene	120	1.74	1.39	1.56	1.91
12-Ene	123	0.86	0.62	0.74	0.99
16-Ene	127	2.19	1.74	1.96	2.41
19-Ene	130	1.70	1.32	1.51	1.89
23-Ene	134	2.39	1.80	2.10	2.69
26-Ene	137	2.61	2.09	2.35	2.87
30-Ene	141	3.95	3.16	3.55	4.34
02-Feb	144	2.48	1.98	2.23	2.73
06-Feb	148	3.44	2.75	3.10	3.79
	total (hr)	55.12	43.62	49.37	60.87

Elaboración propia.

**Tabla 24.***Volumen total de agua suministrada por cada tratamiento.*

Volumen de agua consumida por tratamiento durante 6 meses				
área de la parcela	80%	90%	100%	110%
19.2 m <sup>2</sup>	T1 (vol.)	T2 (vol.)	T3 (vol.)	T4(vol.)
total ( litros)	14109.9	15874.1	17637.9	19401.7
total ( m <sup>3</sup> /ha)	14.1	15.9	17.6	19.4

Elaboración propia.

**Tabla 25.***Volumen de agua en la parcela testigo*

Volumen consumida en la parcela testigo por planta		
Tiempo de riego	25	min
Longitud del surco	8	m
Separación entre planta	0.4	m
Numero de planta	45	
volumen por planta	226	L
Vol. Bruto por planta	453	L
Vol. Bruto	18861.11	m <sup>3</sup> /Ha
Eficiencia de riego	50%	

Elaboración propia.

En la Tabla 25, se muestra el volumen del testigo referente al riego por gravedad para ello se realizó el aforo, el cual fue de 453 litros por planta, y en volumen por superficie es 18861.1 m<sup>3</sup>/ha, en el tiempo de la investigación que fue de 6 meses la diferencias a los volúmenes administrados por el sistema de riego superficial y subterráneo que fueron de 7349m<sup>3</sup>/ha, 8268 m<sup>3</sup>/Ha, 9186 m<sup>3</sup>/ha, 10105 m<sup>3</sup>/ha con ello determinamos que la eficiencia de riego presurizado es 90 % y riego a gravedad 50% . (Cifuentes, 2008) en el valle de Chicama Perú los requerimientos hídricos del maíz a gravedad es 16,613 m<sup>3</sup>/ha como también 546.3mm/día siendo expresado en 5463 m<sup>3</sup>/ha y el requerimiento hídrico mínimo del cultivo es 700 mm es decir 7000 m<sup>3</sup>/ha los valores con la lámina 80% son próximos a lo descrito. (García et all,2019, p.810)

#### **4.8. Control de humedad en el suelo por el método gravimétrico**

En la Tabla 26, muestra la humedad presente en el suelo antes de la aplicación de las 4 láminas los valores más bajos de humedad fueron de 6.52% en riego por goteo superficial y 7.18 % en riego por goteo sub- superficial, esto se debe a que la planta tuvo mayor



transpiración y el suelo mayor pérdida de agua por evaporación. Es decir, los valores fueron menores al umbral de riego, pero no llegaron a ser menores que el punto de marchitez permanente quiere decir que la planta estuvo bajo estrés hídrico con dichos valores. Anexo 12

**Tabla 1.**

*Control de humedad en el suelo.*

Control de la humedad del suelo por el método gravimétrico													
Fecha	riego	trat.	ANTES DEL RIEGO		humedad (%)	P= 0.55 U.R.(%)	P.M.P. (%)	C.C. (%)	Prof. Raiz (cm)	Da	Lamina de riego (mm)	Tiempo de riego (min)	Tiempo regado con Nt (min)
			peso de la muestra (gr.)										
			HUMEDO	SECO									
11/11/2017	superficial	T1	169.5	150.0	12.97%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	0.00	0.0	0.0
		T2	115.2	103.3	11.43%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	0.00	0.0	0.0
		T3	109.2	98.8	10.48%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	0.00	0.0	0.0
		T4	205.9	179.8	14.52%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	0.00	0.0	0.0
	sub superficial	T1	85.4	76.7	11.32%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	50.52	152.0	13.0
		T2	114.9	100.5	14.33%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	30.73	93.0	15.0
		T3	90.92	84.81	7.20%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	77.59	233.0	21.0
		T4	120.76	111.71	8.10%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	71.69	216.0	25.0
18/11/2017	superficial	T1	55.23	51.67	6.88%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	79.70	240.0	39.0
		T2	65.66	61.45	6.86%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	79.87	240.0	53.0
		T3	74.06	69.32	6.84%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	80.00	241.0	35.0
		T4	67.68	62.87	7.65%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	74.66	224.0	56.0
	sub superficial	T1	72.12	65.57	9.99%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	59.27	178.0	69.0
		T2	63.91	55.2	15.78%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	21.16	64.0	0.0
		T3	52.16	45.69	14.17%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	31.78	96.0	16.0
		T4	110.81	98.34	12.68%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	41.57	125.0	26.0
25/11/2017	superficial	T1	50.82	44.52	14.15%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	31.88	96.0	28.0
		T2	69.85	62.681	11.43%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	49.79	150.0	48.0
		T3	47.88	43.11	11.06%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	52.20	157.0	65.0
		T4	73.21	66.05	10.84%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	53.69	162.0	31.0
	sub superficial	T1	74.12	66.93	10.74%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	54.35	164.0	31.0
		T2	76.95	71.76	7.23%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	77.41	233.0	44.0
		T3	66.69	61.41	8.60%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	68.42	206.0	28.0
		T4	66.43	59.58	11.50%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	49.35	149.0	45.0
02/12/2017	superficial	T1	85.94	77.84	10.40%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	56.57	170.0	58.0
		T2	152.34	136.69	11.45%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	49.67	150.0	57.0
		T3	86.72	78.31	10.74%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	54.34	164.0	80.0
		T4	115.88	105.71	9.62%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	61.69	186.0	106.0
	sub superficial	T1	88.72	78.97	12.35%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	43.75	132.0	65.0
		T2	153.72	139.932	9.85%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	60.17	181.0	94.0
		T3	136.77	123.38	10.85%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	53.62	161.0	127.0
		T4	165.75	149.87	10.60%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	55.28	166.0	46.0

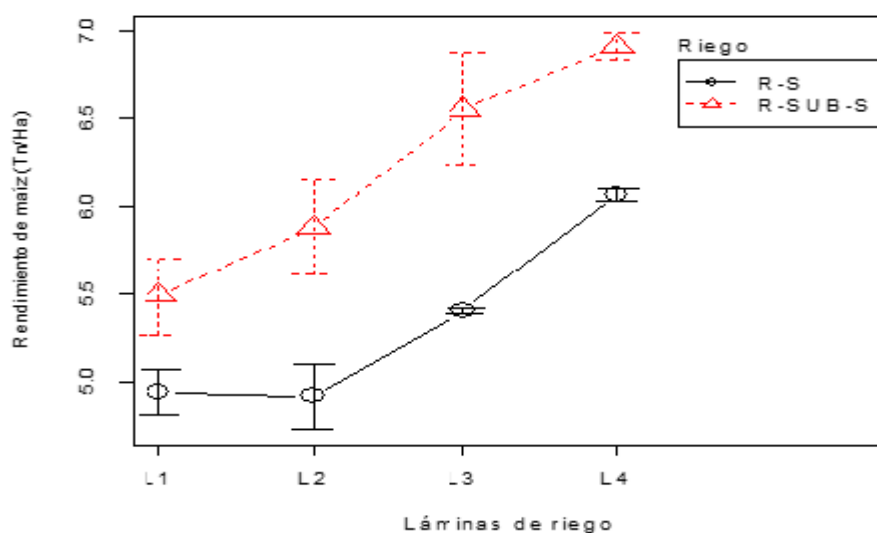
06/01/2018	superficial	T1	112.36	104.50	7.52%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	75.51	227.0	321.8
		T2	95.60	86.2	10.90%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	53.25	160.0	345.3
		T3	122.50	113.30	8.12%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	71.57	215.0	368.8
		T4	132.00	123.30	7.06%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	78.57	236.0	392.3
	sub superficial	T1	145.60	132.60	9.80%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	60.49	182.0	415.8
		T2	117.56	108.24	8.61%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	68.34	206.0	439.3
		T3	153.00	136.21	12.33%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	43.90	132.0	462.8
		T4	123.00	111.36	10.45%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	56.22	169.0	486.3
13/01/2018	superficial	T1	61.67	56.91	8.36%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	69.96	210.0	509.8
		T2	73.45	68.53	7.18%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	77.76	234.0	533.3
		T3	83.73	76.80	9.02%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	65.63	197.0	556.8
		T4	74.16	68.92	7.60%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	74.97	225.0	580.3
	sub superficial	T1	81.30	73.91	10.00%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	59.21	178.0	603.8
		T2	71.21	66.79	6.62%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	81.45	245.0	627.3
		T3	58.52	54.44	7.49%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	75.68	228.0	650.8
		T4	78.30	67.20	16.52%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	16.33	49.0	674.3
20/01/2018	superficial	T1	116.20	106.00	9.62%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	61.68	186.0	697.8
		T2	133.00	123	8.13%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	71.50	215.0	721.3
		T3	98.60	85.40	15.46%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	23.31	70.0	744.8
		T4	121.30	113.30	7.06%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	78.54	236.0	768.3
	sub superficial	T1	95.30	87.40	9.04%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	65.52	197.0	791.8
		T2	86.10	77.3	11.38%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	50.10	151.0	815.3
		T3	91.20	80.30	13.57%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	35.69	108.0	838.8
		T4	156.00	136.00	14.71%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	28.25	85.0	862.3
27/01/2018	superficial	T1	87.36	81.60	7.06%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	78.55	236.0	885.8
		T2	101.20	93.3	8.47%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	69.28	208.0	909.3
		T3	114.00	105.83	7.72%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	74.22	223.0	932.8
		T4	151.00	140.3	7.60%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	74.98	225.0	956.3
	sub superficial	T1	99.10	88.30	12.23%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	44.53	134.0	979.8
		T2	126.30	117.2	7.76%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	73.91	222.0	1003.3
		T3	132.60	122.40	8.33%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	70.17	211.0	1026.8
		T4	127.60	118.60	7.59%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	75.06	226.0	1050.3
06/02/2018	superficial	T1	87.36	76.80	13.75%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	34.53	104.0	1073.8
		T2	101.00	91.6	10.26%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	57.48	173.0	1097.3
		T3	106.80	98.60	8.32%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	70.28	211.0	1120.8
		T4	115.30	105.30	9.50%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	62.51	188.0	1144.3
	sub superficial	T1	136.00	122.20	11.29%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	50.70	153.0	1167.8
		T2	156.00	141.31	10.40%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	56.60	170.0	1191.3
		T3	185.00	166.20	11.31%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	50.57	152.0	1214.8
		T4	98.14	89.01	10.26%	8.55%	6.50%	19%	46.00	1.43	57.51	173.0	1238.3

Elaboración propia.

#### 4.9. Rendimiento

En este proyecto experimental se contó de dos parcelas principales en tres bloques. En una de ellas se instaló el riego superficial (R-S); mientras que en la otra el riego sub superficial (R-SUB-S). Dentro de estas parcelas grandes se aleatorizaron cuatro láminas de riego (L1, L2, L3 y L4) y la variable de estudio fue el rendimiento del cultivo de maíz morado medido en t/ha. Anexo 15

En la figura 6 se observa que el rendimiento promedio del maíz morado con el riego sub superficial siendo superior al riego superficial; independientemente de las láminas de riego. Asimismo, en la figura 6 se observa el paralelismo en cuanto a la evolución del rendimiento promedio del maíz en función a las láminas de riego, lo cual es un indicador de que no exista probablemente la interacción entre el tipo de riego y las láminas. Sin embargo, dicha interacción se va a determinar con el análisis de varianza, como se muestra a continuación:



**Figura 6.** Gráfica de medias del rendimiento de maíz morado (Tn/ha).

Elaboración propia.

**Tabla 27.**

*Análisis de varianza para el rendimiento por hectárea (Tn/ha) de maíz morado (zea mays L.) con cuatro láminas de riego en dos sistemas de riego superficial y sub superficial conducido en parcelas divididas.*

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P-valor	NS
Bloques	2	0.1449	0.0725			
Riego	1	1.1324	1.1324	25.098	0.0376	*
Bloques:Riego	3	1.4169	0.4723			
Láminas	3	6.1229	2.041	34.2179	3.68E-06	***
Riego:Láminas	3	0.2267	0.0756	1.2671	0.3297	
Residuals	12	0.7158	0.06			
Total	24	9.7596				

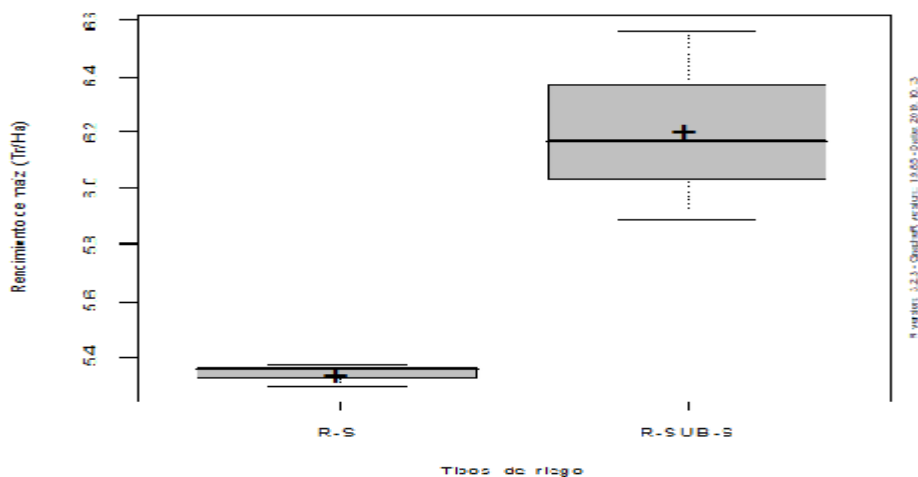
Nivel de significancia (NS): 0 \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

P-valor: Probabilidad crítica

F: cuadrados medios

Elaboración propia.

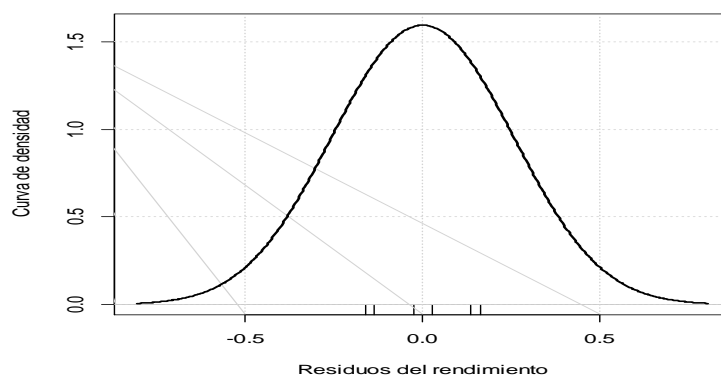
El análisis de varianza de la tabla 27 se muestra que no existe interacción entre el tipo de riego y las láminas de riego con una probabilidad crítica de 0.3297 superior a 0.05, es decir que se aprecia el efecto aditivo e independiente de los factores riego y láminas sobre el rendimiento del maíz morado. Por tanto, el resultado de este ensayo llevado a cabo en parcelas divididas; se ha analizado como dos ensayos monofactoriales en bloques; primero para el tipo de riego y segundo para las láminas cuyos, análisis se observan en la figura 7.



**Figura 7.** Cajas del rendimiento de maíz (Tn/ha) en función al tipo de riego.

Elaboración propia.

En la figura 8 se observa mayor rendimiento de maíz morado con el riego sub superficial (R-SUB-S) que con el riego superficial (R-S). Sin embargo, los rendimientos con el riego sub superficial son significativamente más variables que con el riego superficial con una probabilidad crítica de 3.33 % según la prueba de Fisher bilateral. El modelo aditivo utilizado es el rendimiento de maíz en función al tipo de riego más el factor de control que es el bloque, que generó un coeficiente de determinación múltiple ( $R^2$ ) de 0.934 es decir el 93.4 % de la variación del rendimiento del maíz es explicado por el tipo de riego más el bloque. El análisis de varianza (ANOVA) se basa en el cumplimiento de las restricciones de normalidad, independencia y homogeneidad se los residuos. En efecto, el análisis de dichas restricciones mostró que: los residuos del rendimiento del maíz morado se ajustan a la distribución normal o gaussiana con p-valor de 0.511 según la prueba de Shapiro Wilk. en la Figura 8, del mismo modo no existen diferencias significativas entre varianzas de los residuos según la prueba de Bartlett con p-valor de 0.999 es decir 99.9%.



**Figura 8.** Estimación de la densidad de los residuos del rendimiento de maíz morado

Elaboración propia.

**Tabla 2.**

*Análisis de varianza (ANOVA) para los sistemas de riego superficial y sub superficial en bloques.*

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P-valor	NS
Bloques	2	0.1449	0.0725	1.6061	0.3837	
Riego	1	1.1324	1.1324	25.098	0.0376	*
Residuos	2	0.0902	0.0451			
Total	5	1.3675	1.25			

Nivel de significancia (NS): 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Elaboración propia.

El análisis de varianza muestra el efecto significativo del riego en el rendimiento del maíz morado con un margen de error inferior al 5 %. Por lo tanto, se va a realizar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

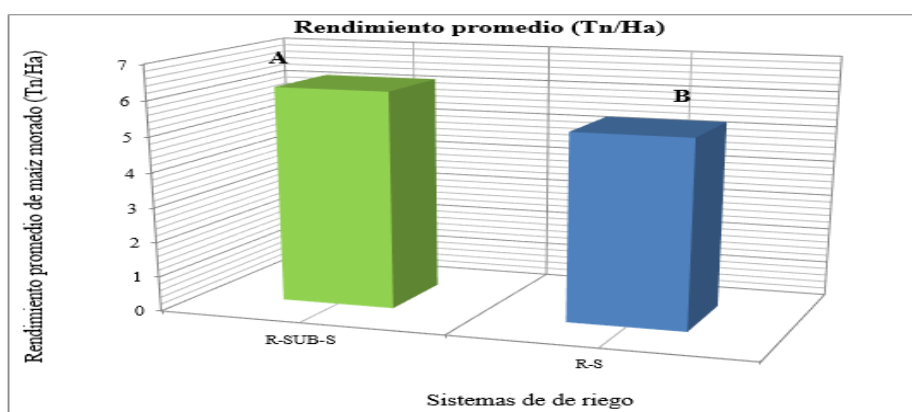
**Tabla 3.**

*Estadística descriptiva del rendimiento según el tipo de riego.*

Tipos de riego	Rendimiento (t/ha)	s	r	Mínimo	Máximo
R-S	5.3403	0.0442	3	5.29	5.3733
R-SUB-S	6.2092	0.34	3	5.8875	6.565

s=desviación estándar, r = número de repeticiones

Elaboración propia.



**Figura 1.** Rendimiento promedio de maíz (t/ha) en función al tipo de riego, A y B representan grupos homogéneos.

Elaboración propia.

El rendimiento del maíz morado bajo el riego sub superficial (6.2092 t/ha) es significativamente superior que el rendimiento del maíz bajo el riego superficial (5.3403 t/ha); con una probabilidad crítica de 0.0376 según la prueba de Tukey y un margen de error

de 5 %. El coeficiente de variación residual (CVr) del análisis es de 2.325 %, que se determinó como el cociente de la desviación estándar residual (0.1343) y el promedio general del rendimiento del maíz morado (5.7747 t /ha).

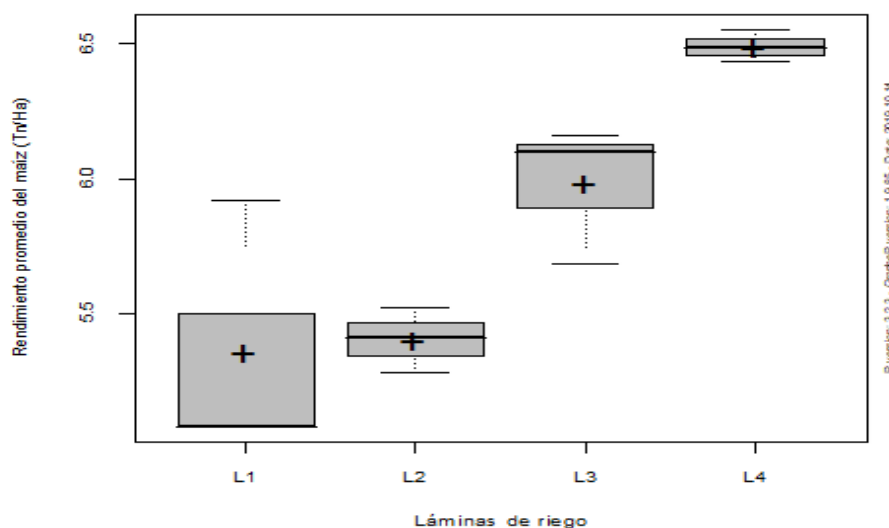
**Tabla 4.**

*Potencia del análisis de varianza para el factor sistema de riego*

Número de modalidades comparadas	2
Número de repeticiones comunes	3
Varianza factorial (Riego)	1.1324
Varianza residual	0.0451
Margen de error	0.05
Potencia del análisis	0.9999

Elaboración propia.

La potencia obtenida del análisis de varianza para el factor riego es de 0.9999 se muestra en la Tabla 30, lo que indica que el ensayo ha sido muy bien adaptado para conseguir el objetivo de mejorar el rendimiento del maíz morado en tres bloques, no obstante, la potencia del análisis se podría mejorar al 100 % con la repetición de la experimentación en 4 bloques. Por otro lado, el análisis de varianza para el segundo factor que es la lámina de riego con cuatro niveles se muestra a continuación.

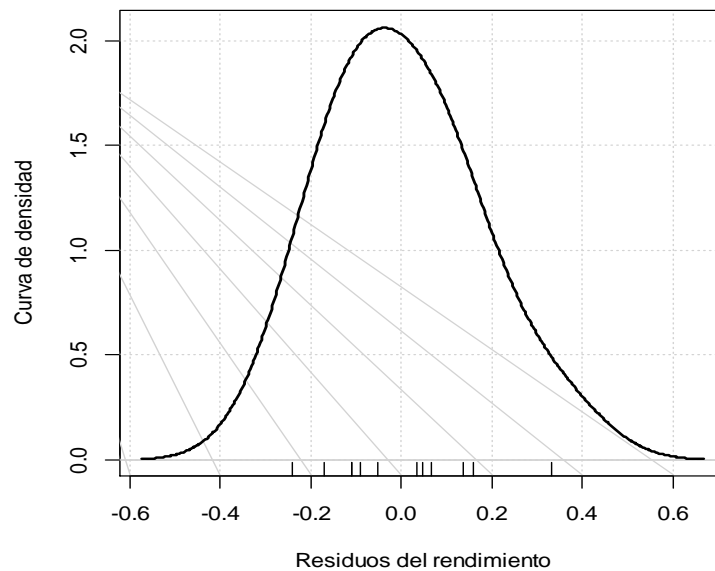


**Figura 2.** Rendimiento promedio del maíz para diferentes láminas de riego (L1, L2, L3, L4).

Elaboración propia.

La figura 10 se observa mayor variabilidad del rendimiento para las láminas 1 y 3, mientras que para las láminas 2 y 4 los rendimientos han sido más homogéneos. El modelo aditivo generado para el ANOVA fue el rendimiento del maíz morado en función a las láminas de

riego y el bloque, este último sirvió para controlar la heterogeneidad del terreno donde se llevó a cabo el ensayo. El coeficiente de determinación múltiple ( $R^2$ ) para el modelo creado fue de 0.9122, es decir que el 91.22 % de la variación de los rendimientos son explicados por las láminas de riego y el bloque. La validación del modelo lineal requiere el estudio de los residuos del rendimiento, los cuales deben cumplir las condiciones de normalidad, independencia y homogeneidad. En caso de no respetar estas condiciones de aplicación, el ANOVA conduce a una validación errónea de la hipótesis nula que se traduce en la pérdida de la potencia del análisis.



**Figura 3.** Estimación de la densidad de los residuos del rendimiento de maíz morado.

Elaboración propia.

Los residuos del rendimiento del maíz morado siguen la distribución gaussiana tal como se aprecia en la figura 6, con una probabilidad crítica de 88.33 % según la prueba de Shapiro Wilk. Tampoco, los residuos no presentan valores atípicos con una probabilidad crítica de 10.39 % según la prueba de Bonferonni que es relativamente baja pero que es suficiente. Asimismo, no existen diferencias significativas entre las varianzas de las láminas de riego con p-valor igual a 51.66 % según la prueba de Bartlett, es decir que hay homocedasticidad de los residuos del rendimiento que nos permitió realizar una prueba paramétrica.

**Tabla 31.***Análisis de varianza (ANOVA) para las láminas de riego en bloques.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	P-valor	NS
Bloques	0.3653	2	0.1827	3.8441	0.0842	
Láminas	2.5961	3	0.8654	18.2107	0.00204	**
Residuos	0.2851	6	0.0475			
Total	3.2465	11	1.0955			

Nivel de significancia (NS): 0 \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

Elaboración propia.

El análisis de varianza se muestra en la Tabla 31 el efecto significativo de la aplicación de cuatro láminas de riego en el rendimiento del maíz morado. Es decir, que al menos con una de las láminas se obtiene el rendimiento diferente de las otras. Seguido del ANOVA, es necesario completar el análisis con una prueba de comparaciones múltiples; que permita identificar para cuál de las láminas las diferencias son encontradas por el ANOVA.

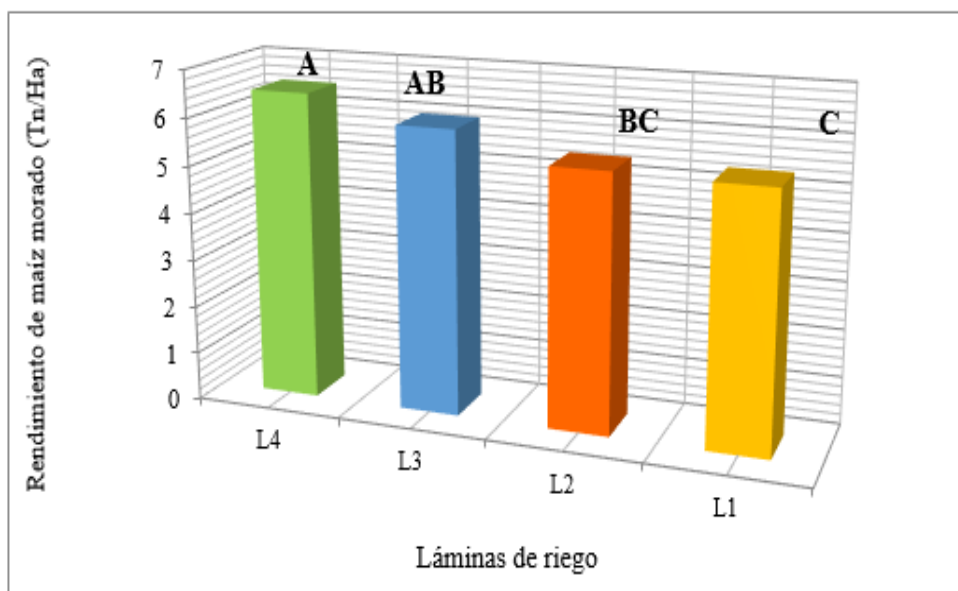
**Tabla 32.***Estadística descriptiva de las láminas de riego.*

Láminas de riego	Rendimiento (t/ha)	s	r	Mínimo	Máximo
L1	5.3561	0.4883	3	5.0733	5.92
L2	5.4	0.1225	3	5.275	5.52
L3	5.98	0.2615	3	5.68	6.16
L4	6.49	0.0576	3	6.435	6.55

s=desviación estándar, r = número de repeticiones

Elaboración propia.





**Figura 4.** Rendimiento promedio del maíz (t/ha) en función a las láminas de riego, las letras (A, B y C) representan grupos homogéneos.

Elaboración propia.

En la figura 12 se observa el mayor rendimiento del maíz morado (6.49 t/ha) con la aplicación de la lámina (L4), sin embargo, los rendimientos con las láminas (L3 y L4) se encuentran en el mismo grupo homogéneo, en efecto, el empleo de una u otra lámina de riego por parte del agricultor va depender de un análisis más riguroso de costo de producción y beneficios. Por otro lado, el rendimiento más bajo se obtuvo (5.356 t /ha) con la lámina (L1), pero que también los rendimientos con las láminas (L1 y L2) son homogéneos, con p-valor igual a 0.0020 según la prueba de Tukey con una margen de error de 5 %. Asimismo, el rendimiento del maíz con la lámina 4 presenta menor desviación estándar; es decir que los rendimientos son homogéneos y elevados, mientras que para la lámina 1 el rendimiento de maíz presenta mayor variabilidad y menor rendimiento. Por lo tanto, el suministro de riego con mayor frecuencia (L4) en el cultivo de maíz morado permite el incremento global del rendimiento de dicho cultivo. El coeficiente de variación residual (CV<sub>r</sub>) del análisis fue de 2.771 %, que se determinó como el cociente de la desviación estándar residual (0.1609) y el promedio general del rendimiento del maíz morado (5.8065 t/ha).

**Tabla 33.**

Cálculo de la potencia del ANOVA para el factor lámina de riego.

Número de modalidades comparadas	4
Número de repeticiones comunes	3
Varianza factorial (Láminas)	0.8654
Varianza residual	0.0475
Margen de error	0.05
Potencia del análisis	1

Elaboración propia.

La experimentación llevada a cabo en parcelas divididas; con cuatro niveles de riego (L1, L2, L3 y L4) y 3 repeticiones en bloques, nos ha permitido de poner en evidencia con una potencia de 100 % (Tabla 33) el efecto de las láminas de riego en el incremento del rendimiento del maíz morado en las condiciones agrometeorológicas del Centro de Investigación y Producción Agrícola de Cañasbamba.

Los rendimientos totales obtenidos en 6 meses de cosecha del cultivo de maíz morado, mediante la combinación de los sistemas de riego superficial y sub superficial a través de la aplicación de cuatro láminas se obtuvo los más altos rendimientos de 6.20 t/ha y 6.49 t/ha con el riego sub superficial y lámina de 110 % (1010.5mm) y las más bajas de 5.34 t/ha y 5.35 t/ha con el riego superficial y lámina de 80 % (734.9 mm) los cuales superan ligeramente a los rendimientos recolectados del testigo que fue de 3.5 t/ha, así mismo a los antecedentes de 3.5 t/ha y 5.2 t/ha durante la campaña (INIA,2019); 5 t/ha en la provincia de Huaylas y 4.8 t/ha en la provincia de Yungay(DRAA,2017).

## V. CONCLUSIONES

- La textura del suelo se ha realizado el trabajo de investigación es franco arenoso con 61% de arena, 26% de limo y a 13% de arcilla; el valor pH de 6.45 y el contenido de materia orgánica 2.216%, el cual indica que el suelo es ligeramente acida y pobre en materia orgánica.

El contenido de elementos mayores como fósforo y potasio es alto, correspondiendo a 17 ppm y 90 pmm respectivamente, valores que están dentro del requerimiento edafológico del cultivo maíz morado.

- Con la aplicación total de 734.9mm, 826.78mm, 918.64mm, 1010.5mm. se obtuvieron rendimientos de de 5.34 t /ha, 5.35 t/ ha, 6.20 t/ha, 6.49 t/ha.
- Con la aplicación total de 1010.5mm, se obtuvo la máxima producción de 6.49 t/ha.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Evaluar la evaporación directa del sistema de riego sub-superficial, para determinar el ahorro de volumen de agua mediante el uso de sensores.
- Emplear un sistema de fertirriego sub- superficial, ya que el agua y el nutriente va directamente a la raíz del cultivo obteniendo mayor rendimiento, uniformidad y conservación del agua en sistemas agrícolas de zonas áridas.
- Realizar un perfil del cultivo bajo riego por goteo sub-superficial, para observar donde acumula exceso y escases de agua para el desarrollo de la raíz.
- Realizar una investigación empleando riego sub-superficial en otros cultivos.

## VII. BIBLIOGRAFIA

Arenas, M., Vélez J., y Camacho, J. (2012). Evaluación de dos sistemas de riego por goteo en la producción y la calidad de la fruta de pera (*Pyrus communis* L.) variedad Triunfo de Viena. *Acta Agronómica*, 61(1).

Anaya, A. (2013). función de producción hídrica para maíz forrajero (*Zea maíz* L.) en riego por goteo subsuperficial. *Agrofaz*, 13(1), Recuperado de [https://www.google.com.pe/?gfe\\_rd=cr&ei=o71sWY8qy7\\_7BaeCj5AJ&gws\\_rd=ssl#q=riego+por+go](https://www.google.com.pe/?gfe_rd=cr&ei=o71sWY8qy7_7BaeCj5AJ&gws_rd=ssl#q=riego+por+go).

Acosta, R (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. *cultivos tropicales*, 30(2).

Aguirre Maltes, B & Obregón Reyes, M (2013) *Efecto de diferentes láminas de riego por goteo y aplicación fraccionaria de 50 kg/ha de nitrógeno sobre el cultivo del maíz (Zea mayas), en su rendimiento de chilote a una densidad 62500ptas/ha* (tesis de pre grado inédita) universidad Nacional agraria, Nicaragua.

Cabrera Castañeda, C. (2016). Tres láminas de riego en el rendimiento de cuatro variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo (tesis de pre grado inédita) Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.

Chucya, C. P. (s.f.). Scribd. Recuperado de [https://es.scribd.com/doc/7331128/Diseno-Hidráulico-Criterios-de-Disneo-Ing](https://es.scribd.com/doc/7331128/Diseno-Hidraulico-Criterios-de-Disneo-Ing)

Cifuentes, A.K. (2008). *Evaluacion De Un Sistema De Riego Por Goteo En El Cultivo De Espárrago En El Fundo San Miguel-Viru (Trujillo-La Libertad)*. Trujillo.

Chucya, C. P. (s.f.). Scribd. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/7331128/Diseno-Agronomico-Criterios-de-Disneo-Ing>

Comisión Técnica Multisectorial (2009) Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú, recuperado de:

[http://www.ana.gob.pe/media/290336/politicas\\_estrategias\\_rh.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/290336/politicas_estrategias_rh.pdf).

- Fuentes Yagüe, J. 1998. Técnicas de Riego. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.470p.
- DRAA. (2017). *Portal Regional Agrario Recuperado de <http://agroancash.gob.pe/agro/estadistica-agricola/>*.
- Gil, J., Montaña, N., y Plaza, R. (2012). Efecto del riego y la cobertura del suelo sobre la productividad de dos cultivares de ají dulce. *Biagro*, 24(2).
- Gruber, L., Lugo, J., Díaz, L., y Bello, M. (2008). Evaluación de dos formas de aplicación de riego sobre el crecimiento y producción de la berenjena. *Bioagro*, 20(2), 131-134.
- Guillen, J., Morí, S., y Paucar, L. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. Subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 5.211-217.
- García, M., Guerrero M., y Cabrera, C. (2019). Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) "caña de azúcar", *Zea mays* L. (Poaceae) "maíz" y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "espárrago" en el valle Chicama, Perú *Arnaldoa*, 26(2),793-814.
- Helfgott, C. E. (2017). *Diseño hidraulico*. curso diseño de sistemas de riego tecnificado, Universidad Agraria La Molina, Lima. 30-50.
- Morales, D. y Vacher, J. (Ed) (1992). actas del VII congreso internacional sobre cultivos andinos.
- INIA. (2019). *Portal Recuperado de <http://www.inia.gob.pe/2019-nota-075/>* .
- Mori Rabanal, A. (2015). Efecto de cinco láminas de riego en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*), mediante el riego por goteo. (tesis de pre grado). universidad Agraria la Molina.Lima. Perú.
- Lucas, F. (2005). Riego localizado ventajas e inconvenientes, Info Agro. Recuperado de [http://www.infoagro.com/riegos/riego\\_localizado\\_ventajas\\_inconvenientes.htm](http://www.infoagro.com/riegos/riego_localizado_ventajas_inconvenientes.htm).
- Nieto, N. (2011). La gestión del agua tensiones globales y latinoamericanas. *política y cultura*, 36 ,157-176.
- NETAFIM. (2018). *Riego de precisión* Recuperado de <https://www.netafim.com.mx/>.
- Organización de la Naciones Unidas para la agricultura y alimentación (2013). *afrentar la escasez de agua N°38informe sobre temas hídricos*. Roma: FAO.

OCWUS. (008). *Open Course Ware Universidad de Sevilla*. Recuperado de [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial\\_12.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial_12.htm)

Pérez, R., Jiménez, E., Montero, L., Sarmiento, G., y Guzmán, J. (2010). Resultados de diferentes alternativas de manejo del riego superficial tecnificado en el cultivo de la papaya maradol roja plantada con marco extradenso. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3).

Porras Jorge, Z. (2015). Evaluación del Sistema de Riego Por Goteo y Exudación en el Cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) (tesis de pre grado) Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima. Perú.

Pinedo, R. (2015). niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*zea mays l.*) en la localidad de Canaán Ayacucho. (tesis de posgrado). universidad Agraria la Molina. Lima. Perú.

Sellés, G., Ferreyra, E., Contreras, G., Ahumada, R., Valenzuela, B., y Bravo R. (2003). Manejo de riego por goteo en uva de mesa cv. thompson seedless cultivada en suelos de textura fina. *Agricultura Técnica*, 63(2).

Salazar, J. (2006). Consumo de agua en maíz forrajero con riego subsuperficial. *Terra latinoamericana*, 25(2), Recuperado de [file:///C:/Users/Elizabeth%20Ortiz/Downloads/57325208%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Elizabeth%20Ortiz/Downloads/57325208%20(1).pdf)

Temoche, Gutiérrez, M. (2014). Ecoeficiencia en el consumo del recurso hídrico dentro de los campos del programa de investigación en ornamentales. (tesis de pre grado) universidad nacional Agraria la Molina. Perú.

Rogério, A., Brow, O., Mujica, C., y Osorio, L. (2015). Riego por goteo con energía solar para el tomate en Cavaco, Benguela, Angola. *ciencia técnica agropecuarias*, 24(2).

Uriol Valverde, D. (2017). Extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (*zea mays l.*) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. (tesis de pre grado). universidad nacional de Cajamarca. Perú.

Yanangómez Agila, L. (2018). Evaluación del requerimiento hídrico del cultivo de maíz morado (*Zea mays l.*) en la parroquia Malacatos sector “San José”. (tesis de pre grado). universidad nacional de Loja. Ecuador.



## VIII.- ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de suelo y agua



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
 Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD y FÍSICOS

**SOLICITANTE** : ORTIZ CAMONES, Elizabeth – Tesista  
**MUESTRA** : A-1  
**UBICACIÓN** : CIPA Cañasbamba UNASAM- Yungay -Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
398	61	30	09	Franco arenoso	7.79	1.845	0.092	24	68	0.515

#### PARAMETROS FISICOS

Muestra	Da g/cm <sup>3</sup>	Dr. g/cm <sup>3</sup>	C.C. %	P.M. %
398	1.47	2.59	16.00	5.50

#### RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción ligeramente alcalina, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad

Huaraz, 25 de Setiembre del 2017.





**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"Santiago Antúnez de Mayolo"**  
**"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ - REGIÓN ANCASH**



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD y FÍSICOS**

**SOLICITANTE** : ORTIZ CAMONES, Elizabeth – Tesista  
**MUESTRA** : AP  
**UBICACIÓN** : CIPA Cañasbamba UNASAM- Yungay -Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
399	61	26	13	Franco arenoso	6.45	2.216	0.111	17	90	0.107

**PARAMETROS FISICOS**

Muestra	Da g/cm <sup>3</sup>	Dr. g/cm <sup>3</sup>	C.C. %	P.M. %
399	1.43	2.46	19.00	6.50

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:**

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción ligeramente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad

Huaraz, 25 de Setiembre del 2017.

*[Signature]*  
Ing. P. Sc. Guillermo Castillo Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD y FÍSICOS**

**SOLICITANTE** : ORTIZ CAMONES, Elizabeth – Tesista  
**MUESTRA** : A<sub>2</sub>- C – 60 +  
**UBICACIÓN** : CIPA Cañasbamba UNASAM- Yungay -Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O.%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
400	67	24	09	Franco arenoso	7.17	1.678	0.084	20	70	1.176

**PARAMETROS FISICOS**

Muestra	Da g/cm <sup>3</sup>	Dr. g/cm <sup>3</sup>	C.C. %	P.M. %
400	1.52	2.50	15.00	5.50

**RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:**

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción neutra, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad

Huaraz, 25 de Setiembre del 2017.



*Guillermo Castillo Romero*  
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS





**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"Santiago Antúnez de Mayolo"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ - REGIÓN ANCASH**



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUAS**

**SOLICITA** : Ortiz Camones , Elizabeth - Tesista.  
**FUENTE** : M-01- Entrada de reservorio  
**UBICACIÓN** : CIPA Cañasbamba UNASAM - Yungay - Ancash

Nº MUESTRA	397
TIPO	Riego
pH	6.69
C.E. dS/m	0.32
Calcio me/l	1.64
Magnesio me/l	0.28
Potasio me/l	0.09
Sodio me/l	0.03
<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>2.04</b>
Nitratos me/l	ND
Carbonatos me/l	0.00
Bicarbonatos me/l	0.00
Sulfatos me/l	0.14
Cloruros me/l	1.78
<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>1.92</b>
Sodio %	1.47
RAS	0.01
Boro ppm	N.D
Clasificación	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>

- N.D. (NO DETERMINADO)

**CONCLUSIONES:** La muestra se caracteriza por tener una reacción neutra, se encuentra ubicado en la clase (C<sub>2</sub> y S<sub>1</sub>), (ver tabla de Interpretación).

Huaraz, 25 de Setiembre del 2017



Ing. M. Soledad Romero  
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE SUELOS Y AGUAS



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“Santiago Antúnez de Mayolo”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
 Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



**INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO**

La salinidad total es determinada por la dedición de la conductividad del agua (CE) expresada en unidades de Siemens por metro (dS/m) o micro siemens por cm (uS/cm), también puede ser expresado como la cantidad total de sales disueltas (TDS), donde; TDS (ppm o mg/l) = 640 \* C.E (en dS/m o uS/cm).

**CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE RIEGO BASADO EN SU C.E Y TDS**

Peligro de Salinidad	Características	CE. dS/m	TDS ppm
Bajo (C1)	Bajo peligro de salinidad, no se espera efectos dañinos sobre las plantas y los suelos	< 0.25	> 160
Medio (C2)	Plantas sensibles pueden mostrar estrés a sales; moderado lixiviación previene la acumulación de sales en el suelo.	0.25 – 0.75	160 -500
Alto (C3)	Salinidad afectará muchas plantas, requiere: selección de plantas tolerantes a salinidad, buen drenaje y lixiviación.	0.75 – 2.25	500 – 1500
Muy alto (C4)	Generalmente no aceptable, excepto para las plantas muy tolerantes a sales, requiere excelente drenaje y lixiviación.	> 2.25	>1500

**SAR (Relación Adsorción de Sodio: Na en meq/l o Ca + Mg en meqL-1)/2)^(1/2)**  
**Peligro de sodio basado en el valor de SAR**

Peligro de Na	RAS del Agua	Comentarios sobre el Peligro de Na
Bajo (S1)	< 10	Puede usar para el riego de casi todos los suelos, sin peligro de destrucción de la estructura.
Medio (S2)	10 – 18	Puede desmejorarse la permeabilidad de suelos de textura fina con alto CIC. Puede usarse en suelos de textura gruesa con buen drenaje.
Alto (S3)	18 -26	Se produce daños de los suelos, por acumulación de Na se requerirá intensivas prácticas de aplicación de enmiendas, drenaje y lixiviación.
Muy alto (S4)	> 26	Generalmente no recomendable para el riego excepto en suelos de muy bajo contenido de sales. Se requerirá prácticas de manejo.

Carbonato de Sodio residual (RCS), tercer criterio que se usa para juzgar el peligro de Sodio en las aguas de riego. Es definido como RCS.....

Peligro de Sodio basado en el valor del RCS

Valores del RCS (meq/L)	Peligro de Sodio (Na)
> 0 (Valores negativos)	Ninguno. Ca y Mg del agua no participan como Carbonatos, ellos se mantienen activos para prevenir la acumulación de Na en los sitios de cambio de la CIC.
0 – 1.25	Bajo. Existe alguna remoción de Ca y Mg del agua de riego
1.25 – 2.50	Medio. Apreciable remoción de Ca y Mg del agua de riego
> 2.50	Alto. Todo o mayor parte de Ca y Mg del agua de riego es removido como carbonato precipitado produciendo acumulación de Na.

## Anexo 2. Cálculo del coeficiente de uniformidad superficial y sub superficial

### Coefficiente de uniformidad

volumen de emisor ml

Riego por goteo superficial

Presión Válvula (Bar)	
Pres. Diseño	1.40
Pres. Real	1.00
Caudal Emisor (l/h)	4l/h
tiempo	3

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	330	260	330	310
2	290	330	290	290
3	340	280	305	270
4	350	285	350	340

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	295	221	295	298
2	300	245	300	270
3	330	237	330	290
4	220	228	280	330

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	285	305	330	290
2	290	335	280	305
3	305	280	340	285
4	295	340	285	295

caudal del emisor L/H

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	6.6	5.2	6.6	6.2
2	5.8	6.6	5.8	5.8
3	6.8	5.6	6.1	5.4
4	7	5.7	7	6.8

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	5.9	4.42	5.9	5.96
2	6	4.9	6	5.4
3	6.6	4.74	6.6	5.8
4	4.4	4.56	5.6	6.6

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	5.7	6.1	6.6	5.8
2	5.8	6.7	5.6	6.1
3	6.1	5.6	6.8	5.7
4	5.9	6.8	5.7	5.9

Resultados	
Nro. Muestra	Caudal
1	4.40
2	5.20
3	5.40
4	5.40
5	5.60
6	5.60
7	5.60
8	5.60
9	5.60
10	5.70
11	5.70
12	5.70
Prom. 25% Menores	5.46
Promedio General	5.94
% C.U.	91.8%

## Coeficiente de uniformidad

volumen de emisor ml

Riego por goteo superficial y sub superficial al final del trabajo

Presión Válvula (Bar)	
Pres. Diseño	1.40
Pres. Real	1.00
Caudal Emisor (l/h)	4l/h
tiempo	3

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	234	211	265	248
2	237	261	198	238
3	215	212	210	245
4	236	300	203	214

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	244	221	261	214
2	200	245	243	240
3	242	237	262	295
4	220	228	218	194

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	240	281	205	272
2	210	222	214	248
3	246	263	236	254
4	243	270	238	224

caudal del emisor L/H

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	4.68	4.22	5.3	4.96
2	4.74	5.22	3.96	4.76
3	4.3	4.24	4.2	4.9
4	4.72	6	4.06	4.28

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	4.88	4.42	5.22	4.28
2	4	4.9	4.86	4.8
3	4.84	4.74	5.24	5.9
4	4.4	4.56	4.36	3.88

Caudales	T1	T2	T3	T4
1	4.8	5.62	4.1	5.44
2	4.2	4.44	4.28	4.96
3	4.92	5.26	4.72	5.08
4	4.86	5.4	4.76	4.48

Resultados	
Nro. Muestra	Caudal
1	3.88
2	3.96
3	4.00
4	4.06
5	4.10
6	4.20
7	4.20
8	4.22
9	4.24
10	4.28
11	4.28
12	4.28
Prom. 25% Menores	4.14
Promedio General	4.73
% C.U.	87.5%

Resultados de sub-superficial	
Nro. Muestra	Caudal
1	4.28
2	4.36
3	4.42
4	4.48
5	4.74
6	4.96
7	5.22
8	5.40
9	5.60
10	5.70
11	5.80
12	5.90
Prom. 25% Menores	5.07
Promedio General	5.84
% C.U.	86.8%

### Anexo 3. Cálculo del coeficiente del tanque evaporímetro clase A.

#### Estimación del coeficiente del tanque mensual.

Mes	Humedad Relativa Media (%)	Velocidad del Viento (m/s)	Coficiente del tanque (kp)
Enero	75.16	1.50	0.85
Febrero	75.30	1.30	0.85
Marzo	77.73	1.00	0.85
Abril	77.96	1.53	0.85
Mayo	70.15	1.55	0.85
Junio	66.95	1.00	0.85
Julio	59.46	1.90	0.85
Agosto	53.93	1.60	0.85
Setiembre	55.93	1.70	0.85
Octubre	62.39	2.47	0.80
Noviembre	68.29	3.10	0.80
Diciembre	74.27	1.83	0.85

#### Datos históricos de velocidad del viento y humedad relativa de la estación Yungay.

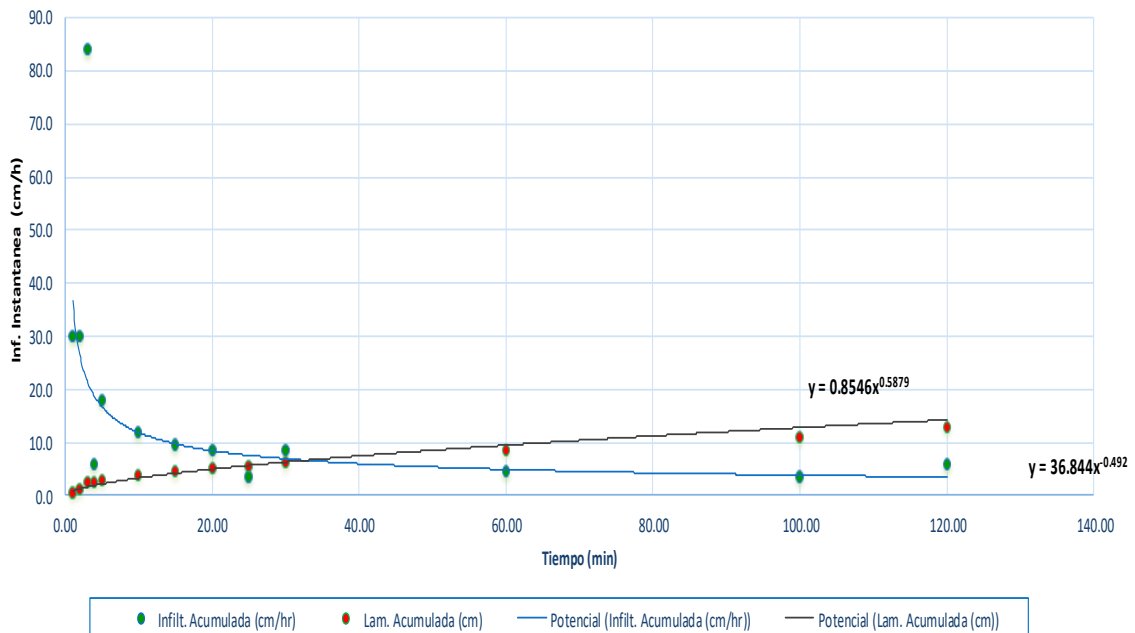
ESTACION:	YUNGAY/000444/DRE-04				LAT.:	9°	8`	"S"	DPTO. :	ANCASH			
					LONG.:	77°	45`	"W"	PROV. :	YUNGAY			
PARAMETRO:	<b>HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)</b>				ALT.:		2527	msnm	DIST. :	YUNGAY			
<b>AÑO</b>	<b>ENE.</b>	<b>FEB.</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	
2002	73.5	76.4	77.1	76.8	76.9	76.7	75.9	76.1	76.1	76.8	79.4	76.8	
2003	76.4	76.7	79.1	80.3	79.7	60.8	54.0	52.4	54.2	50.8	55.4	75.7	
2004	73.3	76.3	73.0	73.5	75.6	75.9	76.8	72.8	74.0	76.4	77.0	75.4	
2005	75.8	74.7	77.2	77.3	43.6	59.0	56.8	37.5	46.0	51.6	55.3	80.1	
2006	76.2	72.1	84.9	83.9	69.3	72.0	55.1	55.5	52.9	53.5	76.8	76.9	
2007	76.3	75.3	78.0	80.3	74.0	59.8	53.0	50.8	52.2	72.4	77.1	76.3	
2008	80.7	76.6	75.2	72.3	70.6	67.1	61.5	55.7	48.3	69.1	60.9	62.1	
2009	73.1	79.5	79.1	79.1	75.0	70.7	52.5	40.0	46.6	65.9	65.9	70.7	
2010	73.7	73.6	76.8	74.6	72.9	67.2	61.8	59.2	60.1	62.0	69.6	74.2	
2011	72.6	71.8	76.9	81.5	63.9	60.3	47.2	39.3	48.9	45.4	65.5	74.5	
ESTACION:	YUNGAY/000444/DRE-04				LAT.:	9°	8`	"S"	DPTO. :	ANCASH			
					LONG.:	77°	45`	"W"	PROV. :	YUNGAY			
PARAMETRO:	<b>DIRECCION PREDOMINANTE Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO REGISTRADA EN EL MES (M/s)</b>				ALT.:		2527	msnm	DIST. :	YUNGAY			
<b>AÑO</b>	<b>ENE.</b>	<b>FEB.</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	
2009	SE	1.5	SE	1.5	NE	0.9	NE	1.9	NE	2.4	SE	2.1	
2010	NW	1.7	NW	1.7	NW	0.8	NW	1.9	NE	1.9	NE	1.5	
2011	NE	1.4	NE	1.4	NE	1.3	NW	1	NE	3.1	NE	1.9	



## Anexo 4. Prueba de infiltración

Tiempo			Lámina		Velocidad	
Parcial (min)	acumulado (min)	altura (cm)	infiltrada (cm)	acumulada (cm)	infiltración instantánea (cm/hr)	infiltración horaria (cm/h)
0.00	0.00	23.00	0	0	0	0
1.00	1.00	22.50	0.50	0.50	30.00	30.00
1.00	2.00	22.00	0.50	1.00	30.00	30.00
1.00	3.00	20.60	1.40	2.40	84.00	48.00
1.00	4.00	20.50	0.10	2.50	6.00	37.50
1.00	5.00	20.20	0.30	2.80	18.00	33.60
5.00	10.00	19.20	1.00	3.80	12.00	22.80
5.00	15.00	18.40	0.80	4.60	9.60	18.40
5.00	20.00	17.70	0.70	5.30	8.40	15.90
5.00	25.00	17.40	0.30	5.60	3.60	13.44
5.00	30.00	16.70	0.70	6.30	8.40	12.60
30.00	60.00	14.50	2.20	8.50	4.40	8.50
40.00	100.00	12.10	2.40	10.90	3.60	6.54
20.00	120.00	10.20	1.90	12.80	5.70	6.40

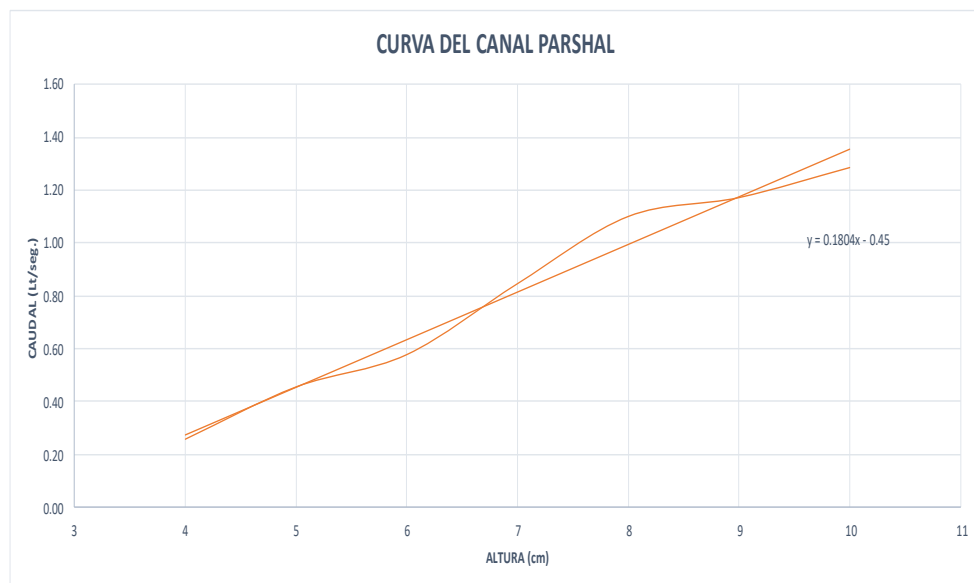
Tiempo vs. Infiltración



## Anexo 5. Calibración del aforador Parshal.

Altura (cm)	CAUDAL (Lt/seg.)
10	1.29
9	1.17
8	1.10
7	0.85
6	0.58
5	0.45
4	0.26

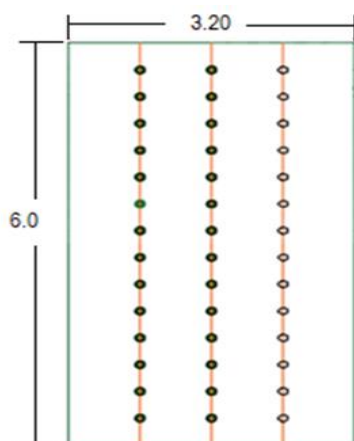
Ecuacion del Canal Parshal  
 $Y = (0.2 * x) - 0.45$



Altura:	4	cm
Caudal:	0.27	lt/seg.
Caudal:	16.3	lt/min.
Nº de riegos:	25	
Longitud de cama:	8	m.
Esp. Plantas:	0.4	
Nº de plantas:	42	
Tiempo de riego:	25	min
Volumen por planta:	226	L.
Eficiencia de riego:	50%	
Vol. bruto por planta:	453	L.
Vol. bruto :	18875.00	m3/ha

## Anexo 6. Diseño hidráulico

### Dimensiones de la sub parcela



Cota inicial: 2298.2

Cota final :2298.0

Descripción	(m)
espaciamento entre hileras	0.4
Nº de plantas por hilera	14
Nº de hileras	3
total de plantas	36
Nº goteros por plantas	1
espaciamento entre goteros	0.4
total de goteros	36
numero de parcelas	4
caudal de un lateral (l/seg.)	0.03
caudal de una llave (l/seg.)	0.09
caudal del sistema (l/seg.)	0.53

Determinación de altura dinámica total (ADT)	
componente	pérdida de carga (mca)
presión nominal en emisor	11.36
pérdida permisible dentro de subunidad	17.88
pérdidas de carga en arco de riego	2.00
pérdidas de carga por fricción en tuberías	0.28
pérdidas de carga secundarias en tuberías	0.00
pérdidas de carga en el cabezal de riego	5.00
desnivel topográfico	1.50
altura de succión*	0.00
<b>altura dinámica total</b>	<b>38.02</b>

caudal de demanda: 0.53 l/seg.  
e.f. : 80%  
potencia de bombeo: 0.34 hp

$\Delta H$ (m)	Long. (m)	Esp. Got. (m)	Esp. Lateral (m)	Qn (lt/seg)	DT (pulg)	DT (mm)	Diametro Comercial	DC (mm)	D.int. (mm)	DC (pulg)	área (m <sup>2</sup> )	Veloc. m/seg	hf (m)	L. G. P. z	Presion estatica	Nº Salid.	Factor de Crist.	J <sub>1</sub> m	J' m	Hf <sub>1</sub> m	J <sub>2</sub> m	Hf <sub>2</sub> m	hm m	Hm m	$\Delta H$ de presiones (m)	
1.50	35.00	0.40	0.25	0.528	1.05	26.65	1 1/4" PVC C-10	42.00	38.00	1.50	0.0011	0.47	0.28	2299.32	1.5											
0.10	3.50	0.40	0.25	0.088	0.59	15.00	32mm PE32 C-4	32.00	28.00	1.10	0.0006	0.14	0.01	2298.09	0.1	6	0.438				0.128	0.002		11.36		
0.10	39.70	0.40	0.25	0.034	0.70	17.66	16mm PE32 C-2.5	16.00	13.60	0.54	0.0001	0.24	0.35	2297.65	0.1	54	0.365	0.747	0.934	0.135			11.41		7.154	

**Caudal de Demanda:** 0.53 l/seg.  
E.f. : 80%  
**Potencia de la bomba:** 0.34 HP

### Anexo 7. Calculo del Tiempo de riego del cultivo del maíz morado.

Fecha		Dia del proyecto	Altura del tanque 7 a.m. (cm)	Altura del tanque 7p.m. (cm)	EVT (mm)	Kb	ETo (mm)	Kc	100%ETc (mm)	n: Distancia entre plantas (m)	m: Distancia entre surco (m)	a:Diametro de copa de Planta (m)	A: Fraccion de área sombreada por el cultivo (a medio dia) (%)	Aljibury KI:	Decroix KI:	Hoare KI:	Keller KI:	Efecto de localizacion (KI)	Variacion Climatica (Kci)	Variacion por adveccion (Kd)	100%Etri (mm)	80%Etri (mm)	90%Etri (mm)	110%Etri (mm)	
Mes	Dia del mes																								
SEPTIEMBRE	1						0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00				
	2						0.00		0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00				
	3							0.00		0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00			
	4							0.00		0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00			
	5							0.00		0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00			
	6							0.00		0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00			
	7							0.00		0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00			
	8							0.00		0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00			
	9							0.00		0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00			
	10							0.00		0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00			
	11							0.00		0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00			
	12							0.00		0.00	0.40	0.60	0.00	0.00000	0.00	0.10	0.50	0.15	0.19	1.20	1.15	0.00			
	13	1				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.10	0.03272	0.04	0.13	0.52	0.18	0.22	1.20	1.15	0.00			
	14	2				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.10	0.03272	0.04	0.13	0.52	0.18	0.22	1.20	1.15	0.00			
	15	3				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.10	0.03272	0.04	0.13	0.52	0.18	0.22	1.20	1.15	0.00			
	16	4				4	0.80	12.80	0.40	5.12	0.40	0.60	0.10	0.03272	0.04	0.13	0.52	0.18	0.22	1.20	1.15	1.54	1.23	1.38	1.69
	17	5				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.10	0.03272	0.04	0.13	0.52	0.18	0.22	1.20	1.15	0.00			
	18	6				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.10	0.03272	0.04	0.13	0.52	0.18	0.22	1.20	1.15	0.00			
	19	7				4	0.80	9.60	0.40	3.84	0.40	0.60	0.10	0.03272	0.04	0.13	0.52	0.18	0.22	1.20	1.15	1.15	0.92	1.04	1.27
	20	8				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.13	0.05531	0.07	0.16	0.53	0.20	0.24	1.20	1.15	0.00			
	21	9				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.13	0.05531	0.07	0.16	0.53	0.20	0.24	1.20	1.15	0.00			
	22	10				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.13	0.05531	0.07	0.16	0.53	0.20	0.24	1.20	1.15	0.00			
	23	11				4	0.80	12.80	0.40	5.12	0.40	0.60	0.13	0.05531	0.07	0.16	0.53	0.20	0.24	1.20	1.15	1.69	1.35	1.52	1.85
	24	12				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.13	0.05531	0.07	0.16	0.53	0.20	0.24	1.20	1.15	0.00			
	25	13				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.13	0.05531	0.07	0.16	0.53	0.20	0.24	1.20	1.15	0.00			
	26	14				4	0.80	9.60	0.40	3.84	0.40	0.60	0.13	0.05531	0.07	0.16	0.53	0.20	0.24	1.20	1.15	1.26	1.01	1.14	1.39
	27	15				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.15	0.07363	0.10	0.17	0.54	0.21	0.26	1.20	1.15	0.00			
	28	16				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.15	0.07363	0.10	0.17	0.54	0.21	0.26	1.20	1.15	0.00			
	29	17				4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.15	0.07363	0.10	0.17	0.54	0.21	0.26	1.20	1.15	0.00			
	30	18				4	0.80	12.80	0.40	5.12	0.40	0.60	0.15	0.07363	0.10	0.17	0.54	0.21	0.26	1.20	1.15	1.80	1.44	1.62	1.99



Caudal del emisor qa(lt/hr)	Separacion entre emisores Se (m)	Separacion entre lineas de emisores SI (m)	Numero de emisores/m2 e	Precipitacion del sistema (Pp) (mm/hr)	Infiltracion basica (mm/hr)	100%Tiempo de riego (hr)	80%Tiempo de riego (hr)	90%Tiempo de riego (hr)	110%Tiempo de riego (hr)				
4	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.11	0.09	0.10	0.13	6.84	5.47	6.15	7.52
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.09	0.07	0.08	0.09	5.13	4.10	4.61	5.64
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.12	0.10	0.11	0.14	7.49	5.99	6.74	8.24

Fecha		Dia del proyecto	Altura del tanque 7 a.m. (cm)	Altura del tanque 7p.m. (cm)	EVT (mm)	Kb	ETo (mm)	Kc	100%/ETc (mm)	n: Distancia entre plantas (m)	m: Distancia entre surco (m)	a:Diametro de copa de Planta (m)	A: Fraccion de área sombreada por el cultivo (a medio dia) (%)	Aljibury KI:	Decroix KI:	Hoare KI:	Keller KI:	Efecto de localizacion (KI)	Variacion Climatica (Kcl)	Variacion por adveccion (Kd)	100%Etrl (mm)	80%Etrl (mm)	90%Etrl (mm)	110%Etrl (mm)
Mes	Día del mes																							

<b>OCTUBRE</b>	1	19			4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.15	0.07363	0.10	0.17	0.54	0.21	0.26	1.20	1.15	0.00			
	2	20			4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.15	0.07363	0.10	0.17	0.54	0.21	0.26	1.20	1.15	0.00			
	3	21			4	0.80	9.60	0.40	3.84	0.40	0.60	0.15	0.07363	0.10	0.17	0.54	0.21	0.26	1.20	1.15	1.35	1.08	1.22	1.49
	4	22			4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.15	0.07363	0.10	0.17	0.54	0.21	0.26	1.20	1.15	0.00			
	5	23			4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.15	0.07363	0.10	0.17	0.54	0.21	0.26	1.20	1.15	0.00			
	6	24			4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.15	0.07363	0.10	0.17	0.54	0.21	0.26	1.20	1.15	0.00			
	7	25			4	0.80	12.80	0.40	5.12	0.40	0.60	0.20	0.13090	0.18	0.23	0.57	0.26	0.31	1.20	1.15	2.18	1.74	1.96	2.40
	8	26			4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.20	0.13090	0.18	0.23	0.57	0.26	0.31	1.20	1.15	0.00			
	9	27			4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.20	0.13090	0.18	0.23	0.57	0.26	0.31	1.20	1.15	0.00			
	10	28			4	0.80	9.60	0.40	3.84	0.40	0.60	0.20	0.13090	0.18	0.23	0.57	0.26	0.31	1.20	1.15	1.63	1.31	1.47	1.80
	11	29			4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.20	0.13090	0.18	0.23	0.57	0.26	0.31	1.20	1.15	0.00			
	12	30			4		0.00	0.40	0.00	0.40	0.60	0.28	0.25656	0.34	0.36	0.63	0.37	0.42	1.20	1.15	0.00			
	13	31			4		0.00	0.42	0.00	0.40	0.60	0.28	0.25656	0.34	0.36	0.63	0.37	0.42	1.20	1.15	0.00			
	14	32			4	0.80	12.80	0.43	5.53	0.40	0.60	0.28	0.25656	0.34	0.36	0.63	0.37	0.42	1.20	1.15	3.24	2.59	2.91	3.56
	15	33			4		0.00	0.45	0.00	0.40	0.60	0.28	0.25656	0.34	0.36	0.63	0.37	0.42	1.20	1.15	0.00			
	16	34			4		0.00	0.46	0.00	0.40	0.60	0.28	0.25656	0.34	0.36	0.63	0.37	0.42	1.20	1.15	0.00			
	17	35			4	0.80	9.60	0.48	4.61	0.40	0.60	0.35	0.40088	0.54	0.50	0.70	0.49	0.56	1.20	1.15	3.55	2.84	3.19	3.90
	18	36			4		0.00	0.50	0.00	0.40	0.60	0.35	0.40088	0.54	0.50	0.70	0.49	0.56	1.20	1.15	0.00			
	19	37			4		0.00	0.51	0.00	0.40	0.60	0.35	0.40088	0.54	0.50	0.70	0.49	0.56	1.20	1.15	0.00			
	20	38			4		0.00	0.53	0.00	0.40	0.60	0.35	0.40088	0.54	0.50	0.70	0.49	0.56	1.20	1.15	0.00			
	21	39			4	0.80	12.80	0.54	6.96	0.40	0.60	0.35	0.40088	0.54	0.50	0.70	0.49	0.56	1.20	1.15	5.35	4.28	4.82	5.89
	22	40			4		0.00	0.56	0.00	0.40	0.60	0.35	0.40088	0.54	0.50	0.70	0.49	0.56	1.20	1.15	0.00			
	23	41			4		0.00	0.58	0.00	0.40	0.60	0.35	0.40088	0.54	0.50	0.70	0.49	0.56	1.20	1.15	0.00			
	24	42			4	0.80	9.60	0.59	5.68	0.40	0.60	0.40	0.52360	0.70	0.62	0.76	0.60	0.67	1.20	1.15	5.26	4.20	4.73	5.78
	25	43			4		0.00	0.61	0.00	0.40	0.60	0.40	0.52360	0.70	0.62	0.76	0.60	0.67	1.20	1.15	0.00			
	26	44			4		0.00	0.62	0.00	0.40	0.60	0.40	0.52360	0.70	0.62	0.76	0.60	0.67	1.20	1.15	0.00			
	27	45			4		0.00	0.64	0.00	0.40	0.60	0.40	0.52360	0.70	0.62	0.76	0.60	0.67	1.20	1.15	0.00			
	28	46			4	0.80	12.80	0.66	8.40	0.40	0.60	0.40	0.52360	0.70	0.62	0.76	0.60	0.67	1.20	1.15	7.77	6.22	7.00	8.55
	29	47			4		0.00	0.67	0.00	0.40	0.60	0.40	0.52360	0.70	0.62	0.76	0.60	0.67	1.20	1.15	0.00			
	30	48			4		0.00	0.69	0.00	0.40	0.60	0.40	0.52360	0.70	0.62	0.76	0.60	0.67	1.20	1.15	0.00			
	31	49			4	0.80	9.60	0.70	6.76	0.40	0.60	0.40	0.52360	0.70	0.62	0.76	0.60	0.67	1.20	1.15	6.26	5.00	5.63	6.88

0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	1.35	1.08	1.22	1.49	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	1.67	1.34	1.50	1.84
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	2.18	1.74	1.96	2.40	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	2.69	2.15	2.42	2.96
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	1.63	1.31	1.47	1.80	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	2.02	1.61	1.82	2.22
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	3.24	2.59	2.91	3.56	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	4.00	3.20	3.60	4.40
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	3.55	2.84	3.19	3.90	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	4.38	3.50	3.94	4.81
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	5.35	4.28	4.82	5.89	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	6.61	5.29	5.95	7.27
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	5.26	4.20	4.73	5.78	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	6.49	5.19	5.84	7.14
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	7.77	6.22	7.00	8.55	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	9.60	7.68	8.64	10.56
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	6.26	5.00	5.63	6.88	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	7.72	6.18	6.95	8.49



4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.13	0.11	0.12	0.15	8.02	6.42	7.22	8.82
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.10	0.08	0.09	0.11	6.02	4.81	5.41	6.62
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.16	0.13	0.15	0.18	9.68	7.74	8.71	10.65
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.12	0.10	0.11	0.13	7.26	5.81	6.53	7.99
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.24	0.19	0.22	0.26	14.39	11.51	12.95	15.83
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.26	0.21	0.24	0.29	15.76	12.61	14.18	17.33
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.40	0.32	0.36	0.44	23.79	19.03	21.41	26.17
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.39	0.31	0.35	0.43	23.36	18.69	21.02	25.70
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.58	0.46	0.52	0.63	34.55	27.64	31.09	38.00
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								

Fecha		Dia del proyecto	Altura del tanque 7 a.m. (cm)	Altura del tanque 7p.m. (cm)	EVT (mm)	Kb	ETo (mm)	Kc	100%Etc (mm)	n: Distancia entre plantas (m)	m: Distancia entre surco (m)	a:Diametro de copa de Planta (m)	A: Fraccion de área sombreada por el cultivo (a medio dia) (%)	Aljibury Ki:	Decroix Ki:	Hoare Ki:	Keller Ki:	Efecto de localizacion (Ki)	Variacion Climatica (Kcl)	Variacion por adveccion (Kd)	100%Etrl (mm)	80%Etrl (mm)	90%Etrl (mm)	110%Etrl (mm)
Mes	Día del mes																							

<b>NOVIEMBRE</b>	1	50			4		0.00	0.72	0.00	0.40	0.60	0.50	0.81812	1.10	0.92	0.91	0.85	0.94	1.20	1.15	0.00			
	2	51			4		0.00	0.74	0.00	0.40	0.60	0.50	0.81812	1.10	0.92	0.91	0.85	0.94	1.20	1.15	0.00			
	3	52			4	0.80	9.60	0.75	7.22	0.40	0.60	0.50	0.81812	1.10	0.92	0.91	0.85	0.94	1.20	1.15	9.39	7.51	8.45	10.33
	4	53	21.00	20.60	4		0.00	0.77	0.00	0.40	0.60	0.50	0.81812	1.10	0.92	0.91	0.85	0.94	1.20	1.15	0.00			
	5	54	20.60	21.10	5		0.00	0.78	0.00	0.40	0.60	0.50	0.81812	1.10	0.92	0.91	0.85	0.94	1.20	1.15	0.00			
	6	55	21.10	21.40	3		0.00	0.80	0.00	0.40	0.60	0.50	0.81812	1.10	0.92	0.91	0.85	0.94	1.20	1.15	0.00			
	7	56	21.40	21.70	3		0.00	0.82	0.00	0.40	0.60	0.50	0.81812	1.10	0.92	0.91	0.85	0.94	1.20	1.15	0.00			
	8	57	21.70	22.00	3		0.00	0.83	0.00	0.40	0.60	0.50	0.81812	1.10	0.92	0.91	0.85	0.94	1.20	1.15	0.00			
	9	58	22.00	22.50	5		0.00	0.85	0.00	0.40	0.60	0.50	0.81812	1.10	0.92	0.91	0.85	0.94	1.20	1.15	0.00			
	10	60	22.50	21.90	6	0.80	23.20	0.88	20.42	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	35.91	28.73	32.32	39.50
	11	61	21.90	21.40	5		0.00	0.90	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	12	62	21.40	21.00	4		0.00	0.91	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	13	63	21.00	20.70	3		0.00	0.93	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	14	64	20.70	21.20	5	0.80	13.60	0.94	12.84	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	22.58	18.06	20.32	24.84
	15	65	21.20	20.70	5		0.00	0.96	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	16	66	20.70	21.20	5		0.00	0.98	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	17	67	21.20	20.80	4	0.80	11.20	0.99	11.11	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	19.54	15.63	17.58	21.49
	18	68	20.80	20.50	3		0.00	1.01	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	19	69	20.50	20.0	5		0.00	1.02	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	20	70	20.00	19.60	4		0.00	1.04	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	21	71	19.60	19.10	5	0.80	13.60	1.06	14.36	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	25.25	20.20	22.73	27.78
	22	72	19.10	18.70	4		0.00	1.07	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	23	73	18.70	18.50	2		0.00	1.09	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	24	74	18.50	18.20	3	0.80	7.20	1.10	7.95	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	13.98	11.18	12.58	15.38
	25	75	18.20	17.9	3		0.00	1.12	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	26	76	17.90	17.60	3		0.00	1.14	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	27	77	17.60	17.20	4		0.00	1.15	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	28	78	17.20	17.00	2	0.80	9.60	1.17	11.21	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	19.71	15.77	17.74	21.68
	29	79	17.00	16.80	2		0.00	1.18	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			
	30	80	16.80	16.40	4		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.60	1.17810	1.58	1.28	1.09	1.15	1.27	1.20	1.15	0.00			

Pe: Precipitación efectiva (mm)	Ac:Aporte del agua capilar (mm)	Aa:Aporte del agua almacenada (mm)	100%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	80%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	90%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	110%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	CU:	Ea:	CEI: mmhos/cm	CEe: mmhos/cm	f:	1-Ea:	LR:	100%/Necesidades Totales (Nt) (mm)	80%/Necesidades Totales (Nt) (mm)	90%/Necesidades Totales (Nt) (mm)	110%/Necesidades Totales (Nt) (mm)
---------------------------------------	--	---	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-----	-----	------------------	------------------	----	-------	-----	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	9.39	7.51	8.45	10.33	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	11.59	9.27	10.43	12.75
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	35.91	28.73	32.32	39.50	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	44.33	35.47	39.90	48.77
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.260	1.00	0.10	0.62	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	22.58	18.06	20.32	24.84	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	27.88	22.30	25.09	30.66
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	19.54	15.63	17.58	21.49	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	24.12	19.30	21.71	26.53
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			

Caudal del emisor qa (lt/hr)	Separacion entre emisores Se (m)	Separacion entre lineas de emisores Sl (m)	Numero de emisores/m <sup>2</sup> e	Precipitacion del sistema (Pp) (mm/hr)	Infiltracion basica (mm/hr)	100%Tiempo de riego (hr)	80%Tiempo de riego (hr)	90%Tiempo de riego (hr)	110%Tiempo de riego (hr)				
------------------------------	----------------------------------	--	-------------------------------------	--	-----------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--	--	--	--

4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	2.66	2.13	2.39	2.93	159.60	127.68	143.64	175.56
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					2h 33m	2h 2m	2h 17m	2h 48m
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	1.67	1.34	1.51	1.84	100.35	80.28	90.32	110.39
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					1 50m	1 30m	1 40m	2 h
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	1.45	1.16	1.30	1.59	86.83	69.47	78.15	95.52
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					1 40m	1 20m	1 30m	1 50m
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	1.87	1.50	1.68	2.06	112.23	89.79	101.01	123.46
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					2 10m	1 45m	1 55min	2 20
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	1.04	0.83	0.93	1.14	62.13	49.71	55.92	68.35
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					1 h 12min	57min	1h 5min	1 20min
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	1.46	1.17	1.31	1.61	87.61	70.09	78.85	96.38
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					1h 41m	1h 21m	1h 31m	1h 51m

Fecha		Día del proyecto	Altura del tanque 7 a.m. (cm)	Altura del tanque 7p.m. (cm)	EVT (mm)	Kb	ETo (mm)	Kc	100%ETc (mm)	n: Distancia entre plantas (m)	m: Distancia entre surco (m)	a: Diámetro de copa de Planta (m)	A: Fracción de área sombreada por el cultivo (a medio día) (%)	Aljibury Kl:	Decroix Kl:	Hoare Kl:	Keller Kl:	Efecto de localización (Kl)	Variación Climática (Kcl)	Variación por advección (Kd)	100%Etrl (mm)	80%Etrl (mm)	90%Etrl (mm)	110%Etrl (mm)
Mes	Día del mes																							

<b>DICIEMBRE</b>	1	81	21.00	20.60	4.0	0.85	8.50	1.20	10.20	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	23.46	18.77	21.12	25.81
	2	82	20.60	20.40	2.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	3	83	20.40	20.00	4.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	4	84	20.00	19.70	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	5	85	19.70	19.50	2.0	0.85	9.35	1.20	11.22	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	25.81	20.65	23.23	28.39
	6	86	19.50	19.20	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	7	87	19.20	19.00	2.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	8	88	19.00	18.60	4.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	9	89	18.60	18.10	5.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	10	90	18.10	18.00	1.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	11	91	18.00	17.60	4.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	12	92	17.60	17.30	3.0	0.85	18.70	1.20	22.44	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	51.61	41.29	46.45	56.78
	13	93	17.30	17.00	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	14	94	17.00	16.60	4.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	15	95	16.60	16.20	4.0	0.85	9.35	1.20	11.22	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	25.81	20.65	23.23	28.39
	16	96	16.20	15.90	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	17	97	21.00	20.70	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	18	98	20.70	20.40	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	19	99	20.40	20.20	2.0	0.85	6.80	1.20	8.16	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	18.77	15.02	16.89	20.65
	20	100	20.20	19.80	4.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	21	101	19.80	19.40	4.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	22	102	19.40	19.00	4.0	0.85	10.20	1.20	12.24	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	28.15	22.52	25.34	30.97
	23	103	19.00	18.50	5.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	24	104	18.50	18.00	5.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	25	105	18.00	17.50	5.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	26	106	17.50	17.00	5.0	0.85	12.75	1.20	15.30	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	35.19	28.15	31.67	38.71
	27	107	17.00	16.60	4.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	28	108	16.60	16.25	3.5		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	29	109	16.25	16.10	1.5	0.85	7.65	1.20	9.18	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	21.12	16.89	19.00	23.23
	30	110	16.10	15.80	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			
	31	111	21.00	20.60	4.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00			

Pe: Precipitación efectiva (mm)	Ac:Aporte del agua capilar (mm)	Aa:Aporte del agua almacenada (mm)	100%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	80%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	90%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	110%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	CU:	Ea:	CEi: mmhos/cm	CEe: mmhos/cm	f:	1-Ea:	LR:	100%/Necesidades Totales (Nt) (mm)	80%/Necesidades Totales (Nt) (mm)	90%/Necesidades Totales (Nt) (mm)	110%/Necesidades Totales (Nt) (mm)
---------------------------------------	--	---	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-----	-----	------------------	------------------	----	-------	-----	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

0.00	0.00	0.00	23.46	18.77	21.12	25.81	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	28.96	23.17	26.07	31.86
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
10.45	0.00	0.00	15.36	10.20	12.78	17.94	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	18.96	12.59	15.77	22.15
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.95	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
4.75	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	45.91	35.59	40.75	51.08	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	56.68	43.94	50.31	63.06
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	25.81	20.65	23.23	28.39	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	31.86	25.49	28.67	35.05
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00					90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	18.77	15.02	16.89	20.65	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	23.17	18.54	20.85	25.49
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	28.15	22.52	25.34	30.97	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	34.76	27.81	31.28	38.23
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	35.19	28.15	31.67	38.71	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	43.45	34.76	39.10	47.79
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	21.12	16.89	19.00	23.23	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	26.07	20.85	23.46	28.67
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			



Fecha		Día del proyecto	Altura del tanque 7 a.m. (cm)	Altura del tanque 7p.m. (cm)	EVT (mm)	Kb	ETo (mm)	Kc	100%ETc (mm)	n: Distancia entre plantas (m)	m: Distancia entre surco (m)	a: Diámetro de copa de Planta (m)	A: Fracción de área sombreada por el cultivo (a medio día) (%)	Aljibury Kl:	Decroix Kl:	Hoare Kl:	Keller Kl:	Efecto de localización (Kl)	Variación Climática (Kcl)	Variación por advección (Kd)	100%Etrl (mm)	80%Etrl (mm)	90%Etrl (mm)	110%Etrl (mm)
Mes	Día del mes																							

<b>ENERO</b>	1	112	21.60	21.30	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	2	113	21.30	21.00	3.0	0.85	8.50	1.20	10.20	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	23.46	18.77	21.12	25.81	
	3	114	21.00	20.50	5.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	4	115	20.50	20.20	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	5	116	20.20	19.80	4.0	0.85	10.20	1.20	12.24	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	28.15	22.52	25.34	30.97	
	6	117	19.80	19.50	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	7	118	19.50	19.30	2.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	8	119	19.30	19.00	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	9	120	19.00	18.80	2.0	0.85	8.50	1.20	10.20	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	23.46	18.77	21.12	25.81	
	10	121	18.80	18.60	2.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	11	122	18.60	18.30	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	12	123	18.30	18.10	2.0	0.85	5.95	1.20	7.14	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	16.42	13.14	14.78	18.07	
	13	124	18.10	17.80	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	14	125	17.80	17.40	4.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	15	126	17.40	17.10	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	16	127	17.10	16.80	3.0	0.85	11.05	1.20	13.26	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	30.50	24.40	27.45	33.55	
	17	128	16.80	16.40	4.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	18	129	16.40	16.10	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	19	130	16.10	15.70	4.0	0.85	9.35	1.20	11.22	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	25.81	20.65	23.23	28.39	
	20	131	21.00	20.70	3.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	21	132	20.70	20.20	5.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	22	133	20.20	19.80	4.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	23	134	19.80	19.30	5.0	0.85	14.45	1.20	17.34	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	39.88	31.91	35.90	43.87	
	24	135	19.30	18.70	6.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	25	136	18.70	18.20	5.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	26	137	18.20	17.80	4.0	0.85	12.75	1.20	15.30	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	35.19	28.15	31.67	38.71	
	27	138	17.80	17.30	5.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	28	139	17.30	16.70	6.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	29	140	16.70	16.20	5.0		0.00	1.20	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	30	141	21.00	20.30	7.0	0.85	19.55	1.19	23.17	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	53.29	42.63	47.96	58.62	
	31	142	20.30	19.80	5.0		0.00	1.17	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				



Pe: Precipitación efectiva (mm)	Ac:Aporte del agua capilar (mm)	Aa:Aporte del agua almacenada (mm)	100%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	80%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	90%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	110%/Necesidades Netas (Nn) (mm)	CU:	Ea:	CEI: mmhos/cm	CEe: mmhos/cm	f:	1-Ea:	LR:	100%/Necesidades Totales (Nt) (mm)	80%/Necesidades Totales (Nt) (mm)	90%/Necesidades Totales (Nt) (mm)	110%/Necesidades Totales (Nt) (mm)
---------------------------------------	--	---	-------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-----	-----	------------------	------------------	----	-------	-----	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	23.46	18.77	21.12	25.81	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	28.96	23.17	26.07	31.86
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	28.15	22.52	25.34	30.97	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	34.76	27.81	31.28	38.23
8.55	0.00	0.00	-8.55				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	19.18			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	23.46	18.77	21.12	25.81	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	28.96	23.17	26.07	31.86
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
4.75	0.00	0.00	11.67	8.39	10.03	13.32	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	14.41	10.36	12.38	16.44
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.95	0.00	0.00	-0.95				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	2.13			
0.00	0.00	0.00	29.55	23.45	26.50	32.60	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	36.48	28.95	32.72	40.25
2.85	0.00	0.00	-2.85				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	6.39			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	22.96	17.80	20.38	25.54	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	28.34	21.97	25.16	31.53
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
7.60	0.00	0.00	-7.60				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	17.05			
0.00	0.00	0.00	32.28	24.31	28.30	36.27	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	39.86	30.01	34.93	44.78
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	35.19	28.15	31.67	38.71	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	43.45	34.76	39.10	47.79
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			
0.00	0.00	0.00	53.29	42.63	47.96	58.62	90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	65.79	52.64	59.22	72.37
0.00	0.00	0.00	0.00				90%	90%	0.32	0.107	1.00	0.10	1.50	0.00			

Caudal del emisor qa(lt/hr)	Separacion entre emisores Se (m)	Separacion entre lineas de emisores SI (m)	Numero de emisores/m2 e	Precipitacion del sistema (Pp) (mm/hr)	Infiltracion basica (mm/hr)	100%Tiempo de riego (hr)	80%Tiempo de riego (hr)	90%Tiempo de riego (hr)	110%Tiempo de riego (hr)
-----------------------------	----------------------------------	--	-------------------------	--	-----------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------

4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	1.74	1.39	1.56	1.91	104.27	83.42	93.84	114.70
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					1h 54m	1h 31m	1h 43m	2h 5m
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	2.09	1.67	1.88	2.29	125.13	100.10	112.61	137.64
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					2h 17m	1h 49m	2h 3m	2h 31m
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	1.74	1.39	1.56	1.91	104.27	83.42	93.84	114.70
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					1h 20m	1h 4m	1h 12m	1h 28m
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	0.86	0.62	0.74	0.99	51.88	37.28	44.58	59.18
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					1h	44m	52m	1h 8m
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	2.19	1.74	1.96	2.41	131.33	104.22	117.78	144.89
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					2h 24m	1h 54m	2h 9m	2h 39m
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	1.70	1.32	1.51	1.89	102.03	79.09	90.56	113.50
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					2h 5m	1h 41m	1h 53m	2h 18m
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	2.39	1.80	2.10	2.69	143.48	108.03	125.76	161.21
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					2h 42m	2h 3m	2h 22m	3h 1m
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	2.61	2.09	2.35	2.87	156.41	125.13	140.77	172.05
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					2h 51m	2h 17m	2h 34m	3h 8m
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45								
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45	3.95	3.16	3.55	4.34	236.86	189.49	213.17	260.55
4.00	0.40	0.60	4.17	16.67	22.45					4h 19m	3h 27m	3h 53m	4h 45m

Fecha		Dia del proyecto	Altura del tanque 7 a.m. (cm)	Altura del tanque 7p.m. (cm)	EVT (mm)	Kb	ETo (mm)	Kc	100%Etc (mm)	n: Distancia entre plantas (m)	m: Distancia entre surco (m)	a:Diametro de copa de Planta (m)	A: Fraccion de área sombreada por el cultivo (a medio dia) (%)	Aljibury Kl:	Decroix Kl:	Hoare Kl:	Keller Kl:	Efecto de localizacion (Kl)	Variacion Climatica (Kcl)	Variacion por adveccion (Kd)	100%Etrl (mm)	80%Etrl (mm)	90%Etrl (mm)	110%Etrl (mm)
Mes	Día del mes																							

<b>FEBRERO</b>	1	143	19.80	19.30	5.0		0.00	1.16	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	2	144	19.30	18.80	5.0	0.85	12.75	1.14	14.54	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	33.44	26.75	30.10	36.79	
	3	145	18.80	18.30	5.0		0.00	1.13	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	4	146	18.30	17.80	5.0		0.00	1.11	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	5	147	17.80	17.10	7.0		0.00	1.10	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	6	148	17.10	16.60	5.0	0.85	18.70	1.08	20.20	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	46.46	37.17	41.82	51.11	
	7	149					0.00	1.07	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	8	150					0.00	1.05	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	9	151					0.00	1.04	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	10	152					0.00	1.02	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	11	153					0.00	1.01	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	12	154					0.00	0.99	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	13	155					0.00	0.98	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	14	156					0.00	0.96	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	15	157					0.00	0.95	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	16	158					0.00	0.93	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	17	159					0.00	0.92	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	18	160					0.00	0.90	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	19	161					0.00	0.89	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	20	162					0.00	0.87	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	21	163					0.00	0.86	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	22	164					0.00	0.84	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	23	165					0.00	0.83	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	24	166					0.00	0.81	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	25	167					0.00	0.80	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	26	168					0.00	0.78	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	27	169					0.00	0.77	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	28	170					0.00	0.75	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				
	29	171					0.00	0.74	0.00	0.40	0.60	0.70	1.60352	2.15	1.70	1.30	1.51	1.67	1.20	1.15	0.00				



Caudal del emisor qa(lt/hr)	Separacion entre emisores Se (m)	Separacion entre lineas de emisores SI (m)	Numero de emisores/m <sup>2</sup> e	Precipitacion del sistema (Pp) (mm/hr)	Infiltracion basica (mm/hr)	100%Tiempo de riego (hr)	80%Tiempo de riego (hr)	90%Tiempo de riego (hr)	110%Tiempo de riego (hr)
-----------------------------	----------------------------------	--	-------------------------------------	--	-----------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------

4.17	16.67	22.45								<b>4h 19m</b>	<b>3h 27m</b>	<b>3h 53m</b>	<b>4h 45m</b>
4.17	16.67	22.45											
4.17	16.67	22.45		2.48	1.98	2.23	2.73			148.64	118.91	133.77	163.50
4.17	16.67	22.45								<b>2h 43m</b>	<b>2h 10m</b>	<b>2h 26m</b>	<b>2h 59m</b>
4.17	16.67	22.45											
4.17	16.67	22.45											
4.17	16.67	22.45		3.44	2.75	3.10	3.79			206.50	165.20	185.85	227.15
4.17	16.67	22.45								<b>3h 35m</b>	<b>2h 52m</b>	<b>3h 14m</b>	<b>3h 54m</b>



**Anexo 8.** Actividades que se realizó en el proyecto de tesis.



Preparación del terreno y surcado



prueba de infiltración



Calicata para determinar el perfil del suelo



Demarcación de los surcos





## Anexo 9. Actividad de instalación del sistema de riego



instalación del cabezal de riego



instalación de accesorios a las parcelas



control de la presión



instalación de los laterales a 25 cm

**Anexo 10. labores culturales.**





## Anexo 11. Aforo y calibración con el Parshal



## Anexo 12. Control de humedad del suelo método gravimétrico



secado de muestras en la estufa



pesado de la muestra después del riego



pesado de la muestra para obtener el porcentaje de humedad por el método gravimétrico



**Anexo 13. Muestra de los goteros bajo riego sub superficial al final del trabajo.**



**Anexo 14. Coeficiente de uniformidad antes y después del proyecto**



**Realizando la medición con la ayuda de una probeta**





## ANEXO 15. Evaluación del rendimiento del cultivo de maíz morado



cosecha del maíz morado de cada tratamiento





**Anexo 16. Rendimiento mediante el sistema de riego superficial.**



Pesada de maíz morado de acuerdo a cada tratamiento por riego superficial.



**Anexo 17. Rendimiento mediante el sistema de riego sub superficial.**



Pesada de maíz morado de acuerdo a cada tratamiento por riego sub superficial.