

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**DEMANDA HIDRICA DEL CULTIVO DE BETERRAGA (*Beta vulgaris L.*)  
CON RIEGO POR GOTEO EN EL CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA**

Tesis presentada por la bachiller en  
Ciencias Agrarias, **MILY MILAGROS  
ZEGARRA PEÑA** Para optar al Título  
Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO.**

Asesor:

**Dr. CARLOS JESUS BACA GARCIA.**

**K'AYRA - CUSCO**

**2019**

## DEDICATORIA

*A DIOS quien me guio por los caminos correctos y así haber podido llegar a este sueño tan importante en mi vida.*

*Con mucho afecto y gratitud a mis queridos padres Eusebio Zegarra Abrigo y Logria Peña Conteras, por darme la vida, quienes, con su sacrificio, dedicación, comprensión, amor y trabajo me educaron y apoyaron en toda mi formación profesional e hicieron posible la culminación de mis estudios.*

*A mis hermanas queridas, Kely, Yanely y Jenedy; que de una u otra forma a lo largo de nuestras vidas han estado en mi vida, para reír, llorar y solidarizarnos; quienes sembraron esa confianza y esa motivación enorme para llegar a mis objetivos, a mi pequeño querido sobrino Fabricio; gracias por estar siempre en todo momento junto a mí.*

*A Alex Dene Florez Huallpa, tu ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos. Este trabajo no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían.*

*Te lo agradezco muchísimo, mi amor.*

## AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento a la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO** en especial a la **ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**, la cual me abrió sus puertas para formarme profesionalmente.

A todos mis docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, quienes me brindaron su conocimiento y apoyo para mi formación profesional.

Mi más sincero agradecimiento a mi asesor de tesis **Dr. Carlos Jesús Baca García**, quien me oriento y guio durante todo el desarrollo del presente trabajo de tesis.

A mis amig@s, quienes me apoyaron incondicionalmente, acompañaron y motivaron dentro y fuera de las aulas universitarias, supieron aceptarme para complementarnos con nuestras debilidades y fortalezas e hicieron de lado nuestras diferencias y me brindaron su amistad, confianza y apoyo.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	IX
INTRODUCCION .....	X
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Identificación del problema. ....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. Problema general. ....	2
1.2.2. Problema específico. ....	2
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN .....	3
2.1. OBJETIVOS.....	3
2.1.1. Objetivo general.....	3
2.1.2. Objetivos específicos.....	3
2.2. JUSTIFICACIÓN.....	4
III. HIPOTESIS.....	5
3.1. Hipótesis general. ....	5
3.2. Hipótesis específica.....	5
IV. MARCO TEORICO .....	6
4.1. IMPORTANCIA DEL AGUA EN LA AGRICULTURA.....	6
4.2. SISTEMAS DE RIEGO .....	6
4.3. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.....	6
4.3.1. Tipos de riego por goteo:.....	6
4.3.2. Ventajas del riego por goteo:.....	7
4.3.3. Desventajas del riego por goteo: .....	7
4.3.4. Componentes de la instalación:.....	7
4.4. DISEÑO AGRONOMICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO .....	10
4.4.1. Coeficiente del cultivo (Kc) .....	10
4.4.2. Evapotranspiración del cultivo .....	10
4.4.3. Consumo diario.....	10

4.4.4.	Láminas de riego.....	11
4.4.5.	Tiempo de riego.....	11
4.5.	EFICIENCIA DE RIEGO.....	12
4.6.	FACTOR DE AGOTAMIENTO O SECAMIENTO.....	13
4.7.	ESTUDIO DEL SUELO.....	13
4.7.1.	Profundidad efectiva del suelo	13
4.7.2.	Profundidad efectiva o zona radicular del cultivo (z):.....	14
4.8.	RELACIÓN AGUA-PLANTA Y EL SUELO.....	14
4.8.1.	Evaporación.....	14
4.8.2.	Transpiración.....	15
4.8.3.	Evapotranspiración.....	15
4.9.	MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	16
4.9.1.	Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ).....	16
4.9.2.	El tanque clase A.....	17
4.9.3.	Atmómetro otro instrumento para medir la evapotranspiración de referencia.....	19
4.9.4.	Cálculo de la evapotranspiración de cultivo (ET <sub>c</sub> ).....	19
4.9.5.	Coeficiente de cultivo (K <sub>c</sub> ).....	20
4.10.	COEFICIENTES O CONSTANTES DE HUMEDAD.....	21
4.11.	Estudio meteorológico.....	22
4.11.1.	Importancia del clima en la producción.....	22
4.11.2.	Humedad relativa.....	22
4.11.3.	El viento.....	22
4.11.4.	Precipitación.....	23
4.12.	CULTIVO DE BETERRAGA.....	23
4.12.1.	Posición taxonómica.....	23
4.12.2.	Variedades.....	24
4.12.3.	Valor nutritivo de la Beterraga.....	25
4.12.4.	Riego.....	26
4.12.5.	Exigencias de la planta:.....	26

4.12.6. Preparación de suelo y siembra .....	27
4.12.7. Técnicas de cultivo y recolección .....	27
4.12.8. Plagas y enfermedades .....	28
4.12.9. Propiedades medicinales.....	28
4.12.10.Rendimiento.....	30
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	31
5.2. UBICACIÓN ESPACIAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	31
5.3. Historial del campo experimental.....	31
MAPA N°1: UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	32
5.4. UBICACIÓN TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN .....	33
5.5. MATERIALES .....	33
5.6. METODOLOGÍA .....	34
5.6.1. Aspectos generales del campo experimental .....	34
5.6.2. Características del campo experimental.....	35
5.6.3. Manejo de la investigación .....	38
5.6.3.1. Trazado de las parcelas del campo experimental.....	38
5.6.3.2. Preparación del terreno .....	38
5.6.3.3. Ubicación de las tuberías .....	39
5.6.3.4. Labores de Siembra .....	42
5.6.3.5. Emergencia de las semillas .....	43
5.6.3.6. Deshierbe .....	44
5.6.3.7. Cosecha .....	44
5.7. Diseño Agronómico .....	45
5.7.1. Se utilizo el tanque evaporímetro clase A.....	45
5.7.2. Coeficiente de cultivo (Kc).....	45
5.7.3. Cálculo de la ETc.....	47
5.7.4. Cálculo de las láminas de riego .....	47
5.7.5. Consumo diario de agua.....	49
5.7.6. Tiempo de riego.....	49
5.7.7. Frecuencia de riego .....	50

5.8. Demanda hídrica. ....	52
5.9. Variables e indicadores evaluados .....	52
5.9.1. Evaluación de variables .....	52
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	55
VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	59
SUGERENCIAS .....	60
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	61
IX. ANEXO .....	63

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación “**DEMANDA HIDRICA DEL CULTIVO DE BETERRAGA (*Beta vulgaris L.*) CON RIEGO POR GOTEO EN EL CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA**”, fue realizado en la parcela C-2 del Centro Agronómico K'ayra en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

El tipo de investigación es descriptivo – evaluativo, el trabajo de investigación se inició el 15 de agosto y culminó el 12 de noviembre del 2016. Se tuvo una parcela dividida en cuatro bloques, cuya parcela se trabajó con el factor de agotamiento de 0.50 propuesta por la FAO Boletín 56.

Este factor de agotamiento de 0.50 nos da a entender que el cultivo de beterraga no puede perder más del 50 % de agua de su capacidad de campo.

Para determinar la demanda hídrica mediante el tanque evaporímetro clase A. fueron utilizados los datos de humedad relativa, velocidad del viento y la precipitación, datos obtenidos de la estación Meteorológica Agrícola Principal – K'ayra, así también se hizo uso de la tabla del coeficiente de tanque (Kp) propuesta por la FAO Boletín 56, estos datos fueron procesados en la planilla de riego, anexo N°2.

El cultivo de beterraga en los 90 días de evaluación demandó 160.21 mm de agua (1602.1  $m^3$ /ha), los cuales fueron aplicados como agua de riego.

Todas las plantas del cultivo de beterraga, recibieron la misma cantidad de agua al momento de aplicar el riego, garantizando su correcta distribución, llegando a producir 4.046 kg/1 $m^2$  (40460 kg/ ha).

La profundidad efectiva de la raíz del cultivo de beterraga, con un riego localizado es de 38 cm en todo el ciclo vegetativo del cultivo (90 días).

## INTRODUCCION

Uno de los efectos más preocupantes del cambio climático en el Perú es la reducción de la capacidad de almacenamiento natural del agua como consecuencia del retroceso de los glaciares, la desprotección de las cabeceras de cuenca y otros factores. Esto a su vez ocasiona una mayor variabilidad en el caudal de los ríos, que se traduce, por un lado, en una disminución de la disponibilidad de agua en las épocas de estiaje, afectando la capacidad productiva de las unidades agropecuarias.

La actividad agrícola en el Perú emplea más del 70% de agua, sin embargo, gran cantidad de agua como el 65% es perdida debido a la categoría de los diferentes sistemas de riego y las prácticas extensivas de los métodos de riego por gravedad el cual tiene una eficiencia de 30 - 45% este sistema por gravedad usa volúmenes mayores de agua a diferencia de los sistemas de riego tecnificado.

El mal uso del agua utilizados en los sistemas tradicionales, así como el desconocimiento de la cantidad de agua que requiere un cultivo en todo su ciclo vegetativo, conocer el momento oportuno para regar y hacer un adecuado uso del agua, con el fin de obtener mayor producción.

Ante este panorama, es preciso que nuestros agricultores cuenten con un sistema de riego tecnificado, al igual que cuenten con infraestructuras que les permita almacenar agua, de forma que se evite la pérdida de agua por filtración.

Al conocer este problema es necesario saber cuánta agua necesita un cultivo durante su desarrollo. Para lo cual es preciso usar el factor de agotamiento o secamiento (f) del cultivo de beterraga.

El riego localizado o riego por goteo cuya eficiencia es de 95% que dota así una cantidad proporcionada de agua al cultivo de beterraga, con irrigación del sistema de riego por localizado (goteo) se puede llegar con efectividad la utilización del agua.

Las precipitaciones, no cumplen con la demanda hídrica que los diferentes cultivos necesitan, son muy esporádicos, por lo que es necesario o preciso complementarlas con un sistema de riego tecnificado o riego localizad.

Teniendo en cuenta lo señalado, se planteó mejorar el uso adecuado del agua a través del trabajo de tesis titulada “**DEMANDA HIDRICA DEL CULTIVO DE BETERRAGA (*Beta vulgaris L.*) CON RIEGO POR GOTEO EN EL CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA**”

**LA AUTORA**

## I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Identificación del problema.

La beterraga es un cultivo que debe mantenerse con bastante humedad en el periodo de germinación y en la primera etapa de desarrollo de las plántulas por el tipo de raíz que posee.

Esto lleva al agricultor la aplicación continua de agua que en la mayoría de los casos esto resulta superiores a su necesidad, haciendo un uso ineficiente del agua.

El Perú presenta 36 % de cultivos bajo riego, 88% de los terrenos cultivados están con un sistema de riego por gravedad y el 12% con un sistema de riego presurizado, ya sea con riego por goteo o un riego por aspersión.

El bajo nivel tecnológico, las precarias infraestructuras utilizadas en su práctica, además de agricultores regantes poco hábiles en su operación se suman a estos problemas.

De manera que es imprescindible realizar estudios referentes al uso eficiente del agua bajo riego por goteo.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

### 1.2.1. Problema general.

¿Cuánto es la demanda hídrica en el cultivo de beterraga con riego por goteo en el centro agronómico k'ayra?

### 1.2.2. Problema específico.

- ❖ ¿Cuánto es la demanda hídrica del cultivo de beterraga (**Beta vulgaris L. Var Early wonder.**) con frecuencia de riego diario con factor de secamiento de 0.50?
- ❖ ¿cuál será la profundidad de la raíz del cultivo de beterraga (**Beta vulgaris L. Var. Early wonder**) en sus diferentes estadios con riego por goteo?
- ❖ ¿El rendimiento del cultivo de beterraga (**Beta vulgaris L. Var. Early wonder.**) con riego por goteo, es óptimo para las condiciones del centro agronómico k'ayra?

## II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

### 2.1. OBJETIVOS

#### 2.1.1. Objetivo general.

Calcular la demanda hídrica en el cultivo de beterraga (**Beta vulgaris L.**) con riego por goteo en el centro agronómico k'ayra, con el método del tanque clase A.

#### 2.1.2. Objetivos específicos.

- ❖ Determinar la demanda hídrica del cultivo de beterraga (**Beta vulgaris L. Var. Early wonder**) con riego localizado.
- ❖ Determinar la profundidad efectiva de la raíz del cultivo de beterraga (**Beta vulgaris L. Var. Early wonder**) en sus diferentes estadios, con riego localizado.
- ❖ Calcular el rendimiento del cultivo de beterraga (**Beta vulgaris L. Var. Early wonder**) con el sistema de riego por goteo.

## 2.2. JUSTIFICACIÓN.

Este trabajo de investigación busca determinar la demanda hídrica para el cultivo de beterraga (**Beta vulgaris L, var. Early wonder.**) durante todo su ciclo vegetativo, para tener mayor información y datos exactos del cultivo de beterraga en nuestra región del cusco, así como también:

1. El cálculo de la demanda hídrica del cultivo de beterraga (**Beta vulgaris L. var. Early wonder.**) con el método del tanque evaporímetro clase "A", para saber de qué cantidad de agua necesita el cultivo de beterraga en su desarrollo fenológico.
2. La evaluación de la profundidad efectiva de la raíz en riego localizado, esto, con el fin de comparar y analizar los datos propuestos por la FAO con riego tradicional en el boletín 56 cuadro 22.
3. La evaluación del rendimiento del cultivo de beterraga, esto, permitirá comparar el grado de producción frente a los estimados, en trabajos hechos con riego tradicional.

Los resultados obtenidos pueden servir de información a posteriores estudios que se pretendan realizar.

### **III. HIPOTESIS**

#### **3.1. Hipótesis general.**

La demanda hídrica posibilita el incremento de la eficiencia en la aplicación de agua en el cultivo de beterraga en el centro agronómico k'ayra.

#### **3.2. Hipótesis específica.**

- a) Con el uso del tanque clase "A" ayuda a calcular la demanda hídrica del cultivo de beterraga.
- b) El uso del sistema de riego por goteo ayuda a determinar la profundidad efectiva de raíz del cultivo de beterraga en sus diferentes estadios.
- c) Con un manejo adecuado del sistema de riego por goteo se obtendrá mejores rendimientos del cultivo de beterraga.

## **IV. MARCO TEORICO**

### **4.1. IMPORTANCIA DEL AGUA EN LA AGRICULTURA**

Según (Baca Garcia, 2013) Es necesario comprender cuánta agua se consume en la agricultura, dado que el problema de la disponibilidad hídrica se presentará cuando se comience a competir con la sociedad y la industria, este conflicto está relacionado con la interrogante ¿utilizo el agua para beber o para producir alimentos? Es decir, analizar la relación consumo de agua para la agricultura vs consumo de agua de uso poblacional.

Debido al sistema ineficiente de riego, más de la mitad del agua consumida por riego se desperdicia antes de llegar a los cultivos; así mismo, es una situación preocupante que no es solamente en la región cusco, sino a nivel nacional, los desperdicios o residuos sólidos no tratados de la población que son transportados por los sistemas de riego antes de que llegue a los campos de cultivo; el cambio climático generado por el calentamiento global, disminuirá la disponibilidad de agua dulce en el mundo, cuya accesibilidad se limita también por la contaminación de los recursos hídricos como es el caso del río Huatanay en el Cusco.

### **4.2. SISTEMAS DE RIEGO**

El sistema de riego es el conjunto de instalaciones técnicas que consta de diferentes componentes, estos garantizan el riego en una determinada área, aplicando así el agua necesaria para las plantas.

### **4.3. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.**

Según (Pizarro C.F, 1996) menciona que, el riego por goteo a diferencia del riego tradicional y de aspersión es un riego localizado de alta frecuencia, aquí el agua se conduce desde el depósito o fuente de abastecimiento a través de tuberías y en su destino se libera gota a gota justo en el lugar donde se ubica la planta. El agua se infiltra en el suelo produciendo una zona húmeda.

#### **4.3.1. Tipos de riego por goteo:**

Se pueden distinguir dos tipos fundamentales de riego por goteo:

- Riego por goteo subterráneo: muy poco extendido, por los problemas de raíces que presenta una determinada planta.
- Riego por goteo superficial: es el que más se ha extendido.

#### **4.3.2. Ventajas del riego por goteo:**

- Mejor aprovechamiento de agua.
- Aumento en la cantidad y calidad de las cosechas.
- Ahorro de mano de obra.
- Posibilidad de aplicación de fertilizantes y pesticidas con el agua de riego.
- Menos crecimiento de malas hierbas.
- Una rápida maduración del cultivo.
- Mejora la penetración de las raíces.
- Puede operar en suelos con muy baja tasa de infiltración.

#### **4.3.3. Desventajas del riego por goteo:**

- Exige una mayor inversión inicial.
- Sensibilidad al taparse.
- Hay que vigilar periódicamente el funcionamiento del cabezal y de los emisores, con el fin de prevenir las obstrucciones.
- Se necesita un personal cualificado.

#### **4.3.4. Componentes de la instalación:**

Según (FAO, 2006) Los componentes fundamentales de una instalación de riego localizado son los siguientes:

- ❖ Cabezal de riego.
- ❖ Red de tuberías o línea de distribución.
- ❖ Mecanismos emisores, goteros de agua.
- ❖ Dispositivos de control.

##### **a) Cabezal de riego**

Según (Fuentes Y.J.L, 2003) menciona que del cabezal depende en gran parte, el éxito o fracaso del riego, por lo que se debe prestar importancia a su instalación. Los componentes del cabezal tienen funciones importantes como regular la presión del agua, filtrar y dosificar fertilizantes.

##### **b) Red de tuberías o línea de distribución**

Según (Fernandez Gomes, 2010) La línea de distribución conduce el agua desde el cabezal hasta las plantas.

##### **c) Mecanismos emisores, goteros de agua**

Según (Fernandez Gomes, 2010) Son los elementos de la red que producen y

controlan la salida del agua desde los laterales.

#### **d) Filtrado del agua**

Según (Fuentes Y.J.L, 2003) menciona que el filtrado del agua consiste en retener las partículas contaminantes en el interior de una masa porosa (filtro de arena) o sobre una superficie filtrante (filtro de malla y filtro de anillas).

- ❖ Filtro de arena: sirve para retener contaminantes orgánicos e inorgánicos, es el tipo de filtro más adecuado para filtrar aguas muy contaminadas con partículas pequeñas o con gran cantidad de materia orgánica.
- ❖ Filtro de malla: la filtración se verifica en la superficie de una o más mallas concéntricas fabricadas de material no corrosivo. La calidad del filtro viene en función de la apertura de la malla denominada mesh, al número de orificios por pulgada lineal (2.54 mm).
- ❖ Filtro de anillas: el elemento filtrante es el conjunto de discos o anillas con caras asurcadas, que van montadas sobre un soporte central cilíndrico y con la superficie perforada. Las anillas se comprimen entre si al roscar la carcasa.

#### **e) Equipos de medición y control**

Según (Pino M.T y Barrera C.M., 1996) son:

- El Manómetro: es un aparato de lectura de presión del sistema, pueden estar ubicados en la tubería de descarga de la bomba, después de los filtros o en cualquier punto de la red, para ello se debe colocar previamente toma manométrica.
- Las Válvulas de control de flujo: son mecanismos que permiten regular el flujo de agua.
- Las Válvula de aire: permiten regular en forma adecuada el contenido de aire en el sistema, la importancia se debe a la formación de bolsas de aire, ocasionadas por el ingreso brusco del agua en las tuberías que pueden originar serias pérdidas de presión y sobrepresión que terminan en tuberías rotas. otra importancia es la posibilidad de la presencia de caídas bruscas de presión en las tuberías y que puede provocar un efecto de succión que termina por colapsar las tuberías.

- Válvulas de retención: son mecanismos diseñados para evitar el retorno del flujo, es decir son de un solo sentido. Normalmente se instalan a la salida de bombas hidráulicas y evitando el regreso del flujo de agua hacia la bomba, cuando esta deja de funcionar y protegen estas unidades de sobrecargas al momento de iniciar su trabajo.

#### **f) Líneas de Distribución**

Según (Bustamante J.A, 1996) Las líneas de distribución son redes de tuberías que conducen el agua desde la fuente o cabezal de riego hasta el emisor o goteros.

Las tuberías para el riego por goteo varían de acuerdo a los siguientes parámetros:

- ❖ El material: Pueden ser de PVC (poli cloruro de vinilo), PE (polietileno), fibrocemento, aluminio, fundición y acero, los más utilizados son PVC y PE.
- ❖ Presión de trabajo: es el valor de la presión interna máxima a la que puede estar sometida un tubo a la temperatura de utilización.
- ❖ El diámetro: Puede ser de diámetro nominal o exterior declarado por el fabricante y utilizado para identificar comercialmente y diámetro interior obtenido al promediar la medición de dos diámetros perpendiculares internos en una sección recta.

Según (Pizarro C.F, 1996) De acuerdo al tamaño del sistema de riego, las líneas de distribución pueden ser:

- ❖ Tubería de conducción: corresponde al conducto que lleva el agua desde la fuente hasta el primer nudo de la tubería principal, está presente en los sistemas de riego de tamaño considerable, en los que existe más de una tubería secundaria. En sistemas pequeños, en los que existe una sola tubería secundaria, la conducción y la principal son equivalentes.
- ❖ Tubería principal: corresponde a la línea que lleva el agua desde la tubería de conducción hasta las tuberías secundarias.
- ❖ Tubería secundaria: es el conducto que lleva el agua desde la tubería primaria hasta las tuberías terciarias, dependiendo del tamaño del sistema de riego pueden formar una verdadera red y su diseño depende del tamaño del sistema instalado.
- ❖ Tubería terciaria: es la línea sobre la cual se instala la tubería lateral,

generalmente está provisto de un regulador de presión y define la subunidad de riego. Su presencia es obligatoria en los sistemas de riego y pueden ser de PVC, polietileno negro, aluminio, asbesto, cemento, etc.

- ❖ Tubería lateral: es el conducto de último orden, sobre el cual se instala los emisores o goteros, el diseño depende: de la geometría establecida para la red de tuberías, de las condiciones topográficas del terreno, de la distancia entre emisores, del caudal que descargara por cada uno de ellos y del tipo, material y diámetros de la tubería disponible.

#### **4.4. DISEÑO AGRONÓMICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**

##### **4.4.1. Coeficiente del cultivo (Kc)**

Según (Ladrón de Guevara Rodríguez, 2005) menciona que este es un parámetro, que permite estimar la evapotranspiración real de un cultivo, en función de la evapotranspiración potencial es decir el Kc, permite conocer la demanda hídrica de un cultivo en ausencia de lisímetros, los valores de Kc.

##### **4.4.2. Evapotranspiración del cultivo**

Según (Ladrón de Guevara Rodríguez, 2005) Proceso combinado de evaporación desde el suelo y transpiración de las plantas. La evapotranspiración resulta ser un proceso inverso a la precipitación pluvial, esto se mide en mm/día.

Según (Olarte W, 2003) Para su cálculo se puede utilizar el siguiente método:

- Método del tanque de evaporación clase "A"

$$ET_c = EB \times K_p \times K_c$$

Donde:

EB = evaporación registrada en el vernier del tanque

Kp = coeficiente de la bandeja

Kc = constante del cultivo factor que depende de cada especie vegetal en particular.

##### **4.4.3. Consumo diario**

Según (Olarte H.W, 1987) Es la cantidad de agua que consume o demanda un cultivo en forma diaria, se puede expresar en forma m<sup>3</sup>/ha o en mm/ha.

#### 4.4.4. Láminas de riego.

Como se sabe cada cultivo necesita de agua para sobrevivir, desarrollarse y producir, que varía con los factores del clima. Se le conoce también como tasa de riego, dosis de riego y volumen de riego y se expresa en mm o m<sup>3</sup>/ha.

##### a) Lámina neta de riego (Ln).

Es la lámina neta, llamada también tasas de riego, es la cantidad de agua aplicada a un suelo en cada riego. Por tanto, su unidad de medida se expresa en mm de altura de agua aplicada. Se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$Ln = \frac{CC - PMP}{100} Pr \times da$$

Donde:

Ln: Lámina neta (mm)

Pr: Profundidad de la raíz (cm)

da: Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>)

CC: Capacidad de campo (%)

PMP: Punto de marchitez permanente (%)

##### a) Lámina bruta de riego (Lb)

Al aplicar riego a una parcela, se quiere que se produzca la menor cantidad de pérdida de agua. Es calculada con la siguiente ecuación:

$$Lb = \frac{Ln}{Ep}$$

Donde:

Lb = lámina bruta (mm)

Ln = lámina neta (mm).

Er = eficiencia parcelaria.

#### 4.4.5. Tiempo de riego

Según (Martínez B.L, 1998) menciona que es el periodo de aplicación de riego el cual se expresa en horas, y se calcula de la siguiente manera:

$$Tr = \frac{Lb}{PH}$$

Donde:

Tr = tiempo de riego (h)

Lb = lamina bruta (mm)

PH = precipitación horaria (mm/h)

#### ❖ Precipitación horaria

Es la lámina a aplicar en mm/h. se calcula de la siguiente forma:

$$PH = \frac{q \left(\frac{l}{h}\right)}{Ee \times El}$$

Donde:

q =caudal del emisor (l/h)

Ee = espaciamiento entre emisor (m)

El = espaciamiento entre laterales (m)

#### 4.5. EFICIENCIA DE RIEGO.

Según (Cisneros A.R, 2003) La eficiencia de riego es llamada también eficiencia total de irrigación, normalmente es medida en porcentaje. Esta eficiencia es determinada por el tipo de método de riego a utilizar.

**Tabla 1. Eficiencia de riego.**

Método de riego	Eficiencia de aplicación
Riego por surcos	0.50 – 0.70
Riego por inundación	0.60 – 0.80
Riego por inundación permanente	0.30 – 0.40
Riego por aspersión	0.65 – 0.85
Riego por goteo	0.85 – 0.95

**Fuente:** (Fuentes Y.J.L, 2003)

#### **4.6. FACTOR DE AGOTAMIENTO O SECAMIENTO.**

Según (Valverde, 2007) menciona que los cultivos tienen diferentes factores de agotamiento, que les permite tener un desarrollo y producción adecuados y que se pueda usar como una herramienta de trabajo para un buen manejo de agua.

Según (FAO, 2006) El factor de agotamiento del cultivo de beterraga es de 0.50.

#### **4.7. ESTUDIO DEL SUELO**

Según (Guevara Carazas, 1995) El suelo es un sistema heterogéneo conformado por elementos sólidos (minerales y orgánicos) líquidos y gaseosos; caracterizado por propiedades específicas actividades durante su evolución, que le confieren una capacidad de poder satisfacer en mayor o menor medida las necesidades vitales de crecimiento y desarrollo de las plantas.

El suelo es la parte superior de la corteza terrestre; considerado como un hábitat donde las plantas crecen y producen cosechas, es decir que soporta la vida de las plantas.

##### **4.7.1. Profundidad efectiva del suelo**

Según (Guevara Carazas, 1995) menciona que es aquella que puede ser utilizada por diferentes cultivos o por la vegetación natural, generalmente a 1.20 m. de altura. Es aquella que puede ser utilizada y explotada por el sistema radicular de las plantas cultivadas en las tierras bajo riego y por la vegetación espontánea en el resto de la cuenca.

Es necesario aclarar que la única forma de conocer realmente el suelo, es mediante el estudio de sus propiedades en toda la extensión de su superficie hasta una profundidad de 1.20 m. a 1.50 m. de profundidad, con la finalidad de observar las condiciones que ofrece el desarrollo de las raíces de las plantas, por eso es un estudio agrologico se excava las calicatas (zanjas) de aproximadamente 0.60 m. de ancho, 1.50 m. de largo y 1.50 m. de profundidad, se suele esperar la siguiente clasificación para evaluar la profundidad efectiva de los suelos.

**Tabla 2. Profundidad efectiva del suelo**

<b>Profundidad efectiva de los suelos</b>	
00 – 30 cm	Suelos muy poco profundos
30 – 60 cm	Suelos someros
60 – 90 cm	Suelos de profundidad moderada
90 – 120 cm	Suelos profundos
120 a mas	Suelos muy profundos.

**Fuente:** (FAO, 2006)

#### **4.7.2. Profundidad efectiva o zona radicular del cultivo (z):**

En las plantas, el órgano responsable de la captación del agua es el sistema radicular. De sus características morfológicas y su distribución a lo largo del perfil del suelo depende en primera instancia la localización física del agua.

Las plantas no extraen uniformemente el agua y nutrientes del suelo, por el contrario, centran su actividad en las capas más superficiales para continuar con las más profundas a medida que las primeras se van agotando.

En términos energéticos, la extracción de recursos de capas profundas es más costosa que la de capas superficiales, hecho que debe tenerse en cuenta en el manejo del riego. Siempre que sea posible, será más favorable para los para los cultivos mantener alto el nivel de humedad del horizonte superficial, con independencia de que en profundidad exista humedad suficiente para actuar como reserva en caso del agotamiento imprevisto de los niveles superficiales.

### **4.8. RELACIÓN AGUA-PLANTA Y EL SUELO**

#### **4.8.1. Evaporación**

Según (FAO, 2006) menciona que la evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie evaporante. El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada. Para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor se requiere energía. La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan esta energía. La fuerza impulsora

para retirar el vapor de agua de una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor de agua en la superficie evaporante y la presión de vapor de agua de la atmósfera circundante.

#### **4.8.2. Transpiración**

Según (FAO, 2006) La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas.

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) menciona que es la tasa de pérdida de agua a través de la planta, la cual se regula por procesos físicos y fisiológicos, se mide en mm/día. La tasa de transpiración es en general independiente del tipo de planta, siempre y cuando exista cantidades adecuadas de agua en el suelo, y que la superficie esté cubierta totalmente por vegetación.

#### **4.8.3. Evapotranspiración**

Según (FAO, 2006) menciona que se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) proceso combinado de evaporación desde el suelo y transpiración de las plantas. La evapotranspiración resulta ser un proceso inverso a la precipitación pluvial, se mide en mm/día.

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

Según (Fuentes Y.J.L, 2003) menciona que la ETc, es la evapotranspiración de un cultivo determinado en un suelo fértil, sin enfermedades y con suficiente cantidad de agua para dar una plena producción.

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) menciona que es la pérdida de agua que la planta está sufriendo en cualquier instante, independiente de su estado

vegetativo, del medio que le rodea y expresa realmente el déficit de agua que necesita ser suministrada.

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

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) es la máxima cantidad de agua evapotranspirada por un cultivo extenso que cubre completamente el suelo, en condicione optimas de humedad por el abastecimiento continuo de agua y que la planta se encuentra en relación ideal con el clima.

### **4.9. MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN**

#### **4.9.1. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>)**

Según (FAO, 2006) menciona que numerosos investigadores analizaron el funcionamiento de los varios métodos de cálculo para diversas localidades. Como resultado de una Consulta de expertos llevada a cabo en mayo de 1990, el método FAO Penman-Monteith se recomienda actualmente como el método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>). La ET del cultivo bajo condiciones estándar se determina utilizando los coeficientes de cultivo (K<sub>c</sub>) que relacionan la ET<sub>c</sub> con la ET<sub>o</sub>. La ET de superficies cultivadas bajo condiciones no estándar se ajusta mediante un coeficiente de estrés hídrico (K<sub>s</sub>) o modificando el coeficiente de cultivo.

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) menciona que para estimar la ET<sub>o</sub>, existen varios métodos y varían en cuanto al número de elementos climáticos necesario, los instrumentos más utilizados son: el tanque de evaporación, el evaporímetro de piche y el evaporígrafo.

#### **❖ Cálculo con el tanque evaporímetro**

Según (FAO, 2006) menciona que el tanque ha probado su valor práctico y ha sido utilizado con éxito para estimar la evapotranspiración de referencia observando la pérdida por evaporación de una superficie de agua y aplicando coeficientes empíricos para relacionar la evaporación del tanque con la ET<sub>o</sub>.

#### **4.9.2. El tanque clase A**

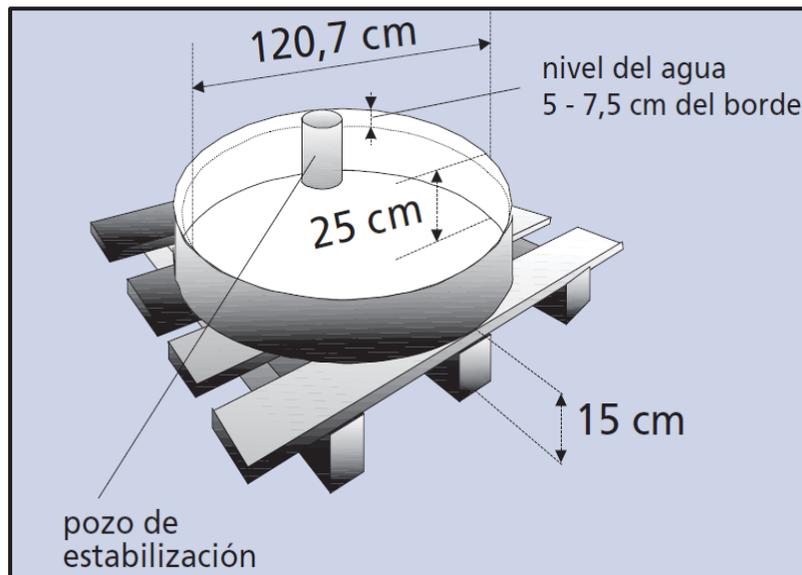
Según (FAO, 2006) menciona que los tanques proporcionan una medida del efecto integrado de la radiación, viento, temperatura y humedad sobre el proceso evaporativo de una superficie abierta de agua. Aunque el tanque evaporímetro responde de una manera similar a los mismos factores climáticos que afectan la transpiración del cultivo, varios factores producen diferencias significativas en la pérdida de agua de una superficie libre evaporante y de una superficie cultivada.

##### **❖ Descripción del tanque clase A**

Según (FAO, 2006) menciona que el Tanque Clase A es circular, de 120,7 cm de diámetro y 25 cm de profundidad. Esta construido de hierro galvanizado o de láminas de metal (0,8 mm). El tanque se sitúa sobre una plataforma de madera en forma de reja que se encuentra a 15 cm por encima del nivel del suelo. El tanque debe estar a nivel. Una vez instalado, el tanque se llena con agua hasta 5 cm por debajo del borde y el nivel del agua no debe disminuir hasta más de 7,5 cm por debajo del borde. El agua debe ser regularmente cambiada, al menos semanalmente, para eliminar la turbidez. Si el tanque es galvanizado, debe ser pintado anualmente con pintura de aluminio.

El lugar de instalación debe estar cubierto preferentemente con pasto, en un área de 20 por 20 m, abierto a todos lados para permitir la circulación del aire. Es preferible que la estación se encuentre situada en el centro o dentro de grandes campos cultivados. Las lecturas del tanque se realizan diariamente temprano en la mañana a la misma hora que se mide la precipitación.

**Imagen 01: Tanque de evaporación Clase A**



**Fuente:** (FAO, 2006)

- ❖ La evapotranspiración de referencia es calculada con la siguiente formula:

$$ET_o = E_v * K_p$$

Donde:

$ET_o$  = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

$E_v$  = Evaporación del agua en el tanque (mm/día).

$K_p$  = Coeficiente del tanque

Para el trabajo de investigación se utilizó la tabla del coeficiente del tanque (caso 1) que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4. Coeficientes Kp del Tanque Clase A (suelo con vegetación)**

**EL COEFICIENTE DEL TANQUE K<sub>tan</sub> (Caso 1)**

Distancia a Barlovento D (m)	Velocidad del viento		Humedad Relativa Media		
	( Km/día )	( m/s )	<40	40 – 70	> 70
0	< 175	< 2	0.55	0.65	0.75
	175 – 425	2 – 5	0.50	0.60	0.65
a	425 – 700	5 – 8	0.45	0.50	0.60
	>700	>8	0.40	0.45	0.50
10	< 175	< 2	0.65	0.75	0.85
	175 – 425	2 – 5	0.60	0.70	0.75
a	425 – 700	5 – 8	0.55	0.60	0.65
	>700	>8	0.45	0.55	0.60

**Fuente: Boletín FAO 56, Riego y Drenaje (2006)**

#### 4.9.3. Atmómetro otro instrumento para medir la evapotranspiración de referencia.

Según (Castillo Llanque, 2009) menciona que el atmómetro, llamado también evaporímetro de Bellani, es un instrumento que permite una medida sencilla de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>). La ET<sub>o</sub> se estima por medio de fórmulas empíricas basadas en la temperatura del aire, como la ecuación de Hargreaves, o bien mediante ecuaciones más precisas como la de Penman-Monteith FAO56. Esta última requiere para su aplicación de datos meteorológicos que en la actualidad son proporcionados por las redes de estaciones meteorológicas. Sin embargo, la instalación y mantenimiento de éstas son complicados y costosos.

#### 4.9.4. Cálculo de la evapotranspiración de cultivo (ET<sub>c</sub>)

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) menciona que la ET<sub>c</sub>, respecto al ET<sub>o</sub>, es que esta es extremadamente variable, para su cálculo se tiene la siguiente fórmula:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Donde:

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

$ET_o$  = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

$K_c$  = Coeficiente de cultivo

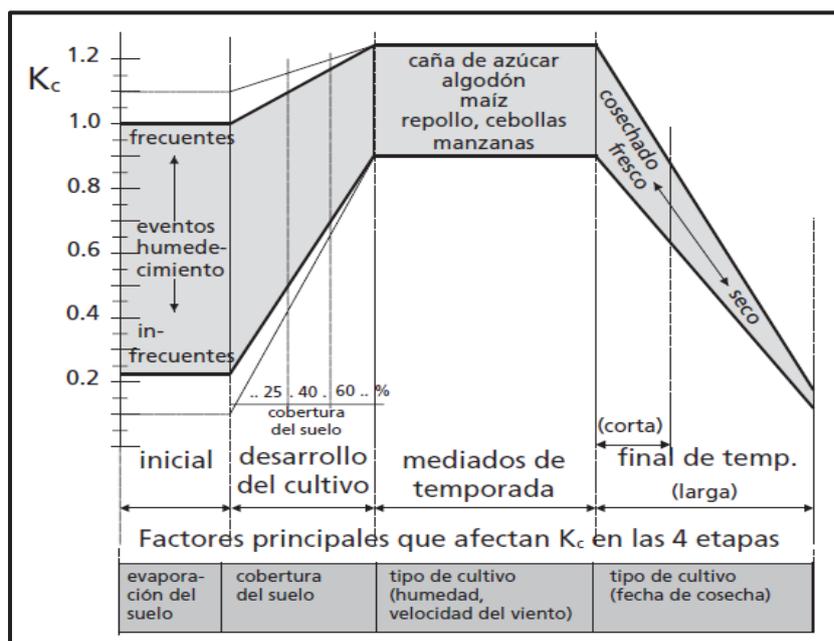
Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) esta expresión indica que es la estimación de la demanda máxima de agua de un cultivo, en sus diferentes fases fenológicas.

#### **4.9.5. Coeficiente de cultivo ( $K_c$ )**

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) menciona que es un parámetro, que permite estimar la evapotranspiración del cultivo en función de la  $ET_o$ , permite conocer la demanda hídrica de un cultivo, se distingue cuatro etapas en su periodo vegetativo:

- **I etapa:** esta etapa es la inicial, que se considera desde la siembra hasta la germinación o brotación del cultivo, y tiene una cobertura de 10%.
- **II etapa:** es la etapa de desarrollo del cultivo el cual abarca desde el final de la primera etapa teniendo una cobertura de 10% - 80%.
- **III etapa:** considerada como etapa de máxima evapotranspiración. En esta etapa se inicia la maduración del cultivo, incluyendo la formación del fruto teniendo una cobertura de 80% - 100%.
- **IV etapa:** parte final o fase de maduración y cosecha.

**Gráfico 1. Rangos típicos esperados del valor de  $K_c$  para las cuatro etapas de crecimiento**



**Fuente. Boletín FAO 56, Riego y Drenaje (2006)**

#### 4.10. COEFICIENTES O CONSTANTES DE HUMEDAD

Según (FAO, Riego y Drenaje 66, 2012) en condiciones de suministro hídrico limitado, el suministro disponible, preferencialmente debería centrarse en maximizar el rendimiento por hectárea en lugar de repartir el agua limitada en un área más grande. Se puede ahorrar agua a través de un calendario mejorado y profundidad de la aplicación de riego.

##### a) Punto de marchitez permanente (P.M.P.)

Según (Guevara Carazas, 1995) menciona que es llamado también coeficiente de marchitez, % de marchitamiento o límite inferior de agua. Se define como el grado de humedad del suelo, más allá del cual las planta, se marchitan de una manera permanente, ya que el agua que el suelo contiene en ese momento es retenido por el suelo, con una fuerza superior la succión de las plantas esto representa al agua no disponible para las plantas.

##### b) Capacidad de campo (C.C.)

Según (Guevara Carazas, 1995) es llamado también capacidad hídrica, capacidad capilar o límite de agua disponible. Es definida como la máxima cantidad de agua que el suelo puede retener, tales que su drenaje este asegurado libremente.

#### **4.11. Estudio meteorológico**

##### **❖ Clima**

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) Es el conjunto de fenómenos meteorológicos, que caracterizan el estado de la atmosfera en un punto de la superficie terrestre y que pueden tener influencia sobre la vida vegetal y animal.

##### **4.11.1. Importancia del clima en la producción**

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) El conocimiento e interpretación racional del clima, pueden ser aplicados para:

- Planificar el trabajo de los campos de cultivo
- Determinar el tiempo favorable para las diferentes labores agrícolas
- Proveer la aparición de plagas y enfermedades
- Proyectar y ejecutar obras de riego y de drenaje
- Establecer la defensa, contra heladas, inundaciones, sequias, granizadas, etc.

##### **4.11.2. Humedad relativa**

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) la humedad atmosférica se expresa en función de un parámetro denominado humedad relativa. Es el cociente porcentual entre la cantidad de vapor de agua presente en el aire, a una determinada temperatura y la cantidad máxima de vapor agua que e aire podría contener.

##### **4.11.3. El viento**

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) es el aire en movimiento, con una determinada dirección y velocidad, que generalmente es aproximada a la horizontal (advección) se desarrollan como resultado del calentamiento desigual de la tierra y el mar.

##### **❖ Velocidad del viento**

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) es la distancia recorrida por una masa de aire en la unidad de tiempo, la velocidad del viento varia con la distancia sobre el nivel del suelo, siendo así esta variación particularmente más rápida cerca de la superficie, cuando la velocidad es menor 1 m/s se denomina calma y cuando es mayor toma diferentes nombres como: ventolina, viento, etc. En agroclimatología la altura que se considera para

la medición del viento es a 2 m.

#### **4.11.4. Precipitación**

Según (Ladrón de Guevara Rodriguez, 2005) es el fenómeno de caída del agua de las nubes en forma líquida o sólida, para que se produzca es necesario que las pequeñas gotas de las nubes se unan para formar gotas más grandes y vencer la resistencia del aire y caer hasta la superficie del suelo. Se presentan de las siguientes formas como: lluvias, granizadas, garuas y nevadas.

##### **4.11.4.1. Precipitación efectiva**

Según (FAO, Coeficiente del cultivo para la programación del riego. , 2008) La precipitación efectiva (PE) se define como la porción de la lámina total de agua precipitada, que es retenida por el suelo, para ser aprovechada por la planta y satisfacer sus necesidades para su normal desarrollo.

Una forma simple para determinar la precipitación efectiva y que puede ser usada para su aplicación en áreas con pendientes inferiores al 5 %.

En climas secos, las lluvias inferiores a 5 mm no añaden humedad a la reserva del suelo el cual se considera nula. Sólo un 75 % de la lluvia mayores a los 5 mm se puede considerar efectiva. Se puede usar la expresión:  $Pe = 0,75$  (lluvia caída – 5 mm).

#### **4.12. CULTIVO DE BETERRAGA**

##### **4.12.1. Posición taxonómica**

Según (Huerres, 1988) esta planta se clasifica en:

**División :** Macrophyllphyta  
**Clase :** Annonopsida  
**Orden :** Caryophyllales  
**Familia :** Chenopodiaceae  
**Género :** Beta  
**Especie :** Beta vulgaris L.  
**Variedad:** Early wonder

**Nombre común:** betarraga, betabel, remolacha de mesa y roja.

#### ❖ (Beta vulgaris L. variedad Early wonder.)

**Origen:** se sitúa en Europa meridional, datado de tiempos prehistóricos, donde las hojas eran consumidas como verduras.

Su consumo puede ser en fresco, cocido o bien en conserva. De ella se extrae también un colorante rojo utilizado en alimentación, llamado betacianina.

Es una planta bianual que durante el primer año desarrolla la raíz y en el segundo florece.

**Ciclo de cultivo:** alcanza los 90-100 días.

La semilla tiene un poder germinativo de 3 a 5 años.

La forma de la raíz puede variar y ser alargada, redonda o ligeramente aplanada. El color va de rojo a amarillento en su exterior y de rojo a rosa pálido en el interior.

Esta variedad se destaca por permitir utilizar tanto la raíz como las pencas (que tienen el sabor similar al de la acelga o espinaca). Madura en 35 días para cosechar sus hojas y según la zona en 60/70 días se cosecha la raíz. Las hojas que produce son altas y grandes color verde esmeralda y son muy buenas para el consumo en fresco. Las raíces de unos 8cm de diámetro de excelente sabor muy dulce. La piel es un color rojo oscuro y la carne de un profundo rojo.

#### 4.12.2. Variedades

En función a la forma de sus “raíces” (**Maroto, 1989**) menciona que comercialmente se distinguen dos grupos:

- Alargadas: Larga Roja Virtudes, Larga de Covent-Garden, Cylindra, Crapaudine, Cheltenham (pueden llegar hasta tener 30-40 cm de longitud).
- Redondeadas o aplastadas: Roja de Egipto, Roja Globo, Detroit mejorada, Bykores, Globe-Rondarka, Dwergina, Boltardy, redpack, globe- Faro, DetroitPrecoz, Detroit-Nero, Detroit Dark-Red, Negra de Egipto raza emir, Monopoy, Aplastada de Egipto.

Este segundo tipo de remolachas de mesa son las más cultivadas y las de mayor aceptación con miras a la exportación.

#### 4.12.3. Valor nutritivo de la Beterraga

Las remolachas contienen importantes cantidades de vitamina C en las raíces, sus hojas son una excelente fuente de vitamina A, contienen ácido fólico y alto contenido de fibra soluble e insoluble.

Según **(Ramirez, 1989)**, indica que la remolacha está compuesta de:

Agua : 84.80

Sustancias pecticas : 1.17

Cenizas : 1.08

Sustancias nitrogenadas: 12.01

**Totales : 100.00**

Nitrógeno en 100 partes de sustancias frescas 0.18

Nitrógeno en 100 partes de sustancia secas 1.3

#### **Valor nutritivo por cada 100 g de producto fresco:**

Calorías: 42%

Agua : 86%

Prótidos: 2 %

Lípidos: 0.1%

#### **Salas minerales en mg de producto fresco:**

Potasio (K): 300

Fosforo (P): 42

Calcio (Ca): 28

Sodio (Na): 77

Azufre (S): 68

Hierro (Fe): 1

#### **Vitaminas:**

Vit A 20 unidades internacionales

Vit. B1 0.03 mg

Vit B2 0.06 mg

Niacina 0.4 mg

Vitamina C 9 mg.

#### **4.12.4. Riego**

Según **(Espinoza, 1996)** El riego es importante en todo el periodo del cultivo, sin embargo, debe mantenerse con bastante humedad en el periodo de germinación y en la primera etapa del desarrollo de las plántulas, los riegos posteriores deben realizarse de acuerdo al requerimiento del cultivo, varía de siete a diez días, dependiendo del suelo y el clima; debe evitarse el encharcamiento en todas las etapas del ciclo vegetativo ya que es una especie bastante susceptible al exceso de agua.

Según **(Duran, 2009)** El riego dependerá del tipo de suelo y de la fecha de siembra. Normalmente los suelos arenosos necesitan riegos más frecuentes y de menor caudal.

Según datos proporcionados por el ICA este cultivo requiere entre 300 y 600 mm de agua para desarrollar el primer ciclo de vida, es decir, siembra a producción comercial de raíces; además presenta una distribución del riesgo, tal y como se anota a continuación; al sembrar, ocho días después, cada diez días subsecuentemente hasta cinco días antes de la cosecha, esta es una propuesta tentativa.

#### **4.12.5. Exigencias de la planta:**

##### **❖ Clima y temperatura:**

Requiere un clima suave y húmedo, aunque tiene facilidad para adaptarse a otras condiciones climáticas.

Las más jóvenes son más sensibles a las bajas temperaturas, no tolerando las inferiores a -3°C.

##### **▪ Suelo:**

Necesita suelos francos, ligeros y profundos, lo más homogéneo posible, sin piedras ni gravas. Es resistente a la salinidad con un pH del suelo de 6-8.

##### **▪ Abonado:**

El aporte de materia orgánica se realiza con bastante antelación.

Abonado de fondo por hectárea:

35 kg de N

80 -100 kg de  $P_2O_5$

150 -200 kg de  $K_2O$

Abonado de cobertura por hectárea: 70 kg de N.

- **Carencias:** Es sensible a la falta de boro.

**a) Características del cultivo:**

- ✓ Época de siembra: Todo el año
- ✓ Tipo de compostura: Almacigo (camas)
- ✓ Trasplante surcos o camellones
- ✓ Distancia de plantación: Siembra directa, entre surcos 30 cm. y entre plantas 20 cm. y profundidad de 2 a 3 cm.
- ✓ Requerimiento de semilla: 12 kg/ha. Semilla para siembra directa
- ✓ Cosecha a los: 3 a 4 meses

**b) ¿Qué requiere el cultivo?**

- ✓ Suelo: Suelto, que no retenga el agua.
- ✓ Clima: Frío, templado.
- ✓ Tipo de composturas: Surcos y camas.

#### **4.12.6. Preparación de suelo y siembra**

La preparación del suelo es igual que para el cultivo de zanahoria. La siembra puede realizarse en zonas templadas desde finales de invierno hasta finales de primavera.

Se realizará en líneas con una separación de 25 – 30 cm y una profundidad de 2-3 cm. Las semillas de la beterraga necesitan un tratamiento de pre germinación, por lo que se sumergen en agua tibia varias horas antes de ser sembradas.

#### **4.12.7. Técnicas de cultivo y recolección**

- **Aclareo:** La distancia entre plantas será de 20-30 cm. Se realizará cuando la plántula tenga ya 4-5 hojas.
- **Escardas:** Manual o con herbicida selectivo.
- **Recolección:** Se realizará cuando el diámetro de la raíz sea de 3-6 cm, dependiendo de las exigencias del mercado, y el peso oscile entre 100-200

g. La recolección puede ser manual o mecanizada. Si es mecanizada, antes de la recolección se practicará una operación de deshojado.

- **Comercialización:** Una vez realizada la recolección, se lava, se termina la operación de deshojado, se calibran y se colocan de 4 – 15 unidades en bandejas recubiertas con plástico transparente.
- **Conservación:** Su almacenamiento en cámara frigorífica a 0°C, con una humedad del 90 -95 %, permite una conservación de 1 a 3 meses.

#### 4.12.8. Plagas y enfermedades

##### a) Plagas:

- ✓ Mosca de la remolacha: cava galerías en las hojas.
- ✓ Pulgilla de la remolacha: es comedora de hojas.
- ✓ Gusano blanco: su larva daña raíces.
- ✓ Pulgones: provoca debilitamiento general de la planta y abarquillamiento de las hojas.
- ✓ Gusano gris: devora el cuello de la raíz.

##### b) Enfermedades:

- ✓ Cercospora: produce unas manchas necróticas.
- ✓ Rhizoctonia: produce podredumbre radicular.
- ✓ Mildiu de la remolacha: produce unas manchas amarillas en las hojas y borde y en el envés aparece una fibra algodonosa grisácea.
- ✓ Producida por virus: mosaico de la remolacha.

#### 4.12.9. Propiedades medicinales

Según (Guía plantas medicinales, 2019) menciona que las propiedades medicinales del cultivo de beterraga son para:

- **Anemia:** El consumo de beterraga en ensaladas o extractos es ideal para personas con anemia.
- **Anticancerígeno:** Comer beterraga en ensalada. Su ingestión inhibe y previene la aparición de tumores cancerígenos.
- **Energético:** Por su riqueza en hidratos de carbono es un alimento muy energético, aunque fácilmente asimilable. Debería consumirse en combinación

con otras verduras y no con otros alimentos muy calóricos o ricos en hidratos para evitar una excesiva acumulación de los mismos.

- **Enfermedades del Corazón:** Comer betarraga en ensalada.
- **Mineralizante del Organismo:** Este alimento se constituye en un muy buen mineralizante del organismo. Es rico en hierro lo que la hace muy interesante para su consumo en las mujeres, quienes necesitan fundamentalmente este elemento durante el embarazo y durante la menstruación, dos momentos en que se precisa más aporte de este mineral.
- **Miomas quistes uterinos:** Formula muy difundida, se tiene que pasar por el extractor una remolacha cruda y mezclar con miel de caña y unas gotas de limón. Tomar en las mañanas, dejar de consumir carne, lácteos, harinas y comida industrializada para efectos más rápidos.
- **Rejuvenecedor:** Su consumo puede mantener la juventud durante más tiempo. Esta propiedad viene aportada por la presencia del ácido fólico, del cual esta planta es una de las que posee en más cantidad. Este ácido contribuye a la creación de células nuevas y también, junto con el hierro, en la producción de glóbulos rojos. También interviene en la creación del aminoácido metionina, cuya existencia es necesaria para la buena salud del cabello, las uñas o la piel. Su consumo hace que nuestra piel tenga un aspecto más joven y más sano. También hay que mencionar su participación en la producción de la hormona dopamina, que nos previene del malhumor y de los síntomas depresivos. Otro de los elementos rejuvenecedores es el silicio, muy importante para la buena salud de los huesos, las arterias y la piel. Para aprovecharnos de estas propiedades es conveniente comer este alimento crudo, dado que el ácido fólico se pierde con la cocción.
- **Retención de Líquidos:** Es un alimento muy adecuado para los que sufran retención de líquidos, por lo que deberán comerlo habitualmente los obesos o artríticos o quienes pretendan rebajar peso. No solamente depura los riñones, sino también la sangre al resultar alcalinizante elimina la acidez corporal y ayuda al hígado en su función depurativo, hecho que lo hace muy interesante para que sea consumido por enfermos de hígado.
- **Rico en Fibras:** Hay que destacar su riqueza en fibras. Es muy útil para vaciar el intestino y prevenir el estreñimiento. En general resulta digerible e

incluso ayuda a asimilar el resto de alimentos ya que su riqueza en rubidio incrementa los jugos gástricos. No obstante, hay que tener en consideración que no resulta muy adecuado para los que posean un estómago frágil o los que tengan tendencia a desarrollar acidez o gases.

- **Sinusitis:** Se utiliza el zumo de remolacha haciendo sorbetes y gargarismos a mañana y noche hasta conseguir la curación. Para extraer el jugo de pequeños pedazos y se exprime para sacar el zumo que se va a usar.
- **Estimula el cerebro:** Elimina las toxinas que en él se puedan acumular por lo que ayuda a mantener una buena salud mental y prevenir el envejecimiento precoz.

#### **4.12.10. Rendimiento**

Según (Aldana, 1995) manifiesta que las zonas adecuadas para el cultivo de remolacha están caracterizadas por zonas húmedas montañas bajas, con clima templado y frío, con alturas entre los 2.700 y 3.200 msnm, por lo que la región andina se convierte en la ideal para este cultivo. Los mejores rendimientos en cultivos tecnificados pueden alcanzar hasta 25 Tn/ha, considerando temas como tipo de riego, semillas y variedades.

## V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es del tipo descriptivo – evaluativo.

### 5.2. UBICACIÓN ESPACIAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL

- **Ubicación Política**

Región : Cusco  
Provincia : Cusco  
Distrito : San Jerónimo  
Localidad : Centro Agronómico K'ayra

- **Ubicación Geográfica**

Latitud sur : 13°33'24''  
Longitud : 71°52'30''  
Altitud : 3,234.926 m.

- **Ubicación Hidrográfica**

Cuenca : Vilcanota  
Sub cuenca : Huatanay  
Micro cuenca : Huanacaure

- **Ubicación ecológica**

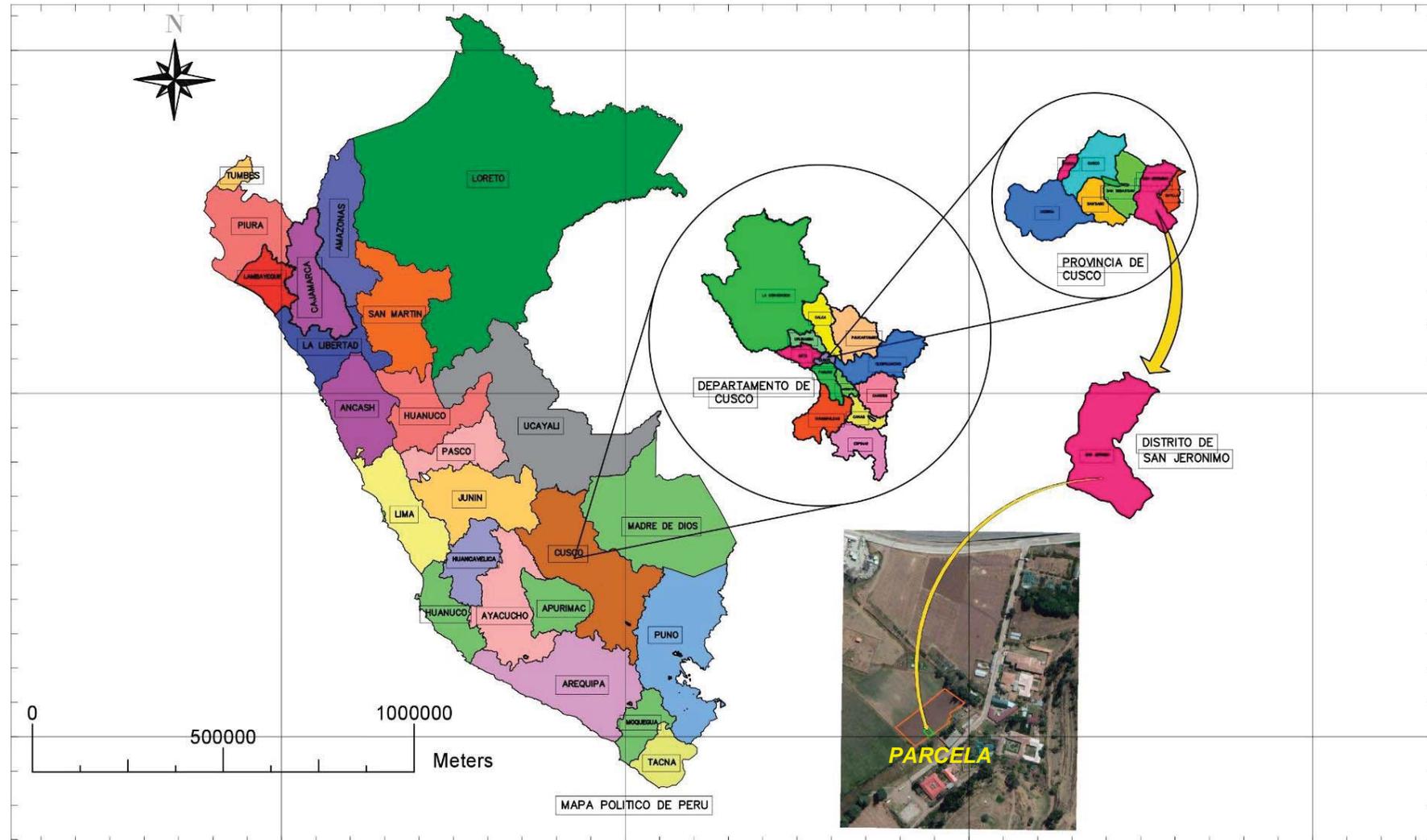
Según la clasificación ecológicas de las zonas de vida de Holdridge, el CAK está ubicada en la zona de vida de bosque seco, montano bajo sub- tropical, el cual tiene una simbología de bs- MBS

### 5.3. Historial del campo experimental

El campo donde se llevó el experimento tuvo el siguiente antecedente:

- ❖ Campaña 2013- 2014: Cultivo de lechuga
- ❖ Campaña 2014- 2015: Cultivo de papa
- ❖ Campaña 2015- 2016: Cultivo de papa
- ❖ Campaña 2016 : Cultivo de beterraga

# MAPA N°1: UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL



#### 5.4. UBICACIÓN TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de 90 días, tomando en cuenta desde el día 15 de agosto del año 2016 finalizando el 12 de noviembre del mismo año, dicho trabajo fue instalado en el CAK.

##### ❖ **Clima**

Según (SENAMHI, 2003) menciona que el Centro Agronómico K'ayra (CAK) tiene un clima templado frío, con temperatura máxima promedio anual de 16°C y temperatura mínima promedio anual de 8.5°C; una precipitación pluvial anual promedio de 640 mm.

#### **Fotografía 1: Campo experimental.**



#### 5.5. MATERIALES

- Mangueras de polietileno de 2"
- Cintas de goteo de 0.20m entre goteros
- Llaves de válvula.
- Manómetro.
- Filtro de anillos.
- Cabezal de riego.
- Enlace mixto de 32mm x 1"
- Unión de 32mm, 3/4
- Codo de polietileno 25mmx3/4

- Cinta teflón
- Libreta de campo
- Estacas de madera
- Yeso
- Balanza digital.

#### **Herramientas**

- Pico
- Rastrillo

#### **Equipos**

- Cámara fotográfica
- Laptop
- Tanque clase A

#### **Material genético:**

- Semillas de beterraga (*Beta vulgaris L. Var. Early wonder*) 0.18 Kg.

## **5.6. METODOLOGÍA**

### **5.6.1. Aspectos generales del campo experimental**

#### **❖ Suelo: (Estudio físico- químico)**

Las características del suelo de la parcela C-2, se determinaron con un análisis de suelo de lugares representativos, donde se extrajo una muestra, la cual se realizó de la siguiente manera:

Se realizó la ubicación de puntos de muestreo en forma zig-zag, por la uniformidad del terreno se realizó 4 muestras.

En cada punto escogido se hizo una limpieza de la cobertura vegetal existente, a partir de ahí se sacó las muestras de 30 cm de profundidad de los 4 puntos los cuales se juntaron para sacar una muestra final que fue analizada en el Laboratorio de Suelos y Fertilizantes de la FAC - UNSAAC. Los resultados de dicho análisis se presentan en los siguientes cuadros 1,2 y 3.

**Cuadro 1: Resultados del análisis de fertilidad**

N°	CLAVE	mmhos/cm C.E	pH	% MO	% N. TOTAL	Ppm	ppm
						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	M-1	0.28	7.80	1.87	0.09	67.5	74

*Fuente: Laboratorio de análisis de suelos y fertilizantes FCA-UNSAAC-2016*

**Cuadro 2: Resultados del análisis mecánico**

N°	CLAVE	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURAL
1	M-1	39	35	26	FRANCO

*Fuente: Laboratorio de análisis de suelos y fertilizantes FCA-UNSAAC-2016*

**Cuadro 3: Resultados del análisis de humedad, densidad y porosidad del suelo**

N°	CLAVE	% HE	% CC	g/cc Da	g/cc Dr	% PMP	% POROSIDAD
1	M-1	26.03	25.13	1.47	2.53	11.99	41.89

*Fuente: Laboratorio de análisis de suelos y fertilizantes FCA-UNSAAC-2016*

#### ❖ **Recurso hídrico:**

La fuente principal de agua que posee un caudal de 4.5 L/s, la cual se encuentra ubicada en el sector denominado chanchería, de donde el agua es captado y conducido hasta el cabezal de riego de la parcela.

#### **5.6.2. Características del campo experimental**

El campo experimental presenta una forma irregular en su área total, el área que se utilizó para el trabajo de investigación, fue un área de 165 m<sup>2</sup>.

❖ **Dimensiones del campo experimental**

- Área total:  $165\ m^2$
- Área utilizada:  $150\ m^2$

❖ **Dimensiones de los bloques**

- Numero de bloques: 4
- Largo de bloques: 10 m
- Ancho de bloques: 3 m
- Área por bloques:  $30\ m^2$

❖ **Dimensiones de surcos**

- N° de surcos por bloque: 4
- N° total de surcos: 16

❖ **Dimensiones de las calles**

- Numero de calles: 3
- Largo de calles: 10 m
- Ancho de calles: 1 m
- Área de calles:  $10\ m^2$

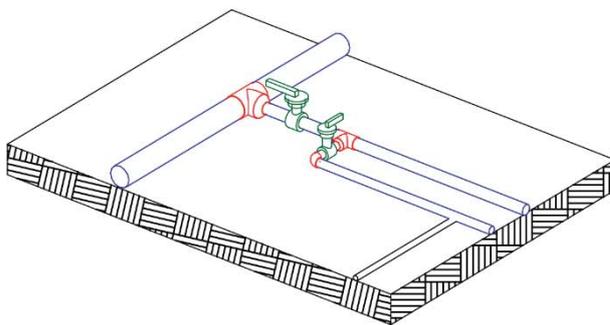
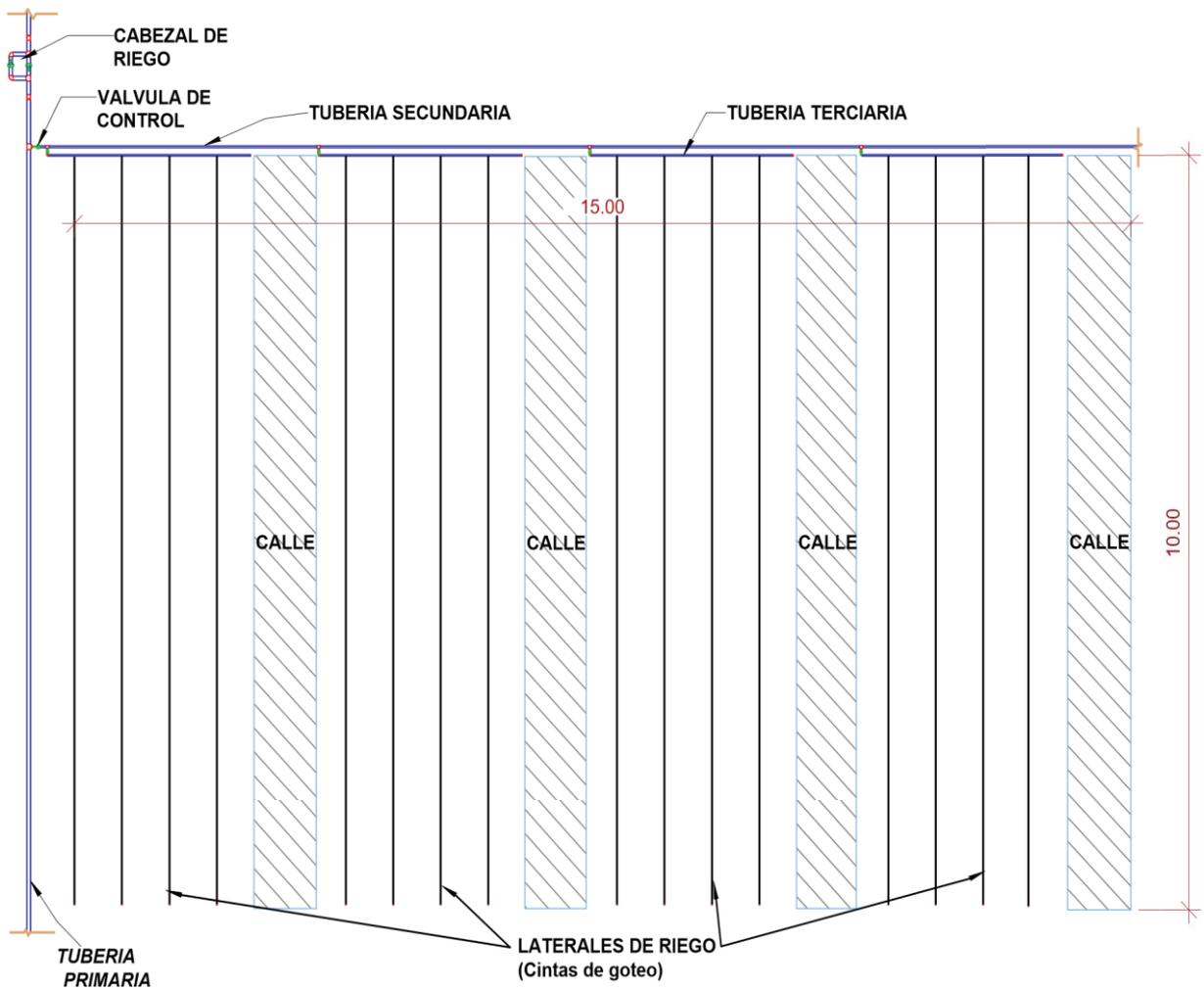
❖ **Densidad de siembra**

- Distancia entre golpes: 20 cm.
- Numero de semillas por golpe: 3 a 4.

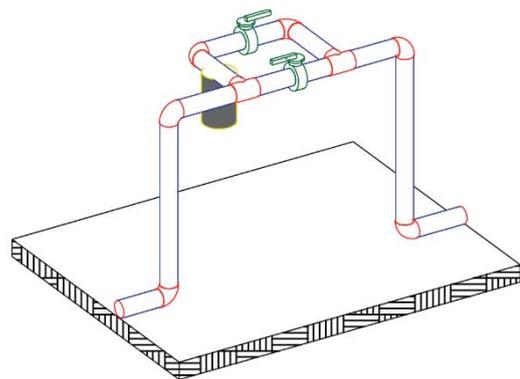
❖ **Densidad de las plantas**

- Distancia entre plantas 20 cm.
- Número total de plantas por líneas: 720
- Número total de plantas por surco: 1440
- Número de plantas por ha: 96000

# CROQUIS DEL CAMPO EXPERIMENTAL



VISTA ISOMETRICA DE TUBERIAS Y VALVULAS



VISTA ISOMETRICA DE CABEZAL DE RIEGO

### **5.6.3. Manejo de la investigación**

#### **5.6.3.1. Trazado de las parcelas del campo experimental**

El trazado del campo experimental fue realizado el 10 de agosto del 2016, utilizando para tal fin yeso, wincha y estacas, para delimitar la parcela experimental se utilizó el método triángulo 3, 4, 5, para tal método se formó un triángulo de lado de 3, 4, y 5 m con la wincha, seguidamente se realizó el trazado de 4 bloques con dimensiones de 10m de largo, de ancho 3 m y surcos de 70 cm, formando camellones en cada surco, dejando tres calles de 1 m, quedando así distribuidos uniformemente los bloques.

#### **Fotografía 2: Trazado de la parcela.**



#### **5.6.3.2. Preparación del terreno**

Para la preparación del terreno utilizado en la presente investigación, se utilizó un tractor de arado de discos para el volteado de terreno, posteriormente se realizó el riego por machaco, se esperó tres días para preparar el terreno definitivo, utilizando pico y rastrillo para desmenuzar los terrones y nivelar el terreno.

**Fotografía 3: Preparación del terreno.**



#### **5.6.3.3. Ubicación de las tuberías**

Se inicio con la instalación de las tuberías primarias, tubería secundaria, tubería terciaria y las cintas de goteo. Con sus respectivas llaves de paso.

##### **a) Presión del sistema**

Para la medición de la presión del sistema de riego del presente trabajo de investigación se consideró las características de catálogo de mangueras y cintas de goteo, el cual es 1bar de presión.

**Fotografía 4: Instalación del sistema de riego.**



## **b) Partes de una instalación de riego por goteo.**

### **❖ Cabezal del sistema.**

Al finalizar con la preparación del terreno, se procedió con la instalación del cabezal del sistema de riego por goteo, el cual consta de un manómetro, un filtro de anillos, válvulas y llave de paso.

Debido a que el gasto y la presión del sistema son relativamente bajos, se cuenta con alimentación de agua a presión requerida para el sistema, sin la necesidad de una bomba, el cual el cabezal se alimenta directamente de la tubería.

### **Fotografía 5: Cabezal del sistema de riego por goteo.**



### **❖ Red de distribución.**

Una vez instalada el cabezal de riego, se procedió a la instalación de la red de distribución que consiste en una tubería principal, tubería secundaria, tubería terciaria, laterales de riego (cintas de goteo) y las respectivas válvulas en la tubería principal para dar paso al agua hacia la tubería secundaria y una válvula en cada tubería terciaria de cada bloque para dar paso del agua hacia los laterales de riego.

**Fotografía 6: Instalación de la red de distribución.**



❖ **Cintas de goteo.**

Ya teniendo el terreno rastrillado y nivelado, se colocó las cintas de goteo a una distancia de 70 cm entre líneas, el distanciamiento entre emisores de la cinta de goteo que se utilizó es de 20 cm, el caudal de descarga de los emisores es de 1.5 L/hr. Esto se realizó antes de la siembra para así facilitar y aprovechar las distancias entre emisores de 20 cm, el cual fue la distancia entre plantas, las cintas se colocaron con los emisores hacia arriba, para evitar la obstrucción de dichos emisores.

**Fotografía 7: Instalación de las cintas de goteo.**



### **c) Mantenimiento del sistema de riego por goteo.**

Al terminar la instalación del sistema y las cintas se procedió a purgar el sistema durante 10 minutos con las cintas abiertas, al momento de que el agua de la purga sale limpia se cerró las cintas doblándolas al final de cada línea. También se realizó la limpieza del filtro cada dos semanas.

#### **Fotografía 8: Purga del sistema de riego.**



#### **5.6.3.4. Labores de Siembra**

La siembra de las semillas de beterraga fue efectuada el 15 de agosto del 2016. Un día antes de la siembra, se remojo las semillas en agua tibia para facilitar la germinación de la semilla y realizar así la siembra directa. El distanciamiento entre plantas fue de 20 cm por 20 cm, formando dos hileras por cada camellón, dejando así una distancia entre surcos de 20 cm, se utilizó de 3 a 4 semillas por golpe.

**Fotografía 9: Remojo de las semillas de beterraga.**



#### **5.6.3.5. Emergencia de las semillas**

La emergencia de las plántulas se observó a los 7 días después de la siembra en un 85% para posteriormente completar con el total de emergencia de las plántulas llegando así a un 100% de emergencia.

**Fotografía 10: Emergencia de las semillas de beterraga.**



#### **5.6.3.6. Deshierbe**

La labor de deshierbe se realizó a los 20 días después de la siembra, dejando así unas dos a tres plantas por golpe y a los 35 días, también se realizó el segundo deshierbe, este con la finalidad de dejar las plantas con mejor vigor y uniformizando así el tamaño de las plantas.

**Fotografía 11: Labores de deshierbe del cultivo de beterraga.**



#### **5.6.3.7. Cosecha**

Esta labor se realizó el 17 de noviembre del 2016, el cual fue 5 días posterior a los 90 días (ciclo vegetativo del cultivo). Para lo cual se utilizó una balanza digital, pico y sacos, los últimos 5 días se le quito el riego.

**Fotografía 12: Cosecha para la evaluación del cultivo de beterraga.**



## **5.7. Diseño Agronómico**

### **5.7.1. Se utilizó el tanque evaporímetro clase A.**

Se utilizó los siguientes datos meteorológicos:

- **Humedad relativa (%):** estas lecturas se obtuvieron de la estación meteorológica del Centro Agronómico K'ayra.
- **Velocidad del viento (m/s):** estas lecturas se obtuvieron de la estación meteorológica del Centro Agronómico K'ayra, con estos datos obtenidos se realizó corrección del viento a 2m de la superficie del suelo, cuyo factor de corrección utilizado es 1.18.

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

El coeficiente de cultivo (Kc) se utilizó del boletín FAO, cuyo valor para el cultivo de beterraga es de, Kc inicial 0.50, Kc media 1.05 y Kc final 0.95.

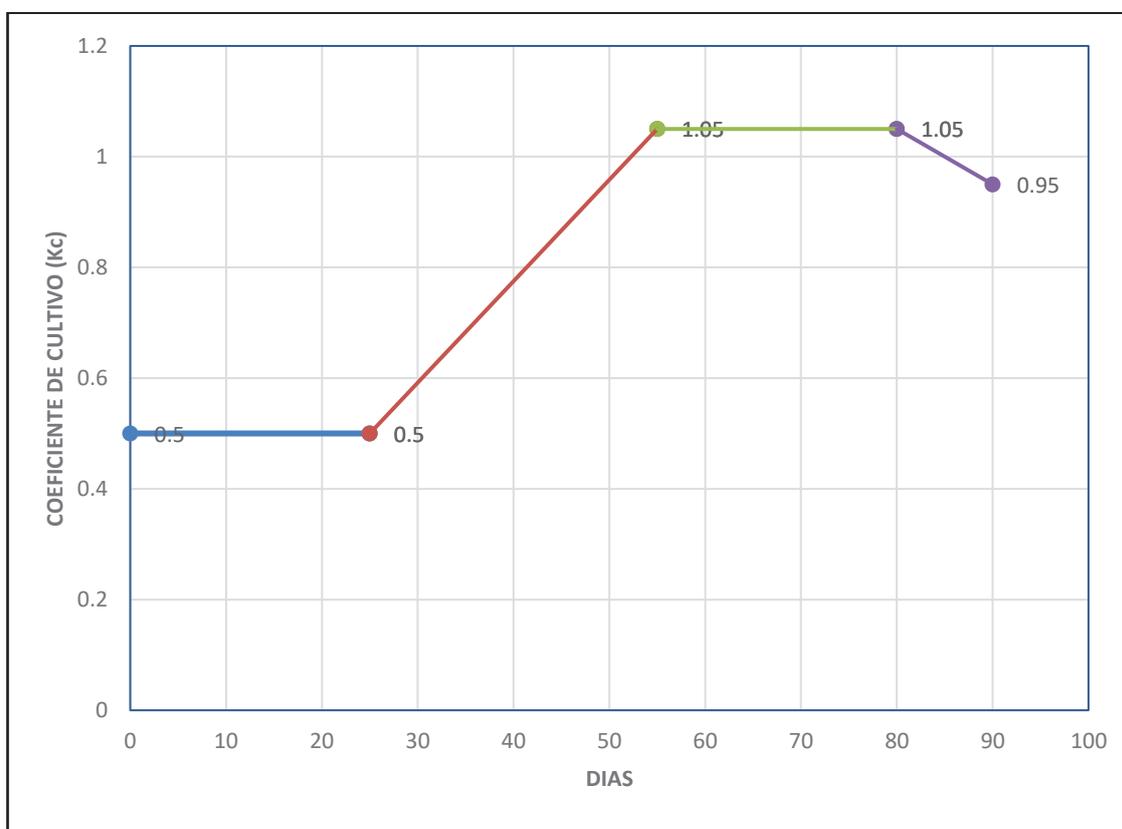
Se determinó el Kc diario para poder calcular la evapotranspiración diario del cultivo.

- ✓ Fase inicial: la mayor parte de la evapotranspiración se debe a la evaporación de agua del suelo; por ello, los valores de Kc en la fase inicial suelen ser relativamente bajos.
- ✓ Fase media o de desarrollo: la transpiración se va convirtiendo en preponderante y el Kc aumenta hasta que alcanza un máximo durante la fase.
- ✓ Fase final: el Kc va disminuyendo hasta alcanzar la fecha de cosecha o de madurez fisiológica.

**Cuadro 4: Fase de desarrollo del cultivo y valores de Kc.**

Fase del cultivo	días	kc
Fase inicial de crecimiento	0 - 25 días	0.50
Fase de crecimiento vegetativo	55 días	1.05
Fase de estación mediados	10 días	0.95

**Gráfico 2: Curva de Kc del cultivo de beterraga.**



### 5.7.3. Cálculo de la ETc

Este cálculo se obtuvo con los datos de la lectura de evaporación del tanque, para este cálculo se utilizó la fórmula de ETo x Kc.

Después del cálculo de la ETo se calcula la ETc. Reemplazamos en la ecuación ETo que es igual a 3.19 y el Kc que es igual a 0.50, obteniendo así la evapotranspiración de cultivo (ETc).

$$ETc = 3.19 \text{ mm} \times 0.50$$

$$ETc = 1.60 \text{ mm}$$

La evapotranspiración de cultivo es de 1.60 mm

### 5.7.4. Cálculo de las láminas de riego

Para este cálculo se consideran los siguientes parámetros: CC, PMP, Da, z y factor de secamiento del cultivo.

#### 5.7.4.1. Cálculo de la Lámina neta

##### a) Lámina neta para la preparación del terreno.

Para la preparación del terreno necesariamente se requiere de un riego previa a la siembra (riego por machaco), el cual consiste en suministrar grandes volúmenes de agua hasta saturar el suelo para facilitar la preparación del terreno, para la preparación del terreno no se considera el factor de secamiento del cultivo. La profundidad radicular que se consideró para dicho cálculo fue de 0.50 m. se utilizó la siguiente ecuación:

$$Ln = \left( \frac{CC - PMP}{10} \right) * Da * z$$

$$Ln = \left( \frac{25.13 \% - 11.99\%}{10} \right) * 1.47 \text{ g/cm}^3 * 50 \text{ cm}$$

$$Ln = 96.58 \text{ mm}$$

## **b) Lámina para el riego de mantenimiento.**

Este cálculo, a diferencia del riego de preparación de terreno, considera el factor de secamiento ( $f$ ) que viene a ser una variable que depende exclusivamente del tipo de cultivo.

### **❖ Lámina neta inicial**

Para poder calcular la lámina neta inicial se tomará en cuenta la evaluación de la profundidad de la raíz, que será evaluada cada 15 días. Utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Ln = \left( \frac{CC - PMP}{10} \right) * Da * z$$

El cálculo de la lámina neta inicial en momento de la siembra (15 de agosto primer día), se realizó de la siguiente manera:

Remplazamos los datos de capacidad de campo ( $CC$ ) que es 25.13, punto de marchitez permanente ( $PMP$ ) cuyo dato es 11.99, densidad aparente ( $Da$ ) es de 1.47 y la profundidad de suelo para este caso es de 3 cm.

$$Ln = \left( \frac{25.13 - 11.99}{10} \right) * 1.47 * 3 \text{ cm.}$$

$$Ln = 5.79 \text{ mm.}$$

### **❖ Lámina neta final**

Lamina neta de riego final, es la lámina que sirve para restituir la humedad del suelo. Dicha humedad de restitución equivale a una fracción de la lámina de riego y puede ser definida como la humedad necesaria para la restitución del agua que un cultivo ha consumido en cierto periodo de tiempo. Calculamos con la siguiente ecuación:

$$Ln = \left( \frac{CC - PMP}{10} \right) * Da * z * f$$

Para el cálculo de la lámina neta final reemplazamos los datos: CC, PMP, Da, z y f, estos datos que se obtienen del análisis de suelo que están en el cuadro 3 y el factor de secamiento del cultivo de beterraga que es de 0.50.

$$Ln = \left( \frac{CC - PMP}{10} \right) * Da * z * f$$

$$Ln = \left( \frac{25.13 - 11.99}{10} \right) * 1.47 * 3 \text{ cm.} * 0.50$$

$$Ln = 2.89 \text{ mm.}$$

2.89 mm, es el volumen de agua que puede almacenar el suelo en 3 cm de profundidad, el cual está disponible para la absorción radicular del cultivo de beterraga. Las reposiciones se calcularon con una eficiencia de 95%.

Los datos obtenidos de lámina neta inicial y lamina neta final son tomados como ejemplo solo para el primer día el cual se consideró una profundidad de suelo de 3cm, y para las demás profundidades de suelo se consideró la profundidad de las raíces evaluadas del cultivo, el cual se realizó cada 15 días, estos datos se muestran en el anexo N°2 (planilla de cálculo – manejo de riego).

#### **5.7.5. Consumo diario de agua**

Este cálculo se realizó con lecturas diarias de evaporación de la cubeta clase A el cual es la reposición de agua de riego (riego a aplicar) por parte del cultivo de beterraga. Calculada de la siguiente manera:

Para este caso utilizamos la ETc (1.60 mm) el cual es equivalente al riego necesario, estos son divididos entre la eficiencia del sistema de riego (95%), obteniendo así el riego a aplicar (1.68 mm), el cual fue realizado diariamente, estos datos se muestran en el anexo N°2 (planilla de cálculo – manejo de riego).

#### **5.7.6. Tiempo de riego.**

##### **✓ Precipitación horaria (PH)**

$$PH = \frac{q(l/h)}{Ee * El}$$

Significa que nuestro sistema aplicara una lámina en mm por cada hora de operación.

PH= precipitación horaria (mm/h)

q = caudal del emisor o goteo (l/h)

Ee = espaciamiento entre emisores (m)

El = espaciamiento entre líneas laterales (m)

Calculamos la precipitación horaria del emisor remplazando datos del caudal del emisor que es 1.5 l/h, Ee es 0.20 y El es de 0.70, en la siguiente formula:

$$PH = \frac{q(l/h)}{Ee*El}$$

$$PH = \frac{1.5 (l/h)}{0.20*0.70} = 10.71 \text{ mm/h.}$$

La precipitación horaria del emisor es de 10.71 mm/h.

#### ✓ Tiempo de riego (TR)

$$TR = \frac{L ( \text{agua a reponer} ) \text{ mm/ dia}}{PH \text{ mm/h}}$$

TR = tiempo de riego (min,h)

L = agua a reponer (mm)

PH = precipitación horaria (mm/h)

Remplazamos datos para calcular el tiempo de riego, agua a reponer es 1.68 mm, precipitación horaria es 10.71 mm/h.

$$TR = \frac{1.68 \text{ mm}}{10.71 \text{ mm/h}} = 0.16 \text{ horas} = 9.6 \text{ minutos.}$$

El tiempo de riego requerido para cubrir 1.68 mm de agua, es de 9.6 minutos.

#### 5.7.7. Frecuencia de riego

La frecuencia o intervalo de riego en el presente trabajo de investigación fue diario.

- **Gotos por planta**

Este varía de acuerdo a los diferentes cultivos. En el trabajo de investigación se utilizó un emisor por cada dos plantas.

**Cuadro 5: Planilla de manejo de riego**

PLANILLA DE CALCULO DE MANEJO DE RIEGO													
Provincia:		Ln (inicio):		5.79	mm	Área del terreno:							
Distrito:		Ln (fin):		2.89	mm	Cultivo:							
Lugar:		Eficiencia:		95	%	Responsable:							
Distancia de T – P:				Fecha siembra:				Factor de secamiento:					
DDS	V (m/s)	HR %	Kp	Ev (mm)	ETo	Kc	ETc (mm)	Ganancia de agua				Consumo de agua	
								Pp	Pe	Riego necesario (mm)	Riego a aplicar (mm)	Ln – Inicio	Ln - Fin

**Fuente: Manual técnico de riego presurizado** (Baca Garcia, 2013)

En el siguiente cuadro, podemos observar que el valor de 5.79 mm representa la lámina de inicio y la lámina neta final es de 2.89 mm, esto para la profundidad de suelo de 3cm.

La lamina neta del riego de mantenimiento es diferente para cada profundidad de raíz que fue evaluada cada 15 días.

**Uso de la planilla de cálculo**

1. El cálculo del coeficiente del tanque (kp), se utilizó los datos de humedad relativa y velocidad de viento diarias, obtenidas de la estación meteorológica k´ayra.
2. Para determinar la ETo se multiplico por la Kp del tanque, este por la lectura diaria de evaporación del tanque.
3. Para el cálculo de la ETc fue multiplicado por el Kc del cultivo de beterraga.

4. Para este trabajo la ETc se utiliza como riego necesario esta es dividida entre la eficiencia de riego obteniendo así el riego a aplicar.
5. En caso de que exista precipitaciones menores a 5mm estas serán nulas, y si estos resultan ser mayores ya no se realizara el riego.

### 5.8. Demanda hídrica.

Para este cálculo, en el cultivo de beterraga se determinó utilizando el método de la cubeta clase A.

- Se realizo con la suma total de las láminas de riego a aplicar, desde el inicio de riego hasta el final (todo el ciclo vegetativo del cultivo).

**Cuadro 6: Lámina neta consumida en 90 días por el cultivo de beterraga**

Factor de agotamiento	Precipitación efectiva	Lamina neta consumida en 90 días
0.50	30.60	160.21

- La precipitación efectiva que se presentó en el trabajo de investigación fue menor a 75 mm
- La lamina neta consumida en 90 días fue de 160.21 mm, que significo el total de consumo de agua del cultivo de beterraga.

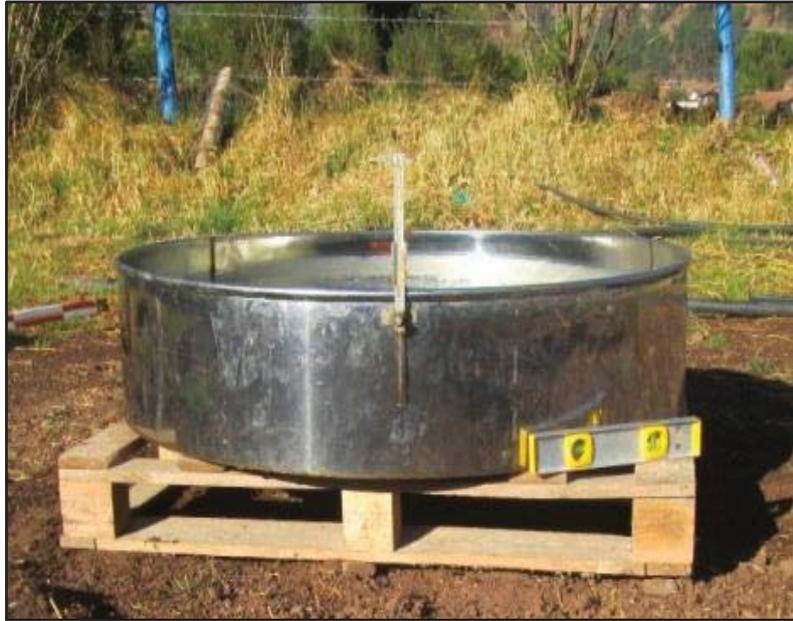
### 5.9. Variables e indicadores evaluados

#### 5.9.1. Evaluación de variables

Se realizó las siguientes evaluaciones:

1. Para este cálculo se realizó las lecturas del tanque diariamente a horas de las 6:00 am y 6:00 pm. Seguidamente estos datos son corregidos con el uso de la tabla n°4 con su respectivo factor de corrección.

**Fotografía 13: Tanque clase A.**



2. La evaluación de la profundidad de la raíz del cultivo de beterraga se realizó cada 15 días.

**Fotografía 14: Medición de la profundidad de la raíz.**



3. El rendimiento del cultivo de beterraga expresado en Kg se determinó pesando en una balanza digital, las raíces de la parcela de 1m por 1m representativo del campo experimental, para proyectarlo a Kg/ha.

**Fotografía 15: Peso de raíces de beterraga.**



**Fotografía 16: Peso de la raíz de beterraga.**



## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Demanda hídrica

La demanda hídrica del cultivo de beterraga se calculó por la suma del riego a aplicar, registradas en la planilla de riego anexo N°2.

Para el cálculo de la demanda hídrica se utilizaron diferentes parámetros de riego, tales como la CC, PMP,  $D_a$ , factor de secamiento (f) del cultivo de beterraga, evapotranspiración del cultivo (ETc), tiempo de riego el tiempo de riego en el momento de la siembra con una profundidad de raíz de 3 cm fue de 9 minutos con 6 segundos; y demás datos que se muestran en la planilla de riego anexo N°2.

El cultivo de beterraga obtuvo 160.21mm que significo un consumo total de agua de 1602.1m<sup>3</sup>/ha, estos datos fueron calculados con un factor de secamiento de 0.50.

**Cuadro 7: Demanda Hídrica de la beterraga**

Factor de secamiento	Demanda hídrica	
	mm	m <sup>3</sup> /ha
0.50	<b>160.21</b>	<b>1602.1</b>

- ❖ El cuadro 7 muestra la demanda hídrica del cultivo de beterraga el cual es 1602.1 m<sup>3</sup>/ha, esta es la cantidad de agua que la planta consumirá en todo su ciclo vegetativo para tener rendimientos óptimos.

## 6.2. Profundidad de la raíz

La evaluación de la profundidad de la raíz del cultivo de beterraga se midió con una wincha y regla milimetrada, y fueron medidas cada 15 días, obteniendo así 7 fechas diferentes y por lo tanto 7 mediciones de profundidad en todo el ciclo del cultivo de beterraga, los datos se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 8: Profundidad de la raíz cada 15 días.**

Fecha	Profundidad
15/08/16	3 cm
30/08/16	7 cm
14/09/16	10 cm
29/09/16	14 cm
14/10/16	20 cm
29/10/16	29 cm
12/11/16	38 cm

En el cuadro 8, se puede observar que la profundidad de raíz del cultivo de beterraga, al inicio fue de 3 cm (momento de siembra), posteriormente alcanzo una profundidad de 38 cm (fin de la aplicación del riego).

### Comportamiento agro botánico

Diámetro de la raíz: Esta evaluación se realizó en dos momentos el primero a los 70 días y el segundo fue en el momento de la cosecha, se utilizó un vernier. Se tomaron 4 raíces de beterraga de cada bloque para dicha medición de diámetro, y en el momento de la cosecha la medición del diámetro se dio con las raíces que se obtuvo en  $1m^2$  representativo de la parcela, en el cual se obtuvo 20 raíces de beterraga.

**Cuadro 10: Promedio del diámetro de raíz a los 70 días.**

Bloques	diámetro (cm)
BLOQUE I	5.9 cm
BLOQUE II	5.73 cm
BLOQUE III	5.85 cm
BLOQUE IV	5.6 cm

El cuadro 10, muestra el promedio del diámetro de las raíces que se evaluó a los 70 días, el cual tiene los siguientes resultados el bloque I con 5.9 cm, bloque II 5.73 cm, bloque III 5.85 cm y el bloque IV 5.6 cm.

**Cuadro 11: Promedio del diámetro de raíz en la cosecha.**

Momento	Diámetro promedio (cm)
Cosecha en $1m^2$ , se obtuvo 20 raíces del cultivo de beterraga	7.68

El cuadro 11, promedio del diámetro de la raíz en la cosecha muestra datos obtenidos en  $1m^2$  con 20 raíces, cuyo promedio fue de 7.68 cm.

Comparando los datos obtenidos del promedio del diámetro de la raíz con el trabajo realizado en el cultivo de beterraga var. Early Wonder en la ciudad de la Paz, provincia Murillo, fue un promedio de 5.32 cm realizado por (Torrez Mamani, 2005), este dato es menor al promedio del diámetro que se obtuvo en el presente trabajo.

### 6.3. Rendimiento

Para calcular el rendimiento del cultivo de beterraga con riego por goteo, se consideró una parte representativa de 1 m<sup>2</sup> de la parcela, posteriormente fueron pesados en una balanza digital cuyos datos se muestran en el cuadro 12 Y 13, en 1m<sup>2</sup> es 4046 gramos (4.046 Kg), estos datos en 150m<sup>2</sup> es 606900 gramos (606.9 Kg).

**Cuadro 12: Peso de la beterraga.**

Parcela	Peso (g.)	Peso (Kg)
1m <sup>2</sup>	4046	4.046
150 m <sup>2</sup>	606900	606.9

El cuadro 12, muestra datos del peso de la beterraga convertidos de 4.046 Kg/1m<sup>2</sup> a 606.9 Kg/150 m<sup>2</sup>.

**Cuadro 13: Peso promedio en kg/m<sup>2</sup>, tn/ha.**

Peso	
Kg/1m <sup>2</sup>	4.046 Kg
Kg/150 m <sup>2</sup>	606.9 Kg
Kg/ha	40460 Kg
tn/ha	40.46 tn

El cuadro 13 muestra datos del peso promedio convertidos de 4.846 Kg/1m<sup>2</sup> a 606.9 Kg/150 m<sup>2</sup> posteriormente en 40460 Kg/ha a 40.46 tn/ha.

Según (MINAGRI, 2017), el cultivo de beterraga presenta un rendimiento de 18.2 tn/ha. Estos resultados pueden estar relacionados con las características de la semilla, variedad, las condiciones de suelo y clima donde se realizó el cultivo.

## VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

- 1) **Demanda hídrica:** para la determinación de la demanda hídrica, se obtuvo con las lecturas que se realizaron del Tanque Clase A y con los cálculos realizados en la planilla de manejo de riego el cual fue de 160.21 mm (1602.1  $m^3/ha$ ), este volumen de agua es el total de agua que requiere el cultivo de beterraga en todo su ciclo fenológico es decir en los 90 días, estos cálculos se determinaron con un factor de agotamiento o secamiento del cultivo de beterraga es cual es 0.50.
- 2) **Profundidad de la raíz:** la profundidad promedio que alcanzo la raíz del cultivo de beterraga con un sistema de riego por goteo, al final de su desarrollo que es a los 90 días, fue de 38 cm. Estos datos obtenidos son inferiores a los datos propuestos por la FAO, esto quiere decir que la raíz con un sistema de riego por goteo es menos profunda ya que el agua de riego es aplicada directamente a la raíz del cultivo, así la raíz no tiene la necesidad de penetrar más profundo en suelo en busca de agua.
- 3) **Rendimiento:** Para determinar el rendimiento del cultivo de beterraga, se obtuvo del peso de 20 raíces de beterraga.  
El rendimiento del cultivo de beterraga, en la parcela (150  $m^2$ ) fue de 606.9 kg, llevando este dato a 40.46 tn/ha). Entonces a mayor eficiencia de riego (goteo 95%), mayor desarrollo de la planta y por lo tanto mayor rendimiento. El rendimiento que se obtuvo, es mayor a los datos de la tabla de rendimiento del MINAGRI.

## SUGERENCIAS

- ❖ Se recomienda realizar más trabajos de investigación con diferentes factores de secamiento, diferentes al de la FAO.
- ❖ Realizar más trabajos de investigación con riego localizado, en diferentes cultivos.
- ❖ Utilizar otras variedades de beterraga que se adapten en la zona con altos rendimientos, considerando como base, los resultados obtenidos en la presente investigación.
- ❖ Utilizar otros métodos para el cálculo de la demanda hídrica en diferentes cultivos

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. (12 de Marzo de 2019). Obtenido de Guia plantas medicinales: <http://www.medicinasnaturistas.com>
2. Aldana, H. (1995). *Producción Agrícola 2. de la Enciclopedia Agropecuaria Terrano*. Bogotá: Terranova Editores.
3. Baca Garcia, C. J. (2013). *Manua Tecnico de riego presurizado*. Cusco- Peru.
4. Bustamante J.A. (1996). *Manual de Obras Menores de Riego, Comision Nacional de Riego, Universidad de Concepcion,*. Chile: Antartica S.A.
5. Castillo Llanque, G. (2009). *Agrometeorologia aplicada al riego* .
6. Cisneros A.R. (2003). *Apuntes de la materia de Riego y Drenaje. Universidad Autonoma de San Luis Potosi* . Potosi.
7. Duran, F. (2009). *Seguridad alimentaria cultivando hortalizas*. Edicion Grupo Latino Editoriales S.A.S.
8. Espinoza, S. (1996). *Guia practica para su cultivo* . Bolivia: Pgs Edicion .
9. FAO. (2006). *Boletin 56, estudio Riego y Drenaje*.
10. FAO. (2008). *Coeficiente del cultivo para la programacion del riego* .
11. FAO. (2012). Riego y Drenaje 66. *Demanda Hidrica* .
12. Fernadez Gomes, R. (2010). *"Manual de reigo para agricultores" Riego Presurizado* . Sevilla - España : Edit. Junta de Andalucia .
13. Fuentes Y.J.L. (2003). *Tecnicas de riego*. Madrid, España: Mundi Prensa.
14. Guevara Carazas, V. (1995). *Relacion Suelo - Agua - Planta*. cusco peru.
15. Huerres, P. ., (1988). *Horticultura* . Habana Cuba : Edicion Pueblo y Educacion.
16. Ladrón de Guevara Rodriguez, O. (2005). *Introducción a la Climatología y Fenología Agrícola*. Cusco: Editorial Universitaria - UNSAAC.
17. Maroto, J. (1989). *Horticultura Herbacea Especial* . Bolivia : Editorial Mundo Prensa.
18. Martinez B.L. (1998). *Manual de Fertirrigacion, Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigacion Intihuasi*. Chile: Cromograf Ltda.
19. MINAGRI. (2017). Analisis Economico de principales Frutas y Verduras. *Boletin*, PAG. 1-11.
20. Olarte H.W. (1987). *Manual de Riego por Gravedad, Serie Manuales Tecnicos N°1, Comision de Coordinacion de Tecnologia Andina (CCTA)*. Llma.

21. Olarte W. (2003). *Proyecto Masal, Manual de Diseño y Gestion de Sistemas de Riego por Aspersion en Laderas*. Dannys Graff. Cusco.
22. Pino M.T y Barrera C.M. (1996). *Riego Localizado para Magallanes, Cartilla Divulgativa N° 14, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigacion Intihuasi*. Chile: Lorena Mardones.
23. Pizarro C.F. (1996). *Riegos Localizados de Alta FRecuencia (RLF), Goteo, Micro aspersion, Exudacion* (3ra ed.). España: Prensa. Bilbao.
24. Ramirez, S. (1989). *Cultivo de remolacha* . La Paz - Bolivia : Editorial AUMM.
25. SENAMHI. (2003). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Datos climáticos de Cusco*. Cusco .
26. Torrez Mamani, P. J. (2005). *Evaluación Agronómica de tres variedades de remolacha (Beta Vulgaris L.) en tres epocas de siembra* . La Paz - Bolivia .
27. Valverde, C. (2007). *Riego y Drenaje* . costa rica : 1° edicion San Jose C.R.

## IX. ANEXO

### Anexo N°1.

#### UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

- APARTADO POSTAL  
N° 921 - Cusco - Perú
- FAX: 238156 - 238173 - 222512
- RECTORADO  
Calle Tigre N° 127  
Teléfonos: 222271 - 224891 - 224181 - 254398
- CIUDAD UNIVERSITARIA  
Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222512 - 232370 - 232375 - 232226
- CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 252210  
243835 - 243836 - 243837 - 243838
- LOCAL CENTRAL  
Plaza de Armas s/n  
Teléfonos: 227571 - 225721 - 224015
- MUSEO INKA  
Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380
- CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA  
San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246
- COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA"  
Av. De la Cultura N° 721  
"Estadio Universitario" - Teléfono: 227192

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN SUELOS Y ABONOS (CISA)  
LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS**

**TIPO DE ANALISIS** : FERTILIDAD Y MECANICO

**PROCEDENCIA** : CENTRO AGRONOMICO KAYRA-SAN GERONIMO-CUSCO

**INSTITUCION SOLICITANTE:** CRISTIAN SANTANDER OSRAYO

NILO GARRAFA GARRAFA

JOSE ALBERT MERMA COTOHUANCA

MILY MILAGRO ZEGARRA PEÑA

**ANALISIS DE FERTILIDAD:**

Nº	CLAVE	mmhos/cm C.E.	pH	% M.ORG.	% N.TOTAL	ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ppm K <sub>2</sub> O
01	M-1	0.28	7.80	1.87	0.09	67.5	74

**ANALISIS MECANICO:**

Nº	CLAVE	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE-TEXTURAL
01	M-1	39	35	26	FRANCO

**OTROS ANALISIS:**

Nº	CLAVE	% H.E.	% C.C.	gr/cm <sup>3</sup> D.a.	gr/cm <sup>3</sup> D.r.	% PMP	% POROSIDAD
01	M-1	26.03	25.13	1.47	2.53	11.99	41.89

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA  
Centro de Producción de Bienes y Prestación de Servicios - Kayra

Ing. Ing. Arcadio Calderón Choquechambi

Cusco, 03 de Noviembre del 2015.

**FAUSTO YAPURA CONDORI**  
ANALISTA EN SUELOS, AGUAS Y PLANTAS

Anexo N°2.

**PLANILLA DE CALCULO – MANEJO DE RIEGO**

PLANILLA DE CALCULO – MANEJO DE RIEGO															
PROVINCIA		CUSCO		Ln (inicio):		5.79 mm		AREA DEL TERRENO		150 m2					
DISTRITO		SAN JERONIMO		Ln (fin) :		2.9 mm		CULTIVO		BETERRAGA					
LUGAR		KAYRA		EFICIENCIA		95%		RESPONSABLE		MILY MILAGROS					
DISTANCIA DE T --> P				FECHA DE SIEMBRA		15 DE AGOSTO		FACTOR DE SECAMIENTO		0.5					
Mes	Dia	DDS	V (m/seg)	HR %	Kp	Evaporación (mm)	ETo	Kc	Etc (mm)	Reposición de agua de riego				Consumo de agua	
										pp (mm)	Pe (mm)	Riego necesario (mm)	Riego a aplicar (mm)	Ln (inicial)	Ln (final)
AGOSTO	15	1	8.96	44.7	0.55	5.80	3.19	0.50	1.60		0.0	1.60	1.68	5.79	2.90
	16	2	9.11	41.3	0.55	3.20	1.76	0.50	0.88		0.0	0.88	0.93	5.79	2.90
	17	3	9.08	42.7	0.55	3.90	2.15	0.50	1.07		0.0	1.07	1.13	5.79	2.90
	18	4	7.84	47.5	0.60	4.90	2.94	0.50	1.47		0.0	1.47	1.55	5.79	2.90
	19	5	9.02	44.0	0.55	3.20	1.76	0.50	0.88	2.9	0.0	0.88	0.93	5.79	2.90
	20	6	7.35	47.0	0.60	3.80	2.28	0.50	1.14		0.0	1.14	1.20	5.79	2.90
	21	7	10.16	42.7	0.55	4.00	2.20	0.50	1.10		0.0	1.10	1.16	5.79	2.90
	22	8	9.22	37.0	0.45	4.90	2.21	0.50	1.10		0.0	1.10	1.16	5.79	2.90
	23	9	9.68	41.7	0.55	5.20	2.86	0.50	1.43		0.0	1.43	1.51	5.79	2.90
	24	10	10.40	42.3	0.55	5.90	3.25	0.50	1.62		0.0	1.62	1.71	5.79	2.90
	25	11	9.27	41.7	0.55	2.00	1.10	0.50	0.55	1.9	0.0	0.55	0.58	5.79	2.90
	26	12	7.89	42.7	0.60	4.90	2.94	0.50	1.47		0.0	1.47	1.55	5.79	2.90
	27	13	10.81	41.0	0.55	4.20	2.31	0.50	1.16		0.0	1.16	1.22	5.79	2.90
	28	14	9.02	37.0	0.45	7.70	3.47	0.50	1.73		0.0	1.73	1.82	5.79	2.90
	29	15	7.90	38.0	0.55	4.60	2.53	0.50	1.27		0.0	1.27	1.33	5.79	2.90
30	16	7.10	41.0	0.60	4.70	2.82	0.50	1.41		0.0	1.41	1.48	13.52	6.76	

SEPTIEMBRE

1	18	9.78	36.3	0.45	4.00	1.80	0.50	0.90		0.0	0.90	0.95	13.52	6.76
2	19	8.86	44.3	0.55	4.20	2.31	0.50	1.16		0.0	1.16	1.22	13.52	6.76
3	20	10.31	43.7	0.55	3.50	1.93	0.50	0.96		0.0	0.96	1.01	13.52	6.76
4	21	9.49	40.7	0.55	5.00	2.75	0.50	1.38	0.7	0.0	1.38	1.45	13.52	6.76
5	22	10.12	38.0	0.45	7.80	3.51	0.50	1.76		0.0	1.76	1.85	13.52	6.76
6	23	12.36	33.3	0.45	5.30	2.39	0.50	1.19		0.0	1.19	1.26	13.52	6.76
7	24	8.16	30.7	0.45	6.70	3.02	0.50	1.51		0.0	1.51	1.59	13.52	6.76
8	25	10.55	55.0	0.55	5.00	2.75	0.50	1.38		0.0	1.38	1.45	13.52	6.76
9	26	10.69	38.0	0.45	8.00	3.60	0.52	1.86		0.0	1.86	1.96	13.52	6.76
10	27	13.15	36.0	0.45	5.70	2.57	0.54	1.37		0.0	1.37	1.45	13.52	6.76
11	28	9.78	36.3	0.45	6.80	3.06	0.55	1.70		0.0	1.70	1.78	13.52	6.76
12	29	11.95	38.0	0.45	7.50	3.38	0.57	1.93		0.0	1.93	2.03	13.52	6.76
13	30	12.52	36.0	0.45	5.70	2.57	0.59	1.52		0.0	1.52	1.59	13.52	6.76
14	31	10.72	41.0	0.55	7.50	4.13	0.61	2.51		0.0	2.51	2.64	19.32	9.66
15	32	8.16	41.7	0.55	2.80	1.54	0.63	0.97		0.0	0.97	1.02	19.32	9.66
16	33	11.89	40.0	0.55	4.50	2.48	0.65	1.60		0.0	1.60	1.68	19.32	9.66
17	34	12.86	38.3	0.45	7.50	3.38	0.66	2.24		0.0	2.24	2.36	19.32	9.66
18	35	15.69	38.0	0.45	8.10	3.65	0.68	2.49		0.0	2.49	2.62	19.32	9.66
19	36	11.81	42.7	0.55	3.00	1.65	0.70	1.16	2.9	0.0	1.16	1.22	19.32	9.66
20	37	9.15	46.7	0.55	5.60	3.08	0.72	2.21		0.0	2.21	2.33	19.32	9.66
21	38	17.39	43.0	0.55	3.80	2.09	0.74	1.54		0.0	1.54	1.62	19.32	9.66
22	39	14.00	42.3	0.55	5.20	2.86	0.76	2.16		0.0	2.16	2.27	19.32	9.66
23	40	14.98	40.7	0.55	6.90	3.80	0.77	2.94		0.0	2.94	3.09	19.32	9.66
24	41	10.61	40.0	0.55	2.50	1.38	0.79	1.09	1.9	0.0	1.09	1.15	19.32	9.66
25	42	9.22	44.3	0.55	3.80	2.09	0.81	1.69		0.0	1.69	1.78	19.32	9.66
26	43	10.99	50.0	0.55	4.80	2.64	0.83	2.19		0.0	2.19	2.30	19.32	9.66
27	44	16.47	43.3	0.55	5.20	2.86	0.85	2.42		0.0	2.42	2.55	19.32	9.66
28	45	9.85	38.7	0.45	7.50	3.38	0.87	2.92		0.0	2.92	3.07	19.32	9.66
29	46	9.52	46.0	0.55	4.00	2.20	0.88	1.94		0.0	1.94	2.05	38.63	19.32

OCTUBRE	30	47	9.85	39.1	0.45	3.10	1.40	0.90	1.26		0.0	1.26	1.32	38.63	19.32
	1	48	10.72	42.0	0.55	4.00	2.20	0.92	2.02		0.0	2.02	2.13	38.63	19.32
	2	49	9.50	43.0	0.55	3.90	2.15	0.94	2.01		0.0	2.01	2.12	38.63	19.32
	3	50	11.53	39.3	0.45	4.30	1.94	0.96	1.85		0.0	1.85	1.95	38.63	19.32
	4	51	10.00	44.0	0.55	3.60	1.98	0.98	1.93	9.5	7.1	0.00	0.00	38.63	19.32
	5	52	9.00	55.0	0.55	4.90	2.70	0.99	2.68	8.3	6.2	0.00	0.00	38.63	19.32
	6	53	9.00	64.0	0.55	5.30	2.92	1.01	2.95		0.0	2.95	3.10	38.63	19.32
	7	54	8.00	38.0	0.45	6.40	2.88	1.03	2.97		0.0	2.97	3.12	38.63	19.32
	8	55	10.00	37.0	0.45	3.00	1.35	1.05	1.42		0.0	1.42	1.49	38.63	19.32
	9	56	11.00	40.0	0.55	3.00	1.65	1.05	1.73	1.7	0.0	1.73	1.82	38.63	19.32
	10	57	5.00	58.0	0.60	3.00	1.80	1.05	1.89	7.3	5.5	0.00	0.00	38.63	19.32
	11	58	8.74	55.3	0.55	3.50	1.93	1.05	2.02	3.6	0.0	2.02	2.13	38.63	19.32
	12	59	8.99	44.3	0.55	6.80	3.74	1.05	3.93		0.0	3.93	4.13	38.63	19.32
	13	60	9.25	43.0	0.55	2.50	1.38	1.05	1.44	0.5	0.0	1.44	1.52	38.63	19.32
	14	61	5.80	47.0	0.60	3.40	2.04	1.05	2.14	2.5	0.0	2.14	2.25	56.02	28.01
	15	62	8.80	42.7	0.55	4.00	2.20	1.05	2.31		0.0	2.31	2.43	56.02	28.01
	16	63	9.81	43.0	0.55	2.50	1.38	1.05	1.44		0.0	1.44	1.52	56.02	28.01
	17	64	2.69	47.0	0.70	1.72	1.20	1.05	1.26	1.30	0.0	1.26	1.33	56.02	28.01
	18	65	9.08	40.3	0.55	3.20	1.76	1.05	1.85	9.70	7.3	0.00	0.00	56.02	28.01
	19	66	11.91	43.7	0.55	3.00	1.65	1.05	1.73	6.00	4.5	0.00	0.00	56.02	28.01
	20	67	5.79	55.4	0.60	3.10	1.86	1.05	1.95	1.70	0.0	1.95	2.06	56.02	28.01
	21	68	8.48	44.7	0.55	2.00	1.10	1.05	1.16		0.0	1.16	1.22	56.02	28.01
	22	69	8.68	37.0	0.45	4.00	1.80	1.05	1.89	0.60	0.0	1.89	1.99	56.02	28.01
	23	70	8.30	43.7	0.55	3.00	1.65	1.05	1.73	0.50	0.0	1.73	1.82	56.02	28.01
	24	71	8.60	45.0	0.55	4.00	2.20	1.05	2.31		0.0	2.31	2.43	56.02	28.01
	25	72	10.83	37.0	0.45	3.50	1.58	1.05	1.65		0.0	1.65	1.74	56.02	28.01
	26	73	9.94	42.3	0.45	3.30	1.49	1.05	1.56	4.80	0.0	1.56	1.64	56.02	28.01
	27	74	7.88	48.0	0.60	2.70	1.62	1.05	1.70	2.40	0.0	1.70	1.79	56.02	28.01
28	75	9.16	38.0	0.45	3.50	1.58	1.05	1.65		0.0	1.65	1.74	56.02	28.01	

	29	76	9.30	38.7	0.45	3.50	1.58	1.05	1.65		0.0	1.65	1.74	<b>73.40</b>	36.70
	30	77	9.42	38.7	0.45	3.40	1.53	1.05	1.61		0.0	1.61	1.69	<b>73.40</b>	36.70
	31	78	11.00	39.0	0.45	5.30	2.39	1.05	2.50	0.90	0.0	2.50	2.64	<b>73.40</b>	36.70
NOVIEMBRE	1	79	10.17	33.7	0.45	6.40	2.88	1.05	3.02		0.0	3.02	3.18	<b>73.40</b>	36.70
	2	80	14.25	35.0	0.45	4.80	2.16	1.05	2.27		0.0	2.27	2.39	<b>73.40</b>	36.70
	3	81	11.44	34.3	0.45	4.90	2.21	1.04	2.29		0.0	2.29	2.41	<b>73.40</b>	36.70
	4	82	9.84	35.0	0.45	6.10	2.75	1.03	2.83		0.0	2.83	2.98	<b>73.40</b>	36.70
	5	83	10.38	35.0	0.45	7.00	3.15	1.02	3.21		0.0	3.21	3.38	<b>73.40</b>	36.70
	6	84	9.48	35.3	0.45	4.30	1.94	1.01	1.95		0.0	1.95	2.06	<b>73.40</b>	36.70
	7	85	14.31	38.3	0.45	2.70	1.22	1.00	1.22		0.0	1.22	1.28	<b>73.40</b>	36.70
	8	86	10.96	35.0	0.45	4.30	1.94	0.99	1.92		0.0	1.92	2.02	<b>73.40</b>	36.70
	9	87	12.00	37.3	0.45	4.70	2.12	0.98	2.07		0.0	2.07	2.18	<b>73.40</b>	36.70
	10	88	9.52	35.3	0.45	3.00	1.35	0.97	1.31		0.0	1.31	1.38	<b>73.40</b>	36.70
	11	89	9.73	32.3	0.45	5.00	2.25	0.96	2.16	0.40	0.0	2.16	2.27	<b>73.40</b>	36.70
	12	90	11.24	34.0	0.45	7.00	3.15	0.95	2.99		0.0	2.99	3.15	<b>73.40</b>	36.70
											72.00	30.60	152.20	<b>160.21</b>	

**Anexo N°3.**

**Fotografía 01: Cintas de goteo en funcionamiento**



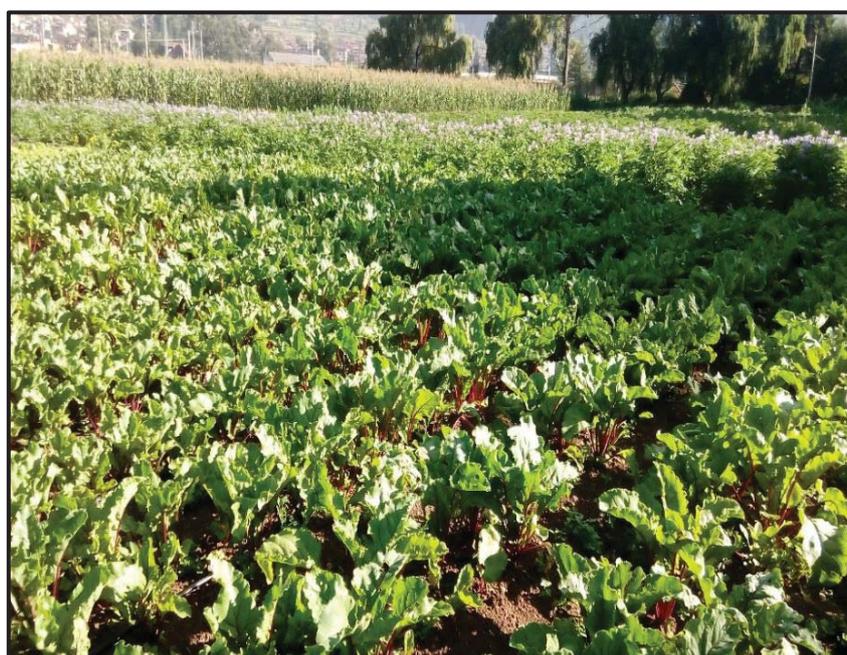
**Fotografía 02: Cinta de goteo expulsando agua gota a gota**



**Fotografía 03: Emergencia del cultivo de beterraga a los 7 días.**



**Fotografía 04: Cultivo de beterraga en pleno desarrollo.**



**Fotografía 05: Medición de 1 m<sup>2</sup> para la evaluación de las raíces y peso para calcular el rendimiento.**



**Fotografía 06: Cultivo de beterraga cosechada y lavada**



**Fotografía 07: Peso de raíz de la beterraga.**



**Fotografía 08: Medición del diámetro de las raíces de beterraga.**



**Fotografía 09: Medición de la raíz los primeros días del cultivo de beterraga.**



**Fotografía 10: Medición de la raíz a mediados de su desarrollo.**



**Fotografía 11: Limpieza del filtro en el cabezal de riego.**



**Fotografía 12: Válvulas armadas.**

