

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



---

---

**EFFECTO DE DOSIS ENTRE MACRO - MICRONUTRIENTES Y  
ABONOS ORGÁNICOS EN EL CULTIVO DE BETERRAGA (*Beta  
vulgaris L. ssp. Vulgaris*) CONDUCTIDO EN EL CENTRO  
AGRONÓMICO K'AYRA**

---

---

Tesis presentada por el Bachiller en Ciencias  
Agrarias

**NILO QUISPE CCAMA**

Para optar al Título Profesional de Ingeniero  
Agrónomo.

Asesor: **Mgt. Juan Wilbert Mendoza Abarca**

Cusco – Perú

2023

## DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación,  
va dedicado con mucho cariño a la persona  
que decidió acompañarme en la historia de mi  
vida, mi compañera y pareja Gladys.  
A mis hermanos Fredy, Percy y Julio Cesar,  
quienes me impulsaron todo el tiempo y me  
apoyaron en el cumplimiento de mis objetivos.  
A mis padres Don Fortunato y doña Encarnación,  
en especial a mi querida madre quien ha sido  
mi mayor soporte e impulsadora para la  
realización de mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis sinceros agradecimientos a mis dignos docentes de la facultad de Ciencias Agrarias y en especial a la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por sus enseñanzas y experiencias impartidas durante mi formación profesional.

Con profundo reconocimiento y agradecimiento a mi asesor Mgt. JUAN WILBERT MENDOZA ABARCA, por sus sugerencias y orientaciones durante el desarrollo del presente trabajo de tesis.

Un agradecimiento muy especial a mi amiga, pareja, confidente y esposa Ing. GLADYS MAMANI SENCCA, por su apoyo incondicional en la culminación y presentación del presente trabajo de tesis.

Un agradecimiento también muy especial para toda mi familia en especial para mi linda madre Doña Encarnación Ccama Meza, mi padre Don Fortunato Quispe Gutierrez, mis hermanos Fredy, Percy y Julio Cesar, quienes siempre me dieron su total apoyo, fuerza y ánimos para culminar la universidad.

A todos mis amigos y conocidos en general que me dieron aliento y orientación para que se concluya el presente trabajo.

Al Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA) DE LA Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía; por brindarme sus instalaciones y campo experimental en la unidad de Lombricultura.

El autor

## INDICE

|   |     |
|---|-----|
| DEDICATORIA .....   | I   |
| AGRADECIMIENTOS .....   | II  |
| RESUMEN .....   | VI  |
| INTRODUCCIÓN .....  | VII |
| I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN .....                     | 1   |
| 1.1. Identificación del problema objeto de investigación..... | 1   |
| 1.2. Planteamiento del problema .....                         | 2   |
| 1.2.1. Problema general.....                                  | 2   |
| 1.2.2. Problemas específicos.....                             | 2   |
| II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....                            | 3   |
| 2.1. Objetivo general .....                                   | 3   |
| 2.2. Objetivos específicos.....                               | 3   |
| 2.3. Justificación .....                                      | 3   |
| III. HIPÓTESIS.....   | 5   |
| 3.1. Hipótesis general.....                                   | 5   |
| 3.2. Hipótesis específicas.....                               | 5   |
| IV. MARCO TEÓRICO .....                                       | 6   |
| 4.1. Cultivo de Beterraga.....                                | 6   |
| 4.1.1. Origen y distribución.....                             | 6   |
| 4.1.2. Posición taxonómica .....                              | 6   |
| 4.1.3. Subespecies y variedades .....                         | 7   |
| 4.1.4. Descripción morfológica.....                           | 7   |
| 4.1.5. Fenología .....  | 10  |
| 4.1.6. Valor nutritivo de la Beterraga.....                   | 11  |
| 4.1.7. Requerimientos edafoclimáticos .....                   | 12  |
| 4.1.8. Manejo agronómico.....                                 | 13  |
| 4.1.9. Plagas de la beterraga .....                           | 17  |
| 4.1.10. Enfermedades de la beterraga.....                     | 21  |
| 4.1.11. Requerimientos nutricionales de cultivo.....          | 23  |
| 4.1.12. Abonos orgánicos .....                                | 29  |
| 4.2. Compost .....  | 31  |
| 4.2.1. Concepto.....  | 31  |
| 4.2.2. Ventajas del uso de compost.....                       | 32  |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 4.2.3. | Fases del compostaje .....                   | 32 |
| 4.2.4. | Factores que afectan el compostaje .....     | 33 |
| 4.2.5. | Materiales de compostaje .....               | 35 |
| 4.2.6. | Elaboración del compost.....                 | 35 |
| 4.2.7. | Características del compost maduro.....      | 36 |
| 4.2.8. | Composición del compost .....                | 36 |
| 4.3.   | Humus de lombriz.....                        | 37 |
| 4.3.1. | Características del humus de lombriz .....   | 37 |
| 4.3.2. | Beneficios del humus de lombriz.....         | 37 |
| 4.3.3. | Producción de humus de lombriz.....          | 37 |
| 4.3.4. | Composición del humus de lombriz .....       | 41 |
| 4.4.   | Soluciones nutritivas.....                   | 42 |
| 4.5.   | Antecedentes de la investigación .....       | 44 |
| V.     | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....             | 46 |
| 5.1.   | Tipo de Investigación.....                   | 46 |
| 5.2.   | Ubicación temporal.....                      | 46 |
| 5.3.   | Ubicación de la parcela experimental.....    | 46 |
| 5.3.1. | Ubicación Política.....                      | 46 |
| 5.3.2. | Ubicación Geográfica.....                    | 46 |
| 5.3.3. | Ubicación Hidrográfica.....                  | 46 |
| 5.3.4. | Limites.....                                 | 46 |
| 5.3.5. | Ubicación ecológica .....                    | 47 |
| 5.3.6. | Variables climáticas .....                   | 48 |
| 5.4.   | Materiales y métodos.....                    | 48 |
| 5.4.3. | Variables e indicadores.....                 | 49 |
| 5.4.4. | Características del campo experimental ..... | 50 |
| 5.4.5. | Factores y niveles evaluados .....           | 50 |
| 5.4.6. | Tratamientos.....                            | 51 |
| 5.4.7. | Conducción del cultivo .....                 | 53 |
| 5.4.8. | Evaluaciones.....                            | 57 |
| VI.    | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                 | 60 |
| 6.1.   | Rendimiento .....                            | 60 |
| 6.1.1. | Peso de raíz por hectárea .....              | 60 |
| 6.1.2. | Peso de raíz por planta .....                | 62 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 6.1.3. | Peso fresco de residuos de cosecha por planta ..... | 64 |
| 6.2.   | Altura de planta .....                              | 66 |
| 6.3.   | Número de hojas por planta .....                    | 69 |
| 6.4.   | Longitud de raíz.....                               | 71 |
| 6.5.   | Diámetro de raíz .....                              | 73 |
| VII.   | CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....                     | 76 |
| VIII.  | BIBLIOGRAFIA.....                                   | 78 |
| IX.    | ANEXOS.....   | 85 |
|        | ANEXO 01: RESULTADOS DE CAMPO .....                 | 85 |
|        | ANEXO 02: ANALISIS DE LABORATORIO.....              | 93 |

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Efecto de dosis de macro - micronutrientes y abonos orgánicos en el cultivo de beterraga (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris*) conducido en el Centro Agronómico K´ayra”, tuvo como objetivo general evaluar el efecto de la solución nutritiva y los abonos orgánicos humus de lombriz y compost en una producción del cultivo de beterraga conducido en el Centro Agronómico K´ayra. Fueron evaluados dos abonos orgánicos: humus de lombriz y compost y tres dosis de solución nutritiva La Molina: 0 ml de A y 0 ml de B, 5 ml de A y 2 ml de B y 10 ml de A ml de solución B. Fue asumido el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3A x 3D, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones con 36 unidades experimentales. Los resultados obtenidos indican que no existe diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos (humus de lombriz, compost y solución nutritiva) y el testigo (suelo agrícola) para peso de raíces por hectárea, peso de raíces por planta y peso de residuos de cosecha por planta, altura de planta, longitud y diámetro de raíz y número de hojas por planta.

**Palabras clave:** Micronutrientes, Macronutrientes, abonos orgánicos, beterraga (*Beta vulgaris L. ssp. Vulgaris*)

## INTRODUCCIÓN

Según estadísticas del Ministerio de Agricultura y Riego (2019) la superficie cosechada de beterraga (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris*) para el año 2017 fue de 2,039 ha, siendo Lima la región con mayor área cosechada 1,194 ha (58.55%). La región Cusco debido posiblemente a la mínima superficie cultivada no presenta registro.

Para incrementar la superficie cultivada en la región Cusco se debe investigar y difundir tecnología productiva adecuada al medio local, esto implica investigar en adaptabilidad de variedades, técnicas de fertilización, riego, control de malezas y control de plagas y enfermedades y así como nuevas técnicas que permitan mejorar el rendimiento y la producción.

La fertilización de la beterraga con fuentes orgánicas como humus de lombriz y compost es una alternativa amigable con el medio ambiente, puesto que, no solamente incrementa el rendimiento inmediato del cultivo, sino mejora las condiciones, físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual hace sostenible la actividad.

La solución nutritiva La Molina, diseñado como una mezcla de macro y micronutrientes de alta disponibilidad sirve para mejorar el rendimiento de los cultivos, al suministrar los elementos esenciales en forma inmediata y en la cantidad necesaria, puede ser aplicada en cultivos hidropónicos y en cultivos con suelo.

La presente investigación es importante porque se encarga de evaluar dos fuentes de abono orgánico, humus de lombriz y compost, en acción combinada con la solución nutritiva La Molina, el cual fue aplicada al cuello de la planta en forma manual, el objetivo fue evaluar el efecto sobre el rendimiento y las características agrobotánicas de mayor importancia de la beterraga.

El autor



## I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Identificación del problema objeto de investigación

Una alternativa viable de solución es incrementar el rendimiento de la beterraga y mejorar la rentabilidad del cultivo, convirtiendo la producción de esta especie en una actividad atractiva para la inversión privada, sin embargo, para mejorar el rendimiento es necesario generar un paquete tecnológico adecuado a la región, dentro de este contexto se debe investigar en las densidades de siembra, control de plagas y enfermedades, uso de bioestimulantes y soluciones nutritivas, uso de abonos orgánicos; entre otros.

Según los registros históricos del Ministerio de Agricultura y Riego (2020), no existe información sobre los niveles de producción del cultivo de beterraga en la región Cusco, debido posiblemente a la escasa superficie sembrada con este cultivo. A nivel nacional la producción de beterraga fue de 34,687 toneladas para el año 2017, se observa una reducción constante de la producción a partir del año 2014. A nivel regional Lima metropolitana tiene la producción más alta con 15,823 toneladas para el año 2017 la tendencia también es de reducción comparada con el año 2014. El segundo lugar lo ocupa Lima provincias con 9,480 toneladas, en este caso la tendencia de la producción es creciente comparado con el año 2014. La región con menor producción es Piura para el año 2017 con apenas 85 toneladas.

La superficie cosechada: a nivel nacional para el año 2017 la superficie cosechada con beterraga fue de 2,039 hectáreas, la tendencia comparada con el año 2014 es de crecimiento sostenido. A nivel regional Lima Metropolitana ocupa el primer lugar con 613 hectáreas de superficie cosechada, la tendencia comparada con el año 2014 es decreciente. El segundo lugar ocupa Lima provincias con una superficie cosechada de 581 hectáreas, la tendencia es creciente comparada con el año 2014.

La región con menor superficie cosechada de beterraga es Piura con apenas 10 hectáreas, siendo su tendencia decreciente con respecto al año 2016.

A nivel nacional para el año 2017 el rendimiento promedio fue de 17,010 kg/ha, este rendimiento es decreciente comparada con los años anteriores.

A nivel regional Lima metropolitana presenta el rendimiento más elevado con 25,810 kg/ha, la tendencia es decreciente y en forma sostenida con el año 2014. En segundo lugar, se encuentra Lima provincias con un rendimiento promedio de 16,317 kg/ha, ocupa el último lugar la región de Ica con 5,149 kg/ha.

El problema mencionado tiene varias causas: baja demanda de la beterraga en el mercado regional, bajo rendimiento obtenido por los pequeños productores, precios bajos que generan baja rentabilidad de la actividad, entre otros, razón por la cual se realiza las siguientes preguntas de investigación:

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Cuál es el efecto de la solución nutritiva y los abonos orgánicos humus de lombriz y compost en el cultivo de beterraga, conducido en el Centro Agronómico K'ayra?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

1. ¿Las características agrobotánicas: altura de planta, número de hojas por planta, longitud y diámetro ecuatorial de raíz; se verán afectados por la aplicación de solución nutritiva y los abonos orgánicos humus de lombriz y compost?
2. ¿El rendimiento del cultivo de beterraga se verá afectado por la aplicación de solución nutritiva y los abonos orgánicos humus de lombriz y compost?

## II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

### 2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de una solución nutritiva y abonos orgánicos humus de lombriz y compost en la producción del cultivo de beterraga conducido en el Centro Agronómico K'ayra.

### 2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1. Establecer las características agrobotánicas: altura de planta, número de hojas por planta, longitud y diámetro ecuatorial de raíz en el cultivo de beterraga de la variedad Early Wonder, por efecto de la aplicación de solución nutritiva y los abonos orgánicos humus de lombriz y compost.
- 2.2.2. Determinar el rendimiento del cultivo de beterraga por la aplicación de solución nutritiva y los abonos orgánicos humus de lombriz y compost.

### 2.3. Justificación

El incremento en la rentabilidad económica de un cultivo y su demanda en el mercado estimula la siembra de una mayor superficie, ya que, la actividad productiva será asumida por un número creciente de productores, sin embargo, la rentabilidad está asociada a varios factores de los cuales, el rendimiento es posible de ser mejorado por el productor. El rendimiento depende de la variedad cultivada, manejo agronómico del cultivo, uso de productos como abonos orgánicos, fertilizantes foliares, bioestimulantes, soluciones nutritivas, agroquímicos para control de plagas y enfermedades, entre otros, razón por la cual, es necesario investigar el efecto que tiene la aplicación de soluciones nutritivas y abonos orgánicos como el humus de lombriz y el compost sobre el rendimiento del cultivo de beterraga.

Las características agrobotánicas: altura de planta y número de hojas influyen en el rendimiento del cultivo, puesto que, una planta con buen crecimiento vegetativo generalmente asegura buen rendimiento de los órganos de interés, razón por la cual, evaluar el efecto que tiene los abonos orgánicos humus de lombriz y compost y la solución nutritiva "La Molina" es de gran importancia y se justifica su investigación. La longitud y diámetro ecuatorial de la raíz, participan en la calidad

del producto, ya que, raíces de beterraga bien conformadas son atractivas al consumidor, y generalmente logran mejores precios, lo cual, influye directamente en la rentabilidad, razón por la cual, se debe investigar el efecto que pueda presentar el uso de abonos orgánicos humus de lombriz y compost, así como, la solución nutritiva es importante y justifica la investigación.

### **III. HIPÓTESIS.**

#### **3.1. Hipótesis general**

La solución nutritiva y los abonos orgánicos humus de lombriz y compost, afectan la producción del cultivo de beterraga, comparados con el testigo.

#### **3.2. Hipótesis específicas**

- 3.2.1. La solución nutritiva aplicada en forma de abono foliar y los abonos orgánicos humus de lombriz y compost aplicados a la siembra, mejoran el rendimiento del cultivo de beterraga, comparado con el testigo.
- 3.2.2. La solución nutritiva y los abonos orgánicos humus de lombriz y compost generan mayor altura de planta y mayor número de hojas por planta, comparado con el testigo, así mismo, generan mayor longitud y diámetro ecuatorial de raíz, comparado con el testigo.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Cultivo de Beterraga

#### 4.1.1. Origen y distribución.

**Morales, J.** (1 995) menciona que la beterraga se originó en la cuenca del Mar Mediterráneo, en regiones pertenecientes al continente europeo, africano y asiático; según este autor, existe alta probabilidad de que las beterragas actualmente cultivadas, provengan de la especie *Beta marítima* L. el cual en la actualidad se encuentra en forma silvestre, en estas regiones.

**Demanet, R. y Canales, C.** (2 020) amplía la información y menciona que las formas silvestres de *Beta vulgaris* L. se encuentran a lo largo de la costa mediterránea y se extienden hasta Indonesia y a hacia la costa del mar Atlántico, Islas Canarias y sur de Noruega.

**Morales, J.** (1 995) indica que las formas silvestres, eran consumidas como plantas medicinales en ensaladas, según escritos Griegos y Romanos, este mismo autor indica también, que el cultivo comercial posiblemente comenzó en el siglo III D.C. En el siglo XV comenzó su cultivo en Francia y Alemania. Actualmente la beterraga se cultiva prácticamente en todos los países del mundo.

#### 4.1.2. Posición taxonómica

La posición taxonómica de la beterraga según el sistema de clasificación de **Cronquist** (1 981), citado por **Gutierrez, H., Pensiero, J., y Luchetti.** (2 020) es la siguiente:

Reyno:           Plantae  
División:        Magnoliophyta  
Clase:            Magnoliopsida  
Sub-clase:       Caryophyllidae  
Orden:            Caryophyllales  
Familia:         Chenopodiaceae  
Género:          Beta  
Especie:         Beta. Vulgaris L.

### 4.1.3. Subespecies y variedades

**Gutierrez, H.** (2 020) indica tres subespecies de la especie *Beta vulgaris* L:

- *Subespecie altissima*: conocido como remolacha azucarera, se cultiva para la industria azucarera en Europa y Estados Unidos.
- *Subespecie conditiva*: conocido como: remolacha, beterraga, betarraga, betabel, entre otros, cultivado por sus raíces engrosadas como hortaliza.
- *Subespecie vulgaris*: conocido como acelga, se cultiva como hortaliza.

Una clasificación anterior, mencionado por Morales (1 995), indica tres subespecies de *Beta vulgaris* L:

- *Subespecie saccharifera*: remolacha azucarera
- *Subespecie esculenta*: remolacha forrajera
- *Subespecie hortensis*: remolacha de mesa o ensalada.

**Ugáz, et al** (2 000) mencionan que en costa central del Perú se cultivan mayormente las siguientes variedades: Detroit Dark Red, Early Wonder Tall Top y Green Top Bunching.

**Morales, J.** (1 995) menciona algunas características de la variedad Detroit Dark Red: raíz globosa o redonda, de color rojo oscuro a morado, sabor muy dulce, diámetro ecuatorial de 6 a 9 cm, hojas en promedio de 30 cm de longitud y se puede cosechar a los 60 días después de la brotación.

**Castillo, C.** (2 004) menciona algunas características de la variedad Early Wonder Tall Top: es semiprecoz, de raíz redonda y follaje largo. Para el mismo autor la variedad Green Top Bunching es semiprecoz, raíz ovalada y follaje mediano.

### 4.1.4. Descripción morfológica

#### 4.1.4.1. Sistema radicular

**Morales, J.** (1 995) menciona que el sistema radicular de la beterraga está formado por una raíz principal engrosada y un sistema de raíces absorbentes muy extenso, que puede llegar a profundidades iguales a un metro y extenderse hasta sesenta

centímetros alrededor, este sistema radicular abundante le permite soportar periodos de sequia corto.

**Mildford** (1 973) citado por **Baca, E.** (2 015) menciona que la raíz de la remolacha esta conformado por una serie de anillos concentricos, tejidos xilemáticos secundarios de color más claro y tejidos floemáticos secundarios de color más oscuro, el 46% de la raíz esta conformado por zonas parenquimatosas y el resto de zonas vasculares. **Morales, J.** (1 995) señala que el color rojizo o morado se debe a la presencia del pigmento betanina o betacianina, la forma de la raíz, según este autor, puede ser redondeada, globosa-alargada, cónica o cilíndrica, dependiendo de la variedad.

**Castillo, C.** (2 004) citado por **zurita, M.** (2 022) menciona algunas características de la raíz de la beterraga cultivada en condiciones de Huaral (costa central): la raíz de la variedad Early Wonder Tall Top pesa en promedio 270 g y tiene un diámetro de 7.10 cm. La raíz de la variedad Green Top Bunching en las mismas condiciones, pesa en promedio 230 g y su diámetro es de 7.7 cm. La raíz de la variedad Detroit Dark Red pesa en promedio 170 g y su diámetro es de 5.8 cm.

**Gordo** (2 003) citado por **Baca, E.** (2 015) menciona que el 99.5% del azucar acumulado en las raices de la beterraga es sacarosa, indica tambien que la distribución del azucar en la planta no es uniforme.

#### *4.1.4.2. Tallo*

**Morales, J.** (1 995) indica que el tallo de la remolacha en su etapa de crecimiento vegetativo es muy corto, puede medir de 1 a 3 cm de altura, sin embargo, en la etapa reproductiva puede medir de 80 a 120 cm de altura, presenta ramificación y soporta la inflorescencia.

**Domínguez** (1 997) citado por **Ibañez, I.** (2 014) indica que la beterraga carece prácticamente de tallo en su etapa vegetativa, puesto que, está limitada a una pequeña plataforma o disco en la parte superior de la raíz, a manera de una corona, a partir de la cual nacen las hojas.



#### 4.1.4.3. Hojas

**Morales, J.** (1 995) sostiene que las hojas nacen en forma de roseta sobre el tallo achatado, la lámina foliar es ovalado y de color verde intenso a morado, el peciolo es largo de color rojo, púrpura o amarillento. **Alvarado, et al** (2 011) mencionan, además que las hojas son alternas, algo carnosas, grandes (hasta 20 cm de largo), el margen puede ser sinuado, hojas superiores más pequeñas y casi sésiles.

**Villarias** (1 996) citado por **Baca**, (2 015), menciona que el número total de hojas por planta puede llegar a cincuenta en la etapa de crecimiento vegetativo y que la mitad de las cuales puede morir al final. El mismo autor menciona que existe una correlación positiva entre el vigor del follaje y el contenido de azúcar, puesto que, la hoja es la encargada de la formación del azúcar.

#### 4.1.4.4. Flores

**Valdez** (1 993) citado por **Ibañez, I.** (2 014) indica que la inflorescencia es de tipo panícula larga. **Morales, J.** (1995) menciona que las flores son hermafroditas y sésiles y se agrupan formando glomérulos, los cuales son estructuras semileñosas.

**Alvarado, et al** (2 011) mencionan que no existen diferencias entre el cáliz y la corola, razón por la cual, a la estructura envolvente se le conoce como perianto, el cual se encuentra unido basalmente al ovario y en forma apical se encuentra dividido en cinco segmentos oblongos, de 2 mm de longitud y algo doblado longitudinalmente.

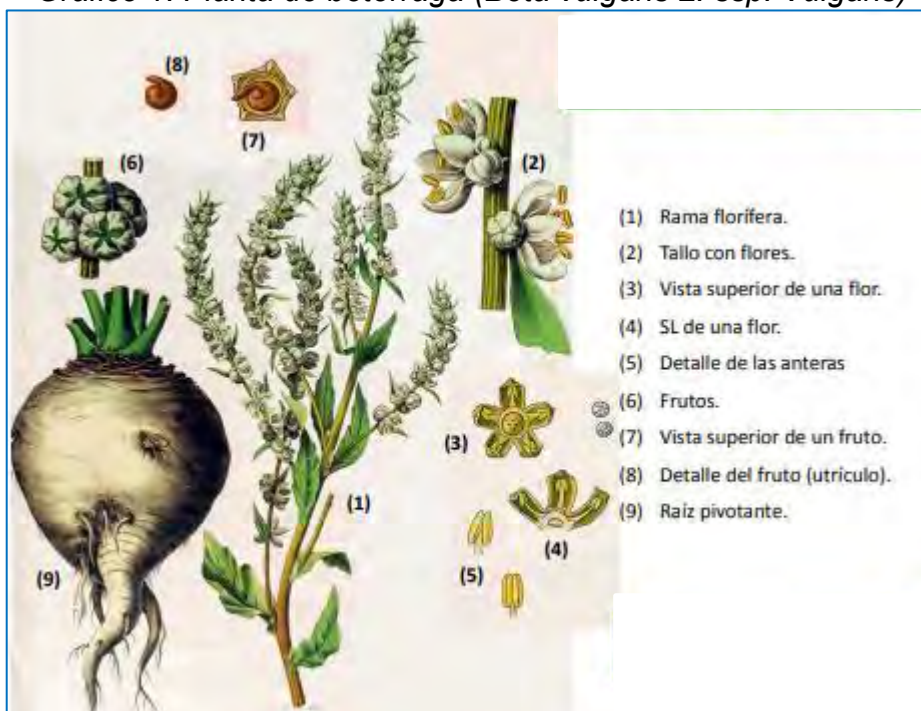
**Poelhman** (1 971) citado por **Gregorio, J.** (2 010) señala que el ovario es ínfero, mayormente de una sola semilla con tres estigmas cortos unidos en su base; **Alvarado, et al** (2011) indican que el androceo está formado por cinco estambres.

#### 4.1.4.5. Fruto y semillas

**Alvarado, et al** (2 011) mencionan que el fruto conocido como utrículo, presenta dehiscencia y muestra una cubierta membranosa, contiene una sola semilla y se encuentra encerrado en el perianto endurecido y parcialmente unido.

**Morales, J.** (1 995) indica que las semillas se encuentran dentro del glomérulo, generalmente de 2 a 6 semillas muy pequeñas, dependiendo de la variedad en un gramo de semilla comercial pueden existir de 45 a 77 glomérulos, el porcentaje de germinación promedio es de 70%. **Alvarado, et al** (2 011) mencionan que las semillas son reniformes, de color oscuro y pueden tener hasta tres años de viabilidad.

Gráfico 1: Planta de beterraga (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris*)



Fuente: García F.J. (2009)

#### 4.1.5. Fenología

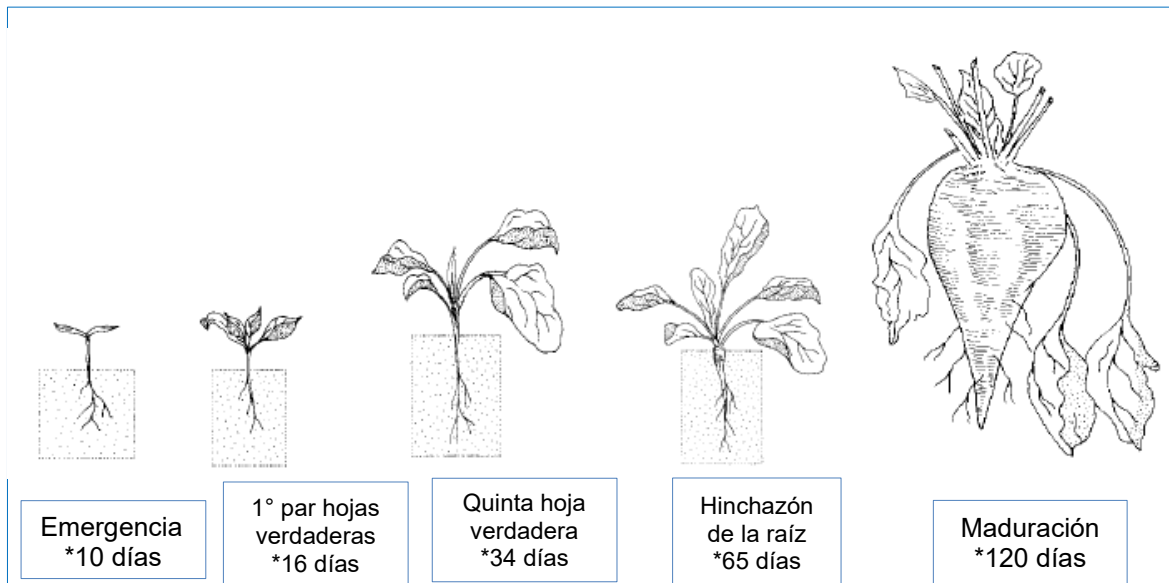
La fenología son los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta, los cuales son el resultado de las condiciones ambientales.

**Yzarra, W., y Lopez, F.** (2 011) menciona las siguientes fases fenológicas de la beterraga:

- *Emergencia*: Aparecen los cotiledones encima de la superficie del suelo.
- *Primer par de hojas verdaderas*: Aparición del primer par de hojas verdaderas entre los cotiledones.
- *Quinta hoja verdadera*: Aparece la quinta hoja verdadera en el centro del segundo par de hojas verdaderas.
- *Hinchazón de la raíz*: La raíz principal comienza a hincharse y es posible ver en la cáscara pequeñas quebraduras alrededor de la punta.

— *Maduración*: Las hojas comienzan a marchitarse y ponerse color amarillo. La raíz completa su desarrollo y maduración.

Gráfico 2: Fases fenológicas de la beterraga



Fuente: (Yzarra, W., y Lopez, F. 2 011) - \*Fuente: (Trinidad, Gutiérrez, y Palacin, 2021).

#### 4.1.6. 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 (Ramírez, 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% |

#### **Sales 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.

#### **4.1.7. Requerimientos edafoclimáticos**

##### *4.1.7.1. Suelo*

**Kehr, E., Tropa, S., y Lagos, J.** (2 104) indican que la beterraga requiere suelos sueltos, libres de obstáculos como piedras y raíces, de textura media, profundos sobre los 50 cm y con un rango de pH de 6.5 a 7.0.

**Morales, J.** (1 995) indica que la remolacha es sensible a la acidez, razón por la cual, deben encalarse, en suelos con pH superior a 7.5 puede mostrar deficiencia de boro. Este mismo autor, indica que la betarraga es tolerante a la salinidad, puede soportar suelos salinos sin sufrir mayor daño en la producción. **Demagnet, R., y Canales, C.** (2 020) agregan que las plantas de beterraga establecidas en suelos ácidos presentan un color amarillo característico en sus hojas.

**Castillo, C.** (2 004) recomienda suelos ricos en materia orgánica, profundos, livianos y bien drenados, para que las raíces crezcan con facilidad y no se deformen, indica también que la beterraga es ligeramente tolerante a la acidez, puede mostrar deficiencia de boro a pH superior a 8 y presenta alta tolerancia a la salinidad.

#### 4.1.7.2. *Temperatura*

Para **Kehr, E., Tropa, S., y Lagos, J.** (2104) la temperatura óptima de crecimiento de la beterraga es de 15 a 18 °C, indican también que la temperatura para la germinación debe ubicarse entre 10 a 30 °C y la temperatura mínima de crecimiento es de 4 °C.

**Morales, J.** (1995) recomienda como rango óptimo para la germinación de 20 a 25 °C, sin embargo, puede germinar de 5 a 6°C en forma lenta, o hasta 30°C. Según este autor, la temperatura óptima para el crecimiento vegetativo es de 21 a 30°C, mientras que, para el crecimiento radicular es de 16 a 21 °C, temperaturas superiores a 25°C durante la formación de la raíz, puede reducir la calidad del producto, provocando decoloración interna, observándose anillos claros y oscuros, finalmente la inducción floral ocurre a temperaturas de 4 a 10°C.

La beterraga es una especie tolerante a las bajas temperaturas, FAO (2 010) citado por Rojas, et al (2 018) afirma que es posible la germinación de -6 a -7°C y la floración es posible con temperaturas de -2 a -3°C, cuando tiene dos hojas verdaderas pueden resistir de -7 a -8 °C.

#### 4.1.7.3. *Luz*

**Morales, J.** (1 995) menciona que la beterraga exige alta luminosidad, la sombra afecta el rendimiento y la calidad, el contenido de azúcares disminuye, textura y color se ven afectados, no presente requerimiento de fotoperiodo para engrosamiento de raíces; sin embargo **Van Haef** (1 983) citado por **Gregorio, J.** (2 010) menciona que la beterraga es una hortaliza de fotoperiodo largo, requiere mínimo de 14 horas de luz por día para la floración. Según el fotoperiodo la beterraga es una planta de días largos.

### 4.1.8. **Manejo agronómico**

#### 4.1.8.1. *Preparación de terreno*

**Japón, J.** (1 985) sostiene que la preparación del terreno abarca un conjunto de acciones que se realiza luego de la cosecha anterior y antes de la siembra, el objetivo es poner el suelo en condiciones favorables para instalar y conducir en forma adecuada un cultivo.

**Shany, M.** (2 005) indica que las labores necesarias para la preparación del terreno son las siguientes:

- *Eliminación de rastrojos de cosecha anterior:* cuando los rastrojos provienen de cultivos similares es necesario quemar para eliminar fuentes de infestación de plagas y enfermedades.
- *Subsolado:* esta labor es importante en suelos que muestran compactación, esta actividad se realiza a una profundidad de 60 cm, en suelo seco con tractor de capacidad mayor a 120 HP.
- *Aradura:* esta labor se realiza a una profundidad mínima de 30 cm con suelo humedo, el objetivo no solo es romper el prisma del suelo sino incorporar algunos residuos que aún quedan en el campo y materia orgánica aplicada.
- *Rastra:* el pase de la rastra debe ser como máximo dos veces, el objetivo es mullir los terrones y nivelar el terreno.

#### 4.1.8.2. Siembra

**Castillo, C.** (2 004) señala que la siembra de la beterraga es mayormente en forma directa, sin embargo, puede realizarse en forma de trasplante, el prendimiento es aceptable con plantas de 10 cm y con 3 a 4 hojas verdaderas, el autor recomienda siembra mixta, el cual consiste en sembrar primero en forma directa y luego con las plantas del desahije recalzar las plantas faltantes.

**Ugáz, et al** (2 000) bajo condiciones de costa central del Perú recomiendan de 60 a 70 cm entre surcos y de 8 a 10 cm entre plantas, considerando dos hileras de planta por surco, la cantidad de semilla utilizada es de 10 a 12 kg/Ha.

**Castillo, C.** (2 004) recomienda de 50 a 60 cm entre surcos y 10 cm entre plantas, a dos hileras por surco. **Morales, J.** (1 995) mencionan que las distancias de siembra son variables, a pesar de ello recomienda de 40 a 60 cm de distancia entre surcos, 10 a 15 cm entre plantas y de 2 a 3 hileras por surco.

**Kehr, E., Tropa, S., y Lagos, J.** (2 104) recomienda la siembra directa en surcos a 30 cm de distancia y 10 cm entre plantas, considerando solamente una hilera por surco, se requiere de 8 a 12 kg/ha de semilla.

**Cerna, L.** (2 011) indica que la siembra se debe realizar a 30 cm entre surcos y 5 cm entre plantas, con una densidad poblacional de 667,000 plantas/ha, indica también, que un gramo de semilla comercial contiene 50 semillas y se requiere 35 kg de semilla por hectárea.

#### *4.1.8.3. Raleo*

**Morales, J.** (1 995) aclara que esta labor consiste en extraer y eliminar las plantas en exceso emergidas por golpe, el objetivo es evitar excesiva competencia entre las plantas del golpe. Menciona también que el aclareo debe realizarse cuando las plántulas tienen de 3 a 4 hojas verdaderas, aproximadamente a las dos semanas de la emergencia.

**Cerna, L.** (2 011) señala que el aclareo se realiza para establecer la densidad poblacional óptima, recomienda humedecer el terreno antes del aclareo y extrae las plantas menos desarrolladas y dejar las mejores, en el caso de la beterraga se deja una planta por golpe.

#### *4.1.8.4. Control de malezas*

**Cerna, L.** (2 011) indica que las malezas pueden causar mucho daño, puesto que, compiten con el cultivo por nutrientes, luz y agua, dificultan las labores de cosecha y recolección, obstruyen los canales de riego, son fuentes de inóculo de enfermedades y hospederos de plagas.

**Díaz, N.** (2 006) menciona medidas preventivas de control de malezas: eliminar malezas de linderos y bordes de canales, manejo adecuado del estiércol, el cual debe estar adecuadamente compostado para destruir las semillas de las malezas.

**Cerna, L.** (2 011) agrega que debe utilizarse semilla limpia, aradura correcta, rotación adecuada de cultivos y proporcionar condiciones óptimas de crecimiento al cultivo para que pueda competir con la maleza en buenas condiciones.

**Alvarado, et al** (2 011) señalan que en el control mecánico de malezas se recomienda realizar dos escardas, la primera de ellas de 20 a 25 días luego de la emergencia. **Morales, J.** (1995) menciona que el control de malezas en beterraga se realiza mayormente en forma manual, recomienda que el control debe ser

superficial para no dañar la raíz de la planta, debe ejecutarse de 2 a 4 controles por campaña, dependiendo de la zona, si existe alta probabilidad de malezas el control debe realizarse antes de la siembra.

**Cerna, L.** (2 011) menciona algunas ventajas de la escarda manual de las malezas: destruye las malezas, mejora la conservación de la humedad al remover la capa superficial y esponjar el suelo, incrementa la aireación del suelo y aumenta la absorción y retención del calor.

**Morales, J.** (1 995) recomienda algunos herbicidas para el control de malezas en beterraga:

- *Linuron*: nombre comercial Afalón, es utilizado como pre emergente, antes de la siembra a una dosis de 1 kg/ha.
- *Oxifluorfen*: nombre comercial Goal, es utilizado como pre emergente al cultivo y a las malezas, la dosis es de 2 l/ha.
- *Glifosato*: nombre comercial Rondup, herbicida sistémico se debe utilizar únicamente en bordes de caminos y canales, dosis de 1 1.5 l/ha.

#### 4.1.8.5. Riegos

**Ugáz, et al** (2 000) bajo condiciones de costa central recomiendan riegos ligeros y frecuentes, evitando golpes de agua; **Castillo, C.** (2 004) agrega que los riegos deben ser uniformes a un intervalo de 8 a 10 días, totalizando de 8 a 10 riegos por campaña.

**Díaz, N.** (2 006) recomienda una adecuada gestión del agua de riego, esto implica uniformidad en el riego, es decir cada planta debe recibir el mismo volumen de agua, se debe evitar pérdida de agua por escorrentía o percolación, evitar el exceso de agua puesto que, puede generarse pudrición radicular.

**Alvarado, et al** (2 011) mencionan que la frecuencia de riego depende de varios factores: estado de desarrollo de la planta, textura del suelo y de las condiciones climáticas; indica también que la remolacha requiere una lámina de riego de 60 cm, distribuido en 5 o 6 riegos, con intervalos de 25 a 30 días, recomienda que el último



riego debe realizarse de 15 a 25 días antes de la cosecha, para que la concentración de azúcar sea mayor.

**Kehr, E., Tropa, S., y Lagos, J.** (2 004) menciona que el riego puede realizarse por aspersion, microaspersion o cintas de riego, indica tambien que la frecuencia de riego depende del tipo de suelo y del estado de desarrollo de la planta, asi por ejemplo: en los primeros estados de desarrollo se recomienda regar cada 7 a 10 días, mientras que, en etapas posteriores el riego puede distanciarse de 10 a 15 días, incluso antes de la cosecha debe suspenderse, para facilitar el lavado de raíces.

El volumen promedio de agua por campaña de la beterraga depende de las condiciones climáticas y las condiciones de cultivo, como referencia se cita a **Morillo** (2011) quien señala las siguientes laminas como demanda hidrica del cultivo de remolacha: 24.2 mm al inicio de crecimiento equivalente a 241 m<sup>3</sup>/ha/mes, 181.1 mm en media temporada equivalente a 1,811 m<sup>3</sup>/ha/mes y 20.6 mm al final de campaña equivalente a 206 m<sup>3</sup>/ha/mes.

#### **4.1.9. Plagas de la beterraga**

##### *4.1.9.1. Mosca minadora*

**Cañedo, V., Alfaro, A., y Kroschel, J.** (2 011) mencionan que las especies más frecuentes en el país, generando daño al cultivo de beterraga, son: *Liriomyza huidobrensis* y *Liriomyza quadrata*, de la familia Agromizidae.

**Carrancio, et al** (2 014) señalan que los huevos de la mosca minadora miden en promedio de 0.25 mm de alto y 0.10 mm de ancho, de color blanco cremoso y son incrustados por las hembras en el mesófilo de la hoja. Las larvas desde la eclosión se desarrollan dentro de la hoja, al inicio de color blanquesino y posteriormente color amarillento. Las pupas tiene forma de barrilito, color amarillo naranja. Los adultos son moscas pequeñas de 1.4 a 2.3 mm de longitud, oscuras con manchas negras, las hembras son más grandes que los machos y poseen un ovipositor especializado que les permite incrustar los huevos en el mesófilo de la hoja.

**Instituto Colombiano Agropecuario** (2 012) sostiene que los adultos viven en promedio un mes, las hembras colocan de 250 a 400 huevos, los cuales incuban de tres a cinco días, el periodo larval dura en promedio 15 días, el periodo de pupa dura de 10 a 12 días.

**Cañedo, V., Alfaro, A., y Kroschel, J.** (2 011) indican que los adultos se alimentan de los exudados producidos por la herida producida en la hoja por parte de la hembra al ovipositar, las larvas se alimentan del mesófilo de las hojas formando galerías o tuneles dentro del cual viven, las minas se diferencian por el estado de desarrollo de la larva y el color, las minas protegen a las larvas y dificultan su control.

**Carrancio, et al** (2 014) señalan que los daños directos: picaduras o punteaduras de hojas, minas o galerías en el mesófilo, reducción del área fotosintética, disminución del rendimiento, reducción de la calidad comercial del producto. Los daños indirectos son la transmisión de virus, genera vías de ingreso de patógenos.

**Cañedo, V., Alfaro, A., y Kroschel, J.** (2 011) mencionan que la mosca minadora presenta varios controladores biológicos, para el estado de huevo el predador importante es el chinche *Orius spp*, para el estado larval los parasitoides: *Halticoptera arduine*, *Diglyphus spp*, *Chrysocharis flacilla* y *Phaedrotoma scabriventis*, mientras que para las pupas existen especies de carabidos y arañas.

**Instituto Colombiano Agropecuario** (2 012) señala que se recomienda controlar malezas hospederas, eliminar hojas afectadas, utilizar trampas para control y monitoreo, al respecto de trampas **Castillo, C.** (2 004) a nivel de costa central recomienda trampas amarillas a una densidad de 50 trampas/ha, indica también que si la densidad de la plaga es muy alta debe aplicarse Ciromazina a una dosis de 0.5 ml por litro de agua.

**Cañedo, V., Alfaro, A., y Kroschel, J.** (2 011) recomiendan además, evitar el exceso de nitrógeno en la fertilización, controlar población de adultos mediante trampas o mantas pegantes amarillas impregnadas de aceite, cuando es necesario utilizar el control químico con productos tales como: abamectinas, cartap o ciromazina.

#### 4.1.9.2. Pulgones

**Ugáz, et al** (2 000) indican varias especies de pulgones como plagas comunes de las hortalizas a nivel de costa central, incluido la beterraga, entre las especies de pulgones más importantes están: *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Aphis gossypii*.

**Carrancio, et al** (2 014) indican que los adultos presenta tamaño variable de 1.2 a 2.5 mm de longitud, las ninfas son similares a los adultos solo que más pequeños.

**Cañedo, V., Alfaro, A., y Kroschel, J.** (2 011) agrega que los adultos son de cuerpo blando, generalmente viven en colonias, se presentan en dos formas: aladas, esta forma es la que permite la diseminación de la plaga, puesto que, pueden llegar a colonizar nuevas plantas, las formas apteras permiten la reproducción masiva en la misma planta, en las condiciones tropicales los pulgones se reproducen en forma partenogenética, es decir no requiere del macho para su reproducción.

**Instituto Colombiano Agropecuario** (2 012) indica que los pulgones succionan la savia de la planta, causando encrespamiento de las hojas tiernas, amarillamiento y muerte de las mismas, favorecen además la presencia del hongo fumagina, sobre las secreciones azucaradas producidas por la plaga. Carrancio y otros (2 014) mencionan daños directos como: succión de savia, inyección de saliva tóxica, debilidad general de la planta, deformación de órganos atacados, reducido desarrollo vegetativo, reducción del rendimiento. Los mismos autores mencionan como daños indirectos la producción de melaza y como consecuencia la fumagina, lo cual produce una superficie oscura, disminuye la calidad comercial de los frutos y en algunas especies trasmite enfermedades virósicas.

**Cañedo, V., Alfaro, A., y Kroschel, J.** (2 011) mencionan numerosos enemigos naturales, los parasitoides *Diaretella rapae* y *Aphidius spp*, predadores como *Eriopis spp* e *Hippodamia convergens*, los sirfidos *Toxomerus sp* y *Allograpta sp*, se incluye también hongos entomopatógenos como *Entomophtera sp*.

**Ugáz, et al** (2 000) mencionan medidas de control tales como: densidad de siembra adecuada, riego adecuado, buen control de plantas hospederas, evitar exceso de

nitrógeno en la fertilización, proteger el control biológico utilizando productos químicos selectivos. **Carrancio, et al** (2014) agregan como medidas de control el uso de trampas amarillas pegantes y trampas de agua, indican también uso de mallas antiafidas.

#### 4.1.9.3. Gusanos cortadores de plantas tiernas

**Ugáz, et al** (2000) bajo condiciones de costa central, mencionan dos especies importantes: *Agrotis ipsilon* y *Feltia experta*, ambas especies se comportan como cortadores de plantas tiernas.

**Villavicencio, E., Lopez, R., y Valle, G.** (2003) mencionan que el adulto de *Agrotis* mide de 20 a 25 mm de longitud, las larvas son de color pardo, miden de 40 a 45 mm de largo, durante la noche se alimentan cortando las plántulas, durante el día se ocultan en el suelo, al ser tocadas se enrollan en forma de anillo, empupan en el suelo.

**Instituto Colombiano Agropecuario** (2012) señala que los adultos del *Agrotis* son polillas de color grisáceo, con alas anteriores grises con dos manchas oscuras en forma de riñón, unidas a otra triangular más oscura, las alas posteriores son blancas, translúcidas con flecos en los bordes, las larvas recién nacidas miden un mm, terrosos y cubiertos de puntos oscuros, el color varía de café a negro grisáceo. Las larvas prefieren plantas jóvenes, cortan a nivel del cuello de la planta y se alimentan de las hojas tiernas, el ataque solo se realiza en forma nocturna. Los adultos pueden desplazarse a grandes distancias.

**García, G.** (2013) menciona algunas medidas de control:

- Eliminar malezas antes de la siembra y durante la preparación del terreno.
- Roturar adecuadamente el terreno para exponer las pupas y larvas a los predadores naturales.
- Utilizar cebos tóxicos en base a melaza de caña, coronta molida y un insecticida estomacal, antes de la emergencia de las plántulas.
- Aplicar insecticidas pulverizando al pie de la planta y en horas de la tarde.

**Ugáz, et al** (2 000) mencionan otras medidas de control: buen riego de machaco antes de la siembra, incorporación o retiro de rastrojos de cosecha, incrementar la cantidad de semilla por hectárea, asegurar crecimiento inicial rápido, campos libres de maleza.

#### **4.1.10. Enfermedades de la beterraga**

##### *4.1.10.1. Mancha de la hoja*

**Ugáz, et al** (2 000) mencionan que la especie que causa esta enfermedad es *Cercospora beticola*. **Agrios, N.** (1 996) menciona que este hongo produce conidios largos y delgadas, los cuales se desprenden con gran facilidad y son llevados a grandes distancias por el viento, un medio eficiente de diseminación de la enfermedad, las altas temperaturas favorecen al hongo.

**Morales, J.** (1 995) señala que los síntomas características de esta enfermedad son manchas marrones circulares y pequeñas, con bordes definidos de color más oscuro que los tejidos cercanos, generalmente rojo púrpura, el centro de las manchas se torna grisácea al fructificar el hongo, puede romperse en las manchas viejas observándose pequeños hoyos, en ataques severos, las hojas se vuelven amarillas y la planta se defolia prematuramente, en el peciolo las manchas tienen aspecto alargado.

**Agrios, N.** (1 996) recomienda como medidas de control: uso de semilla libre de la enfermedad, rotación de cultivos con plantas que no son afectadas por la enfermedad, uso de fungicidas tales como: Benomil, clorotalonil, caldo bordales, maneb y otros.

**Morales, J.** (1 995) menciona que el hongo es favorecido por condiciones de alta humedad atmosférica (90 a 95% de humedad relativa) y altas temperaturas (27 a 30 °C), la rotación de cultivos como medida de control debe durar como mínimo cuatro años, eliminación de residuos de cosecha, realizar una buena fertilización con énfasis en nitrógeno, fósforo, potasio y boro.

#### 4.1.10.2. *Chupadera fungosa*

**Morales, J.** (1 995) dice que esta enfermedad es producida por un complejo de hongos del suelo de los géneros: *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*. **Agrios, N.** (1 996) menciona que los hongos del genero *Pythium* viven como organismos saprofitos sobre el resto de plantas y animales muertos, cuando el suelo humedo se encuentra densamente infestado por el hongo, atacan todo tipo de semillas o plántulas que emergen de las mismas.

**Rossini, et al** (2 010) los hongos que genera la chupadera fungosa y pudrición radicular sobreviven en el suelo en forma de clamidosporas u oosporas, la enfermedad se desarrolla con temperaturas de 18 a 25 °C, la diseminación se realiza a través del agua de riego y por herramientas infectadas. Almacigos densos, exceso de nitrógeno en el suelo y exceso de humedad favorecen el desarrollo de esta enfermedad.

**Morales, J.** (1 995) menciona que estos hongos generan pudrición blanda de semillas, las plántulas sufren de lesiones oscuras en la raíz y el talluelo, las plántulas afectas que logran sobrevivir a la primera infección en la segunda etapa presentan estrangulaciones típicas, la pudrición seca se detecta en la beterraga cuando alcanzan cinco centímetros de diámetro, los tejidos podridos son negros, secos y bien delimitados respecto a los tejidos sanos.

**Agrios, N.** (1 996) recomienda medidas de control: debe mejorarse el drenaje de los suelos, debe evitarse aplicar fertilizantes nitrogenados en forma de nitratos en dosis excesiva, el tratamiento de semilla con fungicidas antes de la siembra en forma preventiva es la mejor medida de control, entre los productos recomendados esta el Thiran, Captan y ferbam.

**Rossini, et al** (2 010) recomienda además de las medidas anteriores el uso de captan a una dosis de 150 a 180 g/100 litros de agua en forma preventiva en los primeros estadios del cultivo, recomienda tambien carbendazim a una dosis de 2 g por kg de semilla antes de la siembra en forma de inmersión, en cultivos ya establecidos en la etapa inicial a una dosis de 50 a 100 ml/100 litros de agua.

#### **4.1.11. Requerimientos nutricionales de cultivo**

##### *4.1.11.1. Elementos esenciales*

**Sierra, C.** (2013) indica que las hortalizas como toda planta, requiere 16 elementos esenciales, de los cuales el 45% de la materia seca corresponde al carbono, el 51% al hidrógeno y oxígeno, mientras que los 13 elementos restantes aportan del 4 al 6% de la materia seca.

**Melendez, G., y Molina, E.** (2003) señalan que los elementos esenciales carbono, oxígeno, nitrógeno y azufre se encuentran ligados covalentemente en la materia orgánica, el fósforo y el boro están presentes como oxianiones (fosfatos y boratos), el calcio, magnesio, potasio, magnesio y cloro se encuentran en forma de iones, básicamente como reguladores osmóticos, finalmente el hierro, cobre, zinc, manganeso y molibdeno existen como quelatos o metalenzimas.

##### *4.1.11.2. Nitrógeno*

**Perez, J.** (2014) indica que el nitrógeno participa en la formación de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y fitohormonas, razón por la cual, al incrementar el contenido de nitrógeno en la planta se favorece la formación de compuestos proteicos, lo cual a su vez estimula el desarrollo foliar de la planta.

**Quiroga, A, y Bono, A.** (2012) mencionan que el nitrógeno se encuentra presente en el suelo en tres formas: como nitratos, forma en la cual es asimilado por las plantas, forma amoniacal, estado de transición poco frecuente en el suelo y forma orgánica, presente en la materia orgánica.

**Sierra, C.** (2013) indica que los síntomas de deficiencia más frecuentes son la clorosis de las hojas, en caso extremo las hojas basales pueden volverse amarillas por la traslocación del elemento hacia hojas superiores, el exceso de nitrógeno produce coloración verde intensa de las hojas, tono brillante y verde muy oscuro, puede generar retraso en la maduración. **López, L.** (2009) agrega que en la beterraga la carencia de nitrógeno se manifiesta como una vegetación raquítica, con clorosis general del follaje, posterior amarillamiento y hojas exteriores desecadas.

#### 4.1.11.3. Fósforo

**Meléndez, G., y Molina, E.** (2 003) mencionan los efectos principales del fósforo en la planta: estimula crecimiento precoz de la raíz, desarrollo rápido y vigoroso de plantas jóvenes, incrementa la tolerancia a condiciones ambientales adversas y acelera la floración y la formación de frutos.

El fósforo según **Quiroga, A, y Bono, A.** (2 012) esta involucrado en todos los procesos fisiológicos en los cuales intervienen la transferencia de energía, puesto que, es parte constitutivo del Adenosin Trifosfato, sin embargo, también forma parte de enzimas, ácidos nucleicos y proteínas. **Pérez, J.** (2 014) agrega que el fósforo es fundamental en el proceso de división celular, es componente de gran importancia en los fermentos y es un compuesto principal de reserva de semillas.

Los síntomas de deficiencia de fósforo mencionado por **Sierra, C.** (2 013) son: plantas pequeñas de color violáceo o morado, este síntoma se debe a la acumulación de antocianina debido a que el crecimiento celular se detiene, para este autor el exceso de fósforo en el suelo, lo cual es poco frecuente, puede generar deficiencia de cinc. **Lopez, L.** (2 009) agrega que las hojas al final del ciclo de deficiencia presentan zonas purpuras.

#### 4.1.11.4. Potasio

**Pérez, J.** (2 014) indica que el potasio participa en varios procesos fisiológicos: síntesis de proteínas, neutralización de aniones y grupos ácidos de macromoléculas orgánicas, activación de enzimas, regulación de presión osmótica, apertura y cierre de estomas, transporte de fotosintatos, absorción y reducción de nitratos, favorece formación de fibra y evita volcamientos, estimula formación de azúcares, almidones y aceites.

**Sierra, C.** (2 013) menciona que la deficiencia severa de potasio produce plantas de hojas bronceadas, que tiende a formar puntos necróticos dispersos, los tallos son débiles y quebradizos, deficiencia moderada produce raíces de bajo calibre. Exceso de potasio induce deficiencia de magnesio y calcio. **Lopez, L.** (2 009) aclara que en la beterraga la deficiencia de potasio produce ligero enrollamiento y clorosis



de bordes de hojas externas, los cuales pueden necrosarse y extenderse hacia la zona internerval.

#### *4.1.11.5. Calcio*

**Sierra, C.** (2 013) el calcio es un elemento estructural de la célula, puesto que, conforma la pared celular como pectato de calcio, razón por la cual, es de gran importancia en el crecimiento inicial de la planta,

**Meléndez, G., y Molina, E.** (2 003) mencionan que el calcio tiene poca movilidad, especialmente el movimiento ascendente, razón por la cual, los síntomas de deficiencia se presentan en los tejidos jóvenes; según este autor el calcio desempeña, a nivel de raíz, protección frente a la acidez, a los elementos tóxicos, la salinidad y efecto del desbalance iónico en el suelo.

**Sierra, C.** (2 013) indica que la deficiencia de calcio produce inhibición del crecimiento de los brotes y ápices de raíces, a nivel de hojas jóvenes genera amarillamiento internerval, los puntos de crecimiento se necrosan.

#### *4.1.11.6. Magnesio*

El magnesio según **Pérez, J.** (2 014) participa activamente en la fosforilación oxidativa puesto que, es cofactor en la mayoría de las enzimas que participan en este proceso. **Meléndez, G., y Molina, E.** (2 003) mencionan que el magnesio participa en la biosíntesis de la clorofila activando la enzima magnesio-quelataza, además es parte estructural de la porfirina, el cual es el primero paso en la formación de la clorofila.

**Sierra, C.** (2 013) indica que el magnesio es poco móvil en la planta, su deficiencia produce clorosis internerval de hojas basales, las plantas adquieren coloración amarilla el cual se propaga hacia los tejidos jóvenes en forma gradual, puede aparecer manchas necróticas en las hojas. La aplicación excesiva de potasio o calcio al suelo puede provocar deficiencia de magnesio en las plantas.

#### *4.1.11.7. Azufre*

El azufre para **Pérez, J.** (2 014) es parte integrante de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, los cuales son base para la formación de proteínas, vitaminas

como la biotina, tiamina, coenzima A y ferroxinas, los cuales intervienen en procesos de transferencia de electrones y procesos fotosintéticos.

**Quiroga, A, y Bono, A.** (2 012) mencionan que el azufre se encuentra en el suelo bajo diferentes formas químicas, en forma orgánica como parte estructural de la misma, corresponde al 97% del azufre total del suelo, y el 3% restante corresponde a azufre inorgánico, los cuales se encuentran formando sulfatos.

**Meléndez, G., y Molina, E.** (2 003) mencionan que la deficiencia de azufre genera plantas pequeñas y débiles con tallos cortos y delgados, las hojas jóvenes se tornan de color verde amarillento, esta clorosis general puede confundirse con deficiencia de nitrógeno, generalmente la tasa de crecimiento de las plantas se reduce y la maduración puede prolongarse.

#### *4.1.11.8. Boro*

**Sierra, C.** (2 013) indica que el boro está involucrado en la síntesis de carbohidratos, sin embargo, no es parte de ningún sistema enzimático, es componente estructural de la pared celular y participa en la formación de los componentes de la pectina. Para **Pérez, J.** (2 014) el boro fomenta el desarrollo de meristemas de hojas y raíces, interviene en la formación del tubo polínico, influye directamente en la fotosíntesis y el metabolismo proteico, participa en la absorción y transporte de asimilados, hidratación del protoplasma y síntesis de proteínas.

**Kehr, E., Tropa, S., y Lagos, J.** (2 104) mencionan que la deficiencia de boro en la beterraga se presenta como manchas internas pardo-negras, hojas retorcidas y crespas, reducción general del crecimiento, las hojas pueden tornarse de color rojizo, existiendo variedades más susceptibles que otras.

**Morales, J.** (1 995) sostiene que el micronutriente más crítico en el cultivo de la beterraga es el boro, confirmando las afirmaciones anteriores indica que la deficiencia de este elemento provoca apariencia enana de la planta, hojas más pequeñas y menor número que la normal que adquieren tonalidades amarillentas y purpuras, se retuercen y se rajan longitudinalmente a lo largo del raquis, el punto

de crecimiento puede morir, la raíz internamente posee numerosas áreas oscuras o negras, la raíz no alcanza su tamaño comercial.

#### 4.1.11.9. Hierro

**Melendez, G., y Molina, E.** (2 003) indican que la función principal del hierro es ser un activador enzimático en la síntesis de clorofila. **Perez, J.** (2 014) agrega que el hierro está ligado a la formación de fosfoproteínas férricas y fitoférricas y los citocromos, igualmente está vinculado a enzimas y grupos proteicos, de los cuales los más conocidas son las catalasas, peroxidasa y deshidrogenasas.

**Sierra, C.** (2 013) indica que la deficiencia de hierro se presenta en hojas jóvenes y se caracteriza por una marcada clorosis internerval, el crecimiento se reduce y las hojas jóvenes permanecen pequeñas. **Melendez, G., y Molina, E.** (2 003) agrega que la deficiencia se presenta en hojas jóvenes debido a que, el hierro es un elemento inmóvil dentro de la planta, menciona también que la deficiencia se presenta generalmente en suelos calcáreos o de pH alcalino y en suelos arenosos.

**García-Serrano, et al** (2 009) indica que la adición de hierro al suelo para corregir deficiencia, debe ser con productos que aseguren su solubilidad, razón por la cual, se recomienda aplicar quelatos de hierro de alta estabilidad. **Melendez, G., y Molina, E.** (2 003) agrega que la forma más eficiente de resolver el problema de deficiencia de hierro es la aplicación foliar, con soluciones de 1 a 2% de sulfato de hierro o los quelatos de hierro.

#### 4.1.11.10. Manganeso

**Sierra, C.** (2 013) el manganeso es un activador enzimático que participa en la formación de clorofila, en los procesos de oxidación y es de gran importancia en la síntesis de fibra. El manganeso según **Perez, J.** (2 014) juega un papel importante en la síntesis de las auxinas, interviene en la síntesis de vitaminas A, C y E, es también importante en la producción de oxígeno durante la fotosíntesis, puesto que, oxida el agua dentro de los cloroplastos y libera hidrógeno, oxígeno y electrones.

**Sierra, C.** (2 013) menciona que la deficiencia del manganeso suele presentarse en suelos alcalinos (pH mayor a 7.8), mientras que, en suelos ácidos puede

presentarse toxicidad, agrega que la carencia de este elemento se manifiesta como una clorosis internerval en hojas jóvenes y viejas, al inicio las hojas se tornan pálidas, en etapa posterior aparecen pequeñas manchas necróticas en las áreas pálidas, cerca de las nervaduras principales.

**Melendez, G., y Molina, E.** (2 003) recomienda varias fuentes de manganeso que pueden ser utilizados para corregir la deficiencia de este elemento: sulfato de manganeso es el más utilizado por ser altamente soluble y puede ser aplicado al suelo o vía foliar, quelatos de manganeso puede ser utilizado como aplicación foliar, el oxido de manganeso a pesar de ser poco soluble es efectivo al ser aplicado al suelo.

#### 4.1.11.11. *Zinc*

**Sierra, C.** (2 013) menciona que participa en la formación del Acido Indol Acético, auxina natural que regula un gran número de procesos fisiológicos. **Melendez, G., y Molina, E.** (2 003) agregan que el zinc es cofactor de varias enzimas, entre ellas anhidrasa carbónica, deshidrogenasas, proteinasas y peptidasas. **Pérez, J.** (2 014) agrega que las funciones del ácido Ribonucleico (ARN) están reguladas por este elemento, menciona también que influye en los procesos de mitosis y evita la acumulación de nitratos en las hojas.

**Melendez, G., y Molina, E.** (2 003) menciona algunos síntomas de deficiencia del zinc; clorosis internerval en brotes nuevos, reducción de tamaño de hojas, reducción del crecimiento, peso y tamaño de frutos, entre otros síntomas. **Sierra, C.** (2 013) menciona algunos síntomas de exceso de este elemento, la planta tiende a doblarse, se detiene el crecimiento, las hojas juvenes quedan muy pequeñas, el resto de hojas puede mostrar clorosis internerval.

#### 4.1.11.12. *Cobre*

**Pérez, J.** (2 014) menciona varias funciones de este micronutriente: influye en la formación de glucósidos, protidos, vitamina C, formación de la lignina y el xilema, interviene en los procesos fisiológicos de la respiración y asimilación. **Melendez, G., y Molina, E.** (2 003) agrega que el cobre es necesario para la formación de la clorofila y cataliza otras reacciones, puesto que, es componente de varias enzimas

como fenolasas, lactasas, oxidasas del ácido ascórbico, participa en la fotosíntesis, promueve la formación de vitamina A.

**Sierra, C.** (2 013) menciona algunos síntomas de deficiencia: las plantas son de color verde muy oscuro, retorcidas y deformadas; los bordes de las hojas centrales y de las jóvenes se rizan en tubos hacia las nervaduras centrales, las hojas terminales son muy pequeñas, rígidas y plegadas. Kehr, et al (2 104) la deficiencia de cobre influye en el color de la pulpa, puesto que, las raíces no muestran su color rojizo y el color de sus anillos es más marcado.

#### *4.1.11.13. Molibdeno*

**Melendez, G., y Molina, E.** (2 003) mencionan que este elemento es esencial para sintetizar y activar la enzima nitrato reductasa, el cual es responsable de reducir el nitrato a amonio, en la síntesis de aminoácidos. **Sierra, C.** (2 013) indica que la carencia de molibdeno se presenta como clorosis internerval, primero en hojas viejas y luego progresando hacia hojas jóvenes.

### **4.1.12. Abonos orgánicos**

#### *4.1.12.1. Concepto*

**García-Serrano, et al** (2 009) consideran abono orgánico a toda sustancia de origen vegetal, animal o mixto que se incorpora al suelo para mejorar su fertilidad, agregan que la mayoría de los abonos orgánicos presentan concentración de nutrientes inferior a los fertilizantes minerales. Estos autores aclaran que, abono orgánico, es aquel producto que se incorpora al suelo con la finalidad de aportar a las plantas los nutrientes minerales que requiere para su crecimiento, mientras que enmienda orgánica son productos de origen vegetal o animal aplicados al suelo para mejorar el contenido de materia orgánica y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

#### *4.1.12.2. Efectos positivos sobre las propiedades físicas del suelo*

**Mosquera, B.** (2 010) indica que los abonos orgánicos muestran los siguientes efectos positivos sobre las propiedades físicas:

- Mejoran la estructura del suelo, puesto que, permiten un mayor grado de agregación entre las partículas básicas del suelo.

- Mejoran la permeabilidad del suelo debido a que influyen en el drenaje y aireación del mismo.
- Incrementa la retención de humedad y optimizan los riegos.
- Mejoran la absorción de energía solar, debido a que, los abonos orgánicos por su origen, son de color oscuro, como consecuencia se eleva la temperatura del suelo e influye en la nutrición mineral.
- Mejoran y regulan la infiltración de agua en el suelo.

#### *4.1.12.3. Efectos positivos sobre las propiedades químicas del suelo*

**Felix, et al** (2 008) mencionan los siguientes efectos positivos en las propiedades químicas del suelo:

- Las sustancias húmicas contenidas en los abonos orgánicos elevan la capacidad de intercambio catiónico del suelo al formar complejos arcillo-húmicos, lo cual a su vez mejora la nutrición mineral de la planta.
- Mantiene el fósforo del suelo en un estado asimilable por la planta, puesto que, forman complejo fosfo-húmico.
- Elevan la capacidad tampón del suelo, lo cual hace que los suelos sean difíciles de cambiar en características químicas como el pH.
- Favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes como el hierro, cobre y zinc, puesto que los abonos orgánicos muestran propiedades quelatantes.
- Los abonos orgánicos favorecen la vida microbiana del suelo, puesto que, son una importante fuente de carbono para los microorganismos.

#### *4.1.12.4. Efectos positivos sobre las propiedades biológicas del suelo*

**Mosquera, B.** (2 010) indica que favorecen la actividad microbiana, especialmente de los microorganismos aerobios, favorece la aireación y oxigenación del suelo, así como, es fuente de nutrientes para estos organismos, favorecen, además, la producción de sustancias inhibidores y activadoras de crecimiento.

**Felix et al** (2 008) señalan que la materia orgánica humificada, procedente de los abonos orgánicos, presenta alto potencial para el control biológico de patógenos del suelo, existen varios géneros de bacterias y hongos que presentan actividad antagónica sobre los patógenos del suelo, entre los géneros más frecuentes se

tiene: *Bacillus spp.* *Enterobacter spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Streptomyces spp.* *Trichoderma spp.* *Penicillium spp.*

#### 4.1.12.5. Tipos de abonos orgánicos

**Melendez, G., y Molina, E.** (2 003) indican básicamente dos tipos de abonos orgánicos:

- *Naturales*: dentro de este grupo se incluye cualquier tipo de residuo vegetal, excreciones y subproductos de origen animal y residuos urbanos;
- *Fabricados*: dentro de este grupo se incluye: compost de diferentes tipos, bocashi, humus de lombriz o vermicompost, extractos de ácidos húmicos y fúlvicos, extractos de algas u otros organismos, biofermentos, efluente de biodigestor.

## 4.2. Compost

### 4.2.1. Concepto

**García-Serrano, et al** (2 009) definen compost como el producto resultante de un proceso controlado de descomposición microbiana aeróbica de residuos orgánicos biodegradables. **Marqués, M., y Urquiaga, R.** (2 005) agregan que el compost se forma por la acción de millones de microorganismos denominados descomponedores, estos degradan la materia orgánica hasta convertirla en un compuesto asimilable por las plantas.

**Garro, J.** (2 016) señala que el compost es el producto final del proceso de compostaje, el cual viene a ser la descomposición microbiana de una mezcla de materiales orgánicos ricos en carbono y nitrógeno, en condiciones aeróbicas, participan diferentes microorganismos como hongos, bacterias, levaduras y lactobacillus. Este proceso no debe generar malos olores, atraer moscas, insectos o roedores.

**Román, P, Martínez, M, y Pantoja, A.** (2 013) indican que el proceso de compostaje incluye diferentes etapas, las cuales deben cumplirse, puesto que, utilizar material que no ha cumplido adecuadamente estas etapas conlleva varios riesgos:

- *Riesgo de fitotoxicidad*: en un material mal compostado el contenido de nitrógeno amoniacal es mayor al nitrógeno nítrico, el amonio en condiciones de alta temperatura y humedad puede transformarse en amoniaco lo cual genera malos olores, puede contener también ácidos orgánicos inestables que pueden generar toxicidad sobre semillas y tejidos vegetales.
- *Riesgo de bloqueo biológico de nitrógeno*: cuando el material utilizado no tiene una adecuada relación carbono nitrógeno y especialmente si el material tiene alto contenido de carbono, al ser aplicados al suelo son consumidos rápidamente por los microorganismos, quienes requieren altas cantidades de nitrógeno para su metabolismo, lo cual agota el suelo y genera problemas de carencia.
- *Reducción del contenido de oxígeno radicular*: cuando se incorpora compost que no tiene completo el proceso de compostaje, los microorganismos del suelo continúan con el proceso y utilizan en forma anormal oxígeno del suelo y generan reducción del oxígeno radicular.
- *Contaminación de fuentes hídricas*: un material con exceso de nitrógeno aplicado al suelo puede percolarse hacia los acuíferos y contaminar el agua con nitratos.

#### **4.2.2. Ventajas del uso de compost**

**Picado, J., y Añasco, A.** (2 005) señala que existen tres ventajas del uso de compost:

- *Mejora las propiedades físicas del suelo*: favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta la capacidad de retención de agua.
- *Mejora las propiedades químicas*: incrementa el contenido de micro y macronutrientes e incrementa la capacidad de intercambio catiónico.
- *Mejora la actividad biológica del suelo*: se comporta como soporte y fuente de alimento de los microorganismos del suelo.

#### **4.2.3. Fases del compostaje**

**Román, P, Martínez, M, y Pantoja, A.** (2 013) mencionan cuatro fases del compostaje:



- *Fase mesófila*: en esta fase la temperatura se incrementa hasta los 45 °C, debido a la actividad microbiana, los cuales utilizan fuentes sencillas de carbono y nitrógeno y generan calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, generan ácidos orgánicos, razón por la cual el pH puede bajar hasta 4 a 4.5. Esta fase puede durar de dos a ocho días dependiendo de los materiales utilizados.
- *Fase termofila o de higienización*: al incrementarse la temperatura por encima de 45 °C los microorganismos mesófilos son reemplazados por termófilos, los cuales comienzan a descomponer materiales más complejos como celulosa y lignina. Los microorganismos termófilos transforman el nitrógeno en amoníaco, razón por la cual el pH sube. A partir de 60 °C aparecen bacterias productoras de esporas y actinobacterias, los cuales se encargan de descomponer ceras, hemicelulosa y otros compuestos de carbono complejos. Esta fase puede durar de unos días hasta meses, depende del material utilizado y las condiciones climáticas. Se dice de higienización debido a que la alta temperatura alcanzada destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp* así como quistes y huevos de nemátodos, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas.
- *Fase de enfriamiento o mesofila II*: en esta fase la temperatura desciende hasta los 40 a 45 °C, los microorganismos mesófilos vuelven a presentarse y continúa la degradación de polímeros como la celulosa, el pH desciende ligeramente y se mantiene ligeramente alcalino, esta fase puede durar varias semanas y muchas veces se confunde con la fase de maduración.
- *Fase de maduración*: es la fase más prolongada y puede durar varios meses, ocurre a temperatura ambiente. Se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

#### 4.2.4. Factores que afectan el compostaje

- *Humedad*: Estrada, M. (2005) recomienda mantener la humedad en un rango de 50 a 60%, valores superiores producen zonas anaerobias, malos olores y retraso en el proceso de compostaje. Valores inferiores detienen el proceso de compostaje.

- **Oxígeno:** **Román, P, Martínez, M, y Pantoja, A.** (2 013) señalan que la saturación de oxígeno no debe ser menor a 5%, el nivel óptimo es 10%, puesto que el proceso es aeróbico, el exceso de oxígeno genera descenso de temperatura y mayor pérdida de humedad por evaporación, lo cual detiene el proceso por falta de humedad, la reducción de niveles de oxígeno, reduce la evaporación del agua y el ambiente se vuelve anaeróbico, produciéndose malos olores y acidez.
- **pH:** **Estrada, M.** (2 005) menciona que pH elevado genera gran pérdida de nitrógeno. **Román, P, Martínez, M, y Pantoja, A.** (2 013) señala que el pH óptimo debe mantenerse de 5.8 a 7.2.
- **Temperatura:** **Román, P, Martínez, M, y Pantoja, A.** (2 013) sostiene que la temperatura debe mantenerse dentro del rango de 35 a 70 °C, el valor específico depende de la etapa, temperaturas fuera de este rango implica problemas en el proceso de compostaje. Cuando las temperaturas son inferiores a 35 °C se debe a varias razones: humedad insuficiente, material de compostaje insuficiente, déficit de nitrógeno o baja relación carbono nitrógeno. Cuando las temperaturas de la mezcla del compostaje son mayores a 70 °C las causas son ventilación y humedad insuficiente.
- **Relación Carbono – nitrógeno:** **Estrada, M.** (2 005) menciona que la relación óptima de carbono: nitrógeno es de 20:1 hasta 30:1, cuando los materiales de compostaje tienen relaciones inferiores se debe agregar materiales vegetales de mayor índice como aserrín, paja, desechos de cosecha entre otros.
- **Tamaño de partícula:** **Estrada, M.** (2 005) señala que el tamaño de partícula es de gran importancia, razón por la cual, se recomienda molienda de las materias primas previa a la digestión, puesto que, favorece la aereación inicial y el material es más susceptible a la invasión microbiana por su mayor superficie específica.
- **Microorganismos:** **Melendez, G., y Molina, E.** (2 003) mencionan microorganismos identificados según las fases del compostaje: en la fase mesófila participan mayormente bacterias de las especies *Bacillus brevis*, *Bacillus circulans*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*. En la fase termófila participan algunas bacterias como el *Bacillus stearothermophilus* y hongos de las especies *Termonophyllum sp*, *Absidia glauca*, *Allescheria sp*,

*Trichoderma sp*, *Penicillium sp*, *Aspergillus sp*, *Verticillium tenerum*. En la fase maduración participan *Norcadia sp*, *Streptomyces sp*, *Thermoactynomicetes sp*.

#### **4.2.5. Materiales de compostaje**

**Picado, J., y Añasco, A.** (2 005) mencionan que puede utilizarse cualquier material orgánico, siempre que no estén contaminados seriamente, entre los indicados se tiene: restos de cosecha como hojas, frutos, raíces tuberosas y tubérculos ricos en nitrógeno, materiales con mayor contenido de carbono como troncos, ramas y tallos maduros. Restos de cocina de frutas y hortalizas. Estiércol animal de ganado vacuno, ovino, camélido, caprino, equino, gallinaza, estiércol de cuy y purines, materiales con alto contenido de nitrógeno. Se puede utilizar también complementos minerales para corregir carencias de ciertos elementos minerales.

**Marqués, M., y Urquiaga, R.** (2 005) mencionan materiales según su relación carbono: nitrógeno, materiales con altos niveles de nitrógeno (1-25:1) entre ellos tenemos: estiércol de aves, orines, cespced fresco, leguminosas recién cortadas, restos vegetales frescos, restos de cocina, cascara de café, entre otros. Materiales con relación carbono:nitrógeno equilibrado (25-40:1) entre estos materiales se tiene: estiércol de oveja, estiércol de caballo con cama de paja, hierbas maduras, hojas de árboles frutales y arbustos, ramas de podas finas o trituradas, acículas de pino. Niveles altos de carbono (40-1000:1) entre ellos: aserrín, papel y cartón, paja seca, acículas secas de pinos, ramas de poda otoñales, ramas de poda muy gruesas, hojas secas. Estos autores mencionan materiales que no deben ser utilizados para el compostaje: estiércol de gatos y perros, materiales inorgánicos como: vidrio, plástico, telas y filtros de cigarrillos, papel satinado o con tintas de color, puesto que contienen metales pesados, restos de carne y pescado, generan malos olores, productos que contengan grasas y otros materiales con potencial de contaminación.

#### **4.2.6. Elaboración del compost**

**Picado, J., y Añasco, A.** (2 005) mencionan los pasos necesarios para elaborar compost en rumas o pilas:

- El lugar elegido para la compostera debe estar protegido de la lluvia.

- El material debe estar picado en sus fracciones gruesas para facilitar la descomposición.
- Los materiales de compostaje se apilan en capas, la primera de ellas de 15 cm de espesor con residuos de cosecha u otros materiales vegetales con alto contenido de carbono, la siguiente capa debe ser de estiércol animal de 8 a 10 cm de espesor, la tercera capa debe ser de tierra con un espesor promedio de 3 cm. Esta secuencia de capa se repite hasta que la pila tenga un espesor de 1.5 m.
- La pila de materiales se riega en forma uniforme hasta humedecer completamente.
- Elaborar respiradores con tubos o cañas incrustando en el material, para facilitar la aeración y ventilar la mezcla.
- Cubrir la pila con hojarasca, sacos u otro material dejándolo reposar por tres semanas.
- A las tres semanas voltear la pila para ventilar y uniformizar.
- A las cinco semanas volver a voltear, uniformizar y ventilar.
- Se inicia la cosecha del compost de tres a cuatro meses después.

#### **4.2.7. Características del compost maduro**

**Román, P, Martínez, M, y Pantoja, A.** (2 013) indican que las características que debe tener el compost para su comercialización son las siguientes: relación carbono: nitrógeno de 10:1 a 15:1, humedad 30 a 40%, concentración de oxígeno aproximadamente 10%, tamaño de partícula menor a 1.6 cm, pH de 6.5 a 8.5, temperatura ambiente, densidad menor a 700 kg/m<sup>3</sup>, materia orgánica base seca mayor a 20%, nitrógeno total base seca aproximadamente 1%.

#### **4.2.8. Composición del compost**

**García-Serrano, et al** (2 009) mencionan la siguiente composición promedio del compost: 7- 8.5 pH, 35 a 40% de humedad, 35 a 45% de materia orgánica, 0.5 a 2.6% de nitrógeno, 0.3 a 2.1 % de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 0.4 a 1.2% de potasio (K<sub>2</sub>O), 5 a 16% de calcio (CaO) y 0.7 a 2.1% de magnesio (MgO).

**Román, P, Martínez, M, y Pantoja, A.** (2 013) indica que la composición promedio del compost en elementos mayores es el siguiente: nitrógeno vario de 0.3 a 1.5%, fósforo de 0.1 a 1.0% y potasio de 0.3 a 1.0%.

### **4.3. Humus de lombriz**

#### **4.3.1. Características del humus de lombriz**

**Garro, J. (2 016)** menciona que el humus de lombriz presenta las siguientes características:

- Sustancia de color marrón oscuro y quebradizo.
- Posee alta solubilidad y es rápidamente asimilado por las plantas.
- Contiene alta carga microbiana benéfica, comportándose como supresor de bacterias, hongos y nematodos fitopatógenos al ser aplicado al suelo.
- Es limpio y bioestable.
- Contiene sustancias húmicas y fúlvicas.
- Contiene elementos nutritivos esenciales para las plantas.

#### **4.3.2. Beneficios del humus de lombriz**

**Ruesta, N. (2 013)** menciona beneficios del uso de humus de lombriz:

- Mejora la aeración y capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo.
- Mejora la textura y estructura del suelo.
- Mejora la capacidad de germinación de las semillas.
- Enriquece el suelo con elementos químicos esenciales para la planta.
- Promueve la asimilación de nutrientes transformándolos en formas asimilables.
- Eleva el contenido de materia orgánica del suelo.
- Incrementa el contenido de ácidos húmicos y fúlvicos del suelo.
- Favorece la asimilación del nitrógeno y potasio y favorece la solubilización del fósforo.
- Promueve la formación de micorrizas.
- Mejora la actividad microbiana del suelo.
- Favorece y acelera el crecimiento radicular.
- Mejora la tolerancia de las plantas a las plagas, enfermedades y a la sequía.

#### **4.3.3. Producción de humus de lombriz**

##### *4.3.3.1. Especie de lombriz utilizada*

**Zarela, O., Salas, S., y Sanchez, M. (1 993)** indican que la especie elegida para la producción comercial de humus es la lombriz roja de California (*Eisenia foetida*), por las siguientes razones:

- Es una especie extremadamente prolífica.
- Vive y se reproduce en cautiverio, así como en altas densidades.
- Es muy voraz, consume todo tipo de deshecho orgánico compostado.
- Cada día como el equivalente a su peso corporal.
- El 60% del compost que ingiere lo convierte en humus.

**Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior** (2 002) agrega que fue elegido por su corto ciclo reproductivo (4 veces por año), elevada frecuencia de apareamiento (producen un cocon cada 7 a 10 días), mayor longevidad (viven de 15 a 16 años), su docilidad para ser criados en ambientes reducidos y su mayor velocidad y volumen de producción de humus.

#### 4.3.3.2. Preparación del sustrato alimenticio

**Zarela, O., Salas, S., y Sánchez, M.** (1 993) recomiendan la siguiente secuencia en la preparación del sustrato alimenticio de la lombriz:

- Acopio y selección de desechos de origen animal y vegetal.
- Picado y triturado de materiales gruesos para acelerar proceso de compostaje.
- Preparación del área de fermentación.
- Formulación de mezclas de compostaje, la proporción entre material vegetal y estiércol es variable, así tenemos: gallinaza, estiércol de porcinos, estiércol de cuy y materiales alto en proteínas debe mezclarse en la misma proporción con materiales vegetales, mientras que, estiércol de vacuno, equino, ovino, caprino y camélido se debe usar el 30% de residuos vegetales.
- Preparación de mezclas: los materiales se acomodan en capas 10 cm para el caso del estiércol y de 5 cm para restos vegetales, hasta lograr una altura de 50 cm, es preferible que la última capa sea de restos vegetales.
- Riegos: se riego hasta mojar completamente la mezcla.
- Fermentación, la degradación de la materia orgánica dependiendo de las condiciones medioambientales y el manejo puede durar de 25 a 30 días.

**Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior** (2 002) menciona que las características del sustrato de alimentación para las lombrices son las siguientes:

- Poroso y desmenuzable.
- pH neutro o muy cerca a la neutralidad.
- Buena capacidad de retención hídrica.
- Color marrón oscuro característico.
- No se reconoce los materiales de origen.
- Temperatura no mayor a 35 °C.
- Ausencia de olores desagradables.
- Aceptado rápidamente por las lombrices.

#### 4.3.3.3. *Instalación y conducción del criadero de lombrices*

**Mosquera, B.** (2 010) recomienda comenzar con la instalación de las lombrices cuando este comprobado la buena calidad del alimento. El procedimiento de instalación es el siguiente: cubrir con paja los primeros 5 cm de la cama de crianza, sobre ella depositar el sustrato alimenticio en una capa de 7 a 10 cm, sobre la capa alimenticia se colocan las lombrices en una densidad de 2 500 ejemplares por metro cuadrado.

**Zarela, O., Salas, S., y Sánchez, M.** (1 993) recomienda algunas medidas de conducción del criadero de lombrices.

- Después de 24 horas de instalada las lombrices en las camas se debe verificar que las lombrices colocadas sobre la cama hayan ingresado al interior.
- Si las lombrices se alimentan en forma normal del sustrato no se debe agregar mayor cantidad de alimento en los primeros treinta días.
- Se realiza aereación de la cama en los siguientes casos: cada vez que se incrementa alimento a las camas, cuando los lechos se encuentren compactados por las condiciones ambientales, cuando los lechos no se encuentran protegidos y existe alta incidencia de precipitaciones pluviales.
- Se debe mantener en 55% el contenido de humedad de las camas de crianza de las lombrices, valores inferiores incrementan el índice de mortalidad de capsulas y lombrices, igual sucede con exceso de humedad. Los riegos deben realizarse de preferencia en la mañana o tarde.
- La alimentación en promedio debe ser en forma mensual durante tres meses, luego del cual se cosecha el humus, el sustrato alimenticio debe

colocarse en bandas de 40 cm de ancho y 10 cm de alto al centro de la cama.

#### 4.3.3.4. Factores que afectan la producción del humus de lombriz

**Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior** (2 002) mencionan los siguientes factores como limitantes de la producción de humus de lombriz.

- *Temperatura*: para el crecimiento, la temperatura debe mantenerse en el rango de 20 a 25 °C, en el caso de *Eisenia foetida* la temperatura óptima es de 25 °C; para la formación de cocones e incubación la temperatura debe mantenerse de 12 a 15 °C.
- *Humedad*: debe ser adecuadamente controlada, el alimento debe mostrarse poroso y húmedo, no compactado ni anegado, puesto que los canales o galerías donde se desliza las lombrices debe estar llena de aire y las paredes húmedas.
- *Aireación*: se debe mantener buen suministro de oxígeno, mala aireación disminuye el consumo de alimentos, reduce el desplazamiento, el apareamiento y la reproducción.
- *pH*: el valor recomendado se encuentra alrededor de neutro, a pesar que pueden vivir en un rango de 4 a 8. El pH depende de los materiales con los cuales fue elaborado el sustrato de alimentación.
- *Agua*: la calidad del agua es importante, cuando presenta alto contenido de sales la puesta de cocones se ve seriamente afectado.

#### 4.3.3.5. Cosecha de humus

**Zarela, O., Salas, S., y Sánchez, M.** (1 993) señala que la cosecha de humus comienza a partir de tres meses, antes de comenzar la cosecha es necesario recuperar las lombrices, se utiliza trampas en forma de lomo de pescado de 6 cm de espesor y 35 cm de ancho, las trampas se colocan en tres oportunidades con intervalos de siete días, se debe retirar el 95% de lombrices de las camas antes de la extracción del humus. Se considera que el proceso de humificación ha concluido cuando el material resultante presenta estructura granulosa, color café oscuro, el lecho es esponjoso y suave, permite introducir con facilidad la mano hasta el fondo del lecho. El humus antes de ser tamizado debe ser secado hasta el 45% de humedad.



**Ruesta, N.** (2 013) menciona recomendaciones para el almacenamiento del humus de lombriz:

- Los sacos no deben ser herméticos o impermeables.
- No debe apilarse más de cinco sacos de altura.
- Debe conservarse bajo sombra y siempre húmedo (más de 40% de humedad).
- El tiempo de permanencia en almacén no debe sobrepasar los tres meses.
- De preferencia el humus debe aplicarse fresco y no almacenarse.

#### **4.3.4. Composición del humus de lombriz**

La composición del humus de lombriz es variable y depende de muchos factores, sin embargo, a continuación, se mencionan algunos resultados:

**La Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior** (2 002) menciona la siguiente composición: 1.5 a 3% Nitrógeno, 0.5 a 1.5% de fósforo ( $P_2O_5$ ), 0.5 a 1.5% de potasio ( $K_2O$ ), 0.2 a 0.5% de magnesio, 2.5 a 8.5% de calcio, 260 a 580 ppm de manganeso, 85 a 100 ppm de cobre, 85 a 400 ppm de Zinc, 10 a 20 ppm cobalto, 3 a 10 ppm boro, ácidos húmicos 5 a 7%, ácidos fúlvicos 2 a 3%, pH 6.5 a 7.2, humedad 30 a 40%, materia orgánica 3 a 6%, CIC 75 A 80 meq/100 g, conductividad eléctrica hasta 3 mmho/cm, retención de humedad 1.5 a 2 l/kg seco y carga bacteriana 2 000 millones de colonias de bacterias vivas/g.

**Ruesta, N.** (2 013) menciona la siguiente composición del humus de lombriz: Nitrógeno total 2.8%, fósforo total 1.2%, potasio total 1.0%, magnesio total 0.48%, calcio total 5.69%, cobre total 92.3 ppm, Zinc total 350.0 ppm, manganeso total 380 ppm, humedad 36.8%, pH 7.3, carbonato de calcio 10%, materia orgánica 53.6%, ácidos húmicos 5.6%, ácidos fulvicos 2.8%, conductividad eléctrica 3.5 mmho/cm, capacidad de intercambio catiónico 77.20 meq/100 g, retención de humedad 1.8 a 2.0 l/kg seco.

**Zarela, O., Salas, S., y Sanchez, M.** (1 993) señalan la siguiente composición: 1 a 3% de nitrógeno, 0.5 a 2% de fósforo ( $P_2O_5$ ), 0.5 a 3% de potasio ( $K_2O$ ), pH de 6.5 a 8.0, conductividad eléctrica 2 a 4 mmho/cm, 40 a 50% de lignina, 30 a 35% de proteínas, 3 a 5% de celulosa microbiana viva y muerta.

## 4.4. Soluciones nutritivas

### 4.4.1. Concepto

**Beltrano, J., y Gimenez, D.** (2 015) define como una solución acuosa que contiene oxígeno disuelto y todos los nutrientes minerales esenciales, necesarios para el crecimiento de las plantas.

**Dosis** Es la cantidad o porción de una sustancia expresado en unidad de volumen o peso.

**Macronutriente** Son aquellos elementos que se necesitan en relativamente grandes cantidades. Entre ellos se incluye nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio y fósforo.

**Micronutriente** son aquellos elementos que las plantas necesitan en pequeñas cantidades (en ocasiones cantidades traza), como hierro, boro, manganeso, zinc, cobre, cloro y molibdeno.

### 4.4.2. Factores que influyen en la formulación de soluciones nutritivas

**Santos, B, y Rios, D.** (2 016) mencionan los factores que afectan la formulación de las soluciones nutritivas:

- *Relación entre iones:* no solo es importante la concentración de los iones, sino también la relación que existe entre ellos, es importante la relación del calcio y el magnesio, la relación que guardan el potasio con el calcio y magnesio, la relación entre sulfatos y nitratos, la relación entre potasio y calcio. Otra relación importante es la existente entre el cloruro y el nitrato.
- *Conductividad eléctrica:* este factor depende de la cantidad de iones que tiene una solución, razón por la cual se debe diseñar una conductividad eléctrica determinada que permita a la planta absorber la cantidad necesario de iones de fertilizantes.
- *pH:* este factor juega un papel importante en la formulación de soluciones nutritivas puesto que, influye en la disponibilidad de elementos minerales para la planta, por insolubilización o bien por el paso a una forma no asimilable. Para soluciones nutritivas en hidroponía se considera óptimo pH de 5.5 a 6.0.
- *Temperatura:* este factor la capacidad de absorción de agua nutrientes, es también importante en la solubilidad del oxígeno.

#### 4.4.3. *Solución nutritiva La Molina*

**Carbajal, J.** (2 018) indica que esta solución nutritiva fue obtenida luego de varios años de investigación en el laboratorio de fisiología vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina, eligieron para su preparación fertilizantes fáciles de conseguir en el mercado nacional. El portal del Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina indica la concentración de elementos de las soluciones nutritivas como sigue:

- *Nitrógeno*: 190 ppm
- *Fósforo*: 35 ppm
- *Potasio*: 210 ppm
- *Calcio*: 150 ppm
- *Magnesio*: 45 ppm
- *Azufre*: 70 ppm.
- Hierro: 1.0 ppm
- Manganeso: 0.50 ppm
- Boro: 0.50 ppm
- Zinc: 0.15 ppm
- Cobre. 0.10 ppm
- Molibdeno: 0.05 ppm

#### 4.4.4. *Fertilizantes utilizados para formular soluciones nutritivas*

**Santos, B, y Rios, D.** (2 016) mencionan los fertilizantes más utilizados para preparar soluciones nutritivas:

- *Fuentes de nitrógeno*: ácido nítrico, nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, nitrato de magnesio, sulfato de amonio y urea.
- *Fuentes de fósforo*: fosfato monoamónico, ácido fosfórico y fosfato monopotásico.
- *Fuentes de potasio*: sulfato potásico y cloruro potásico.
- *Fuentes de microelementos*: tetraborato de sodio, ácido bórico, sulfato de cobre, quelato EDTA, sulfato de manganeso, quelato DTPA, quelato EDDHA, sulfato de zinc, molibdato de sodio y heptamolibdato amónico.

#### **4.5. Antecedentes de la investigación**

**Muñoz,** (2006) Realizó la investigación en el efecto de densidad de siembra en beterraga (*Beta vulgaris* L.) var. Early Wonder Tall Top, cultivado en el fundo UNAP-IQUITOS. Donde utilizó el diseño de bloque completo al azar (DBCA); densidades de siembra de (0.25 m x 0.10 m); (0.30 m x 0.10 m); (0.40 m x 0.10 m); (0.25 m x 0.20 m); (0.30 m x 0.20 m); (0.40 m x 0.20 m) resultando el mejor rendimiento obtenido de (0.25 m x 0.10 m) con 28.77 t/ha (6.000m<sup>2</sup>).

**Gregorio, J.** (2 010) en la tesis “Producción orgánica de betabel (*Beta vulgaris* L.) Evaluación de variedades y efecto de dos compostas” realizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México; con el objetivo de evaluar dos compostas en la producción y rendimiento del cultivo de betabel, en la variedad Early Wonder fueron evaluados dos compost de origen animal y de origen vegetal y un testigo sin aplicación, las dosis utilizadas fueron de 37.5 y 75 t/ha, los resultados obtenidos fueron los siguientes: para diámetro de raíz los tratamientos con compost fueron estadísticamente superiores al testigo, con 3.6 cm compost comercial de estiércol de vacuno y 3.5 cm compost vegetal, el testigo obtuvo 2.9 cm de diámetro; peso de raíz, el compost utilizado fue estadísticamente superior al testigo con 43.7 g para el compost comercial y 42.9 g para compost de origen vegetal, 25.7 g testigo. Para rendimiento de raíz por hectárea el compost fue estadísticamente mejor que testigo con 26.4 t/ha compost vegetal, 25.0 t/ha compost origen animal y testigo con 14.5 t/ha. Para peso total de planta por hectárea (raíz + hojas) se obtuvo 90.5 t/ha para compost vegetal, 81.6 t/ha compost de origen animal y testigo 50.3 t/ha. Finalmente el mejor nivel de compost fue de 75 t/ha de compost de origen vegetal.

**Ibañez, I.** (2 014) en el trabajo de investigación “Evaluación del efecto de tres abonos orgánicos en el comportamiento agronómico de dos variedades de beterraga (*Beta vulgaris*) en el municipio de Patacamaya” realizado en la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, con el objetivo de evaluar el efecto de tres abonos orgánicos en el comportamiento agronómico de dos variedades de beterraga en el municipio de Patacamaya, las variedades consideradas fueron Early Wonder Tall Top y Detroit Dark Red, los abonos orgánicos considerados fueron: estiércol de cuy, estiércol de ovino y compost. Los resultados obtenidos fueron: para altura de planta, no hay diferencias significativas

para las fuentes de abonamiento orgánico, se obtuvo 41.5 cm compost, 40.3 cm estiércol de cuy, 40.0 cm estiércol de ovino y 38.5 cm testigo. Para longitud de raíz no hubo diferencias significativas, se registraron 16.6 cm estiércol de cuy, 15.1 cm compost, 14.8 cm testigo y 14.2 cm estiércol de ovino. Para diámetro de raíz no hubo diferencias significativas, se registró 4.98 cm estiércol de ovino, 4.73 cm compost, 4.37 cm testigo y 4.27 cm estiércol de cuy. Para rendimiento hubo diferencias significativas para fuente de abonamiento, compost con 30.4 t/ha, estiércol de ovino con 26.2 t/ha, estiércol de cuy con 25.2 t/ha fueron superiores al testigo con 21.9 t/ha.

**Giron, C., y Martinez, C.** (2 012) en la “tesis Influencia de la aplicación de Bocashi y lombriabono en el rendimiento de calabacín (*Cucurbita pepo* L.), espinaca (*Spinacea oleracea* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y remolacha (*Beta vulgaris* L.) bajo el método de cultivo biointensivo, San Ignacio, Chalatenango” elaborado en El Salvador, con el objetivo de evaluar el efecto complementario del bocashi y lombriabono en el rendimiento de los cultivos de calabacín, espinaca, lechuga y remolacha; se utilizó tres fuentes de abonamiento: compost, compost más bocashi y compost más lombriabono. Entre los resultados obtenidos tenemos: para altura de planta en remolacha, hubo diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el mejor compost más bocashi con 37.88 cm, seguido de compost más lombriabono con 35.22 cm. Para peso de raíz existen diferencias significativas, siendo el mejor compost más bocashi con 265.18 g, seguido de compost más lombriabono con 205.26 g. Para diámetro de raíz no existen diferencias significativas, se registró 7.72 cm para compost más bocashi, 7.04 cm compost más lombriabono y 5.42 cm para compost.

## V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo – cuantitativo.

### 5.2. Ubicación temporal

En la etapa de campo, la presente investigación fue ejecutada del 03 de diciembre del 2019 al 25 de marzo del 2020.

### 5.3. Ubicación de la parcela experimental

El campo experimental fue instalado en el Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, cuya ubicación es la siguiente:

#### 5.3.1. Ubicación Política.

|            |                          |
|------------|--------------------------|
| Región:    | Cusco                    |
| Provincia: | Cusco                    |
| Distrito:  | San Jerónimo             |
| Lugar:     | Centro Agronómico K'ayra |

#### 5.3.2. Ubicación Geográfica.

|           |                 |
|-----------|-----------------|
| Longitud: | 71°52'36" Oeste |
| Latitud:  | 13°33'36" sur   |
| Altitud:  | 3 234 m         |

#### 5.3.3. Ubicación Hidrográfica.

|              |            |
|--------------|------------|
| Cuenca :     | Vilcanota  |
| Sub cuenca:  | Huatanay   |
| Microcuenca: | Huanacaure |

#### 5.3.4. Límites

Por el norte: Área de cultivo de la Facultad de Ciencias Agrarias

Por el sur: Carretera de acceso al sector de Chiriunuyoc-Ladrillera

Por el este: Áreas de cultivo del Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA).

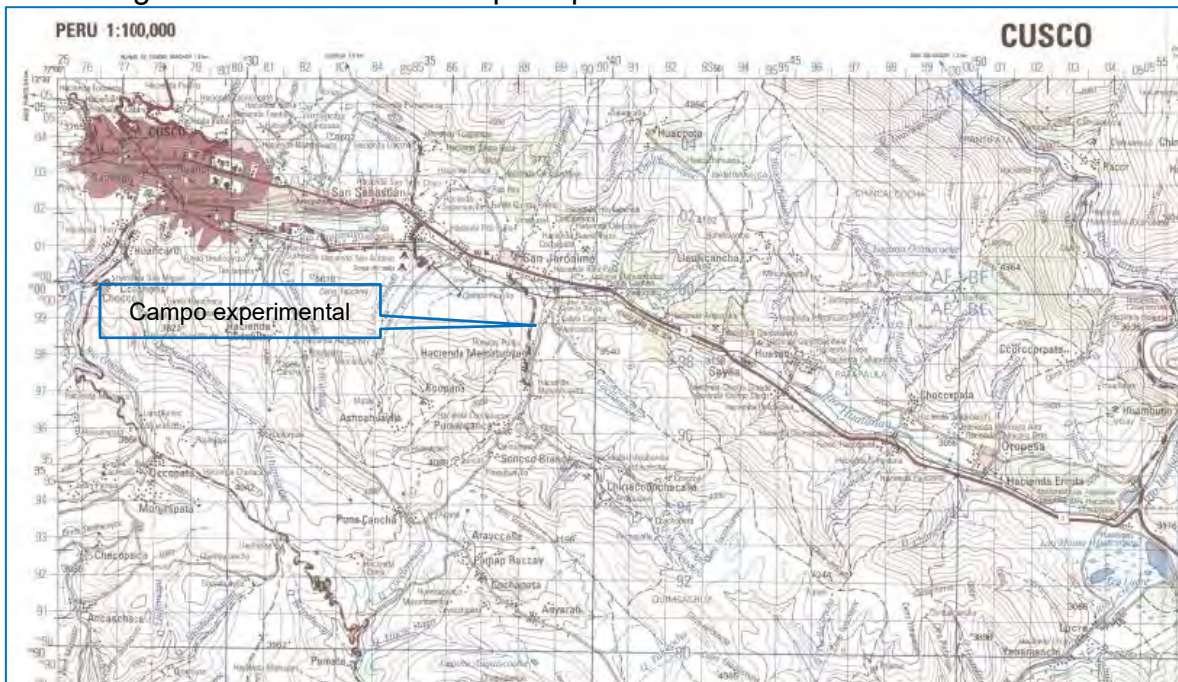
Por el oeste: Carretera de acceso al sector de Chiriunuyoc-Ladrillera

Imagen 1: Imagen satelital del campo experimental



Fuente: Google Earth

Imagen 2: Ubicación del campo experimental - Carta nacional 1/100000



Fuente: <https://www.geogpsperu.com/2014/08/descargar-cartas-nacionales-del-peru.html>

### 5.3.5. Ubicación ecológica

Según el diagrama bioclimático de Holdridge (1967) y mencionado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2017) el Centro Agronómico K'ayra se ubica en la zona de vida conocido como Bosque seco – Montano bajo (bs-t).

### 5.3.6. Variables climáticas

Tabla 1: Variables climáticas durante la fase de campo – Estación meteorológica de K'ayra

| Variable climática                 | Año 2019 |       |       | Año 2020 |      |      |      |
|------------------------------------|----------|-------|-------|----------|------|------|------|
|                                    | Unidad   | Dic   | Ene   | Feb      | Mar  | Abr  | May  |
| Temperatura mínima media mensual   | °C       | 7.9   | 6.8   | 9.0      | 8.0  | SI   | SI   |
| Temperatura máxima media mensual   | °C       | 20.5  | 20.2  | 19.7     | 21.1 | SI   | SI   |
| Temperatura media mensual          | °C       | 14.0  | 14.0  | 13.7     | 13.1 | 12.5 | 11.8 |
| Precipitación total mensual        | mm       | 154.4 | 126.7 | 156.4    | SI   | SI   | SI   |
| Humedad relativa                   | %        | 75.0  | 76.0  | 80.0     | 74.0 | SI   | SI   |
| Horas y decimas de sol             | Horas    | 74.5  | 96.6  | 67.5     | SI   | SI   | SI   |
| Velocidad media mensual del viento | m/s      | SI    | 2.3   | 1.8      | 1.6  | SI   | SI   |

Fuente: SENAMHI (2021)

### 5.4. Materiales y métodos

#### 5.4.1. Materiales.

##### a) Materiales de campo

- Etiquetas de identificación
- Estacas de madera
- Cuaderno
- Humus de lombriz (procedente del CISA)
- Compost (procedente del CISA)
- Soluciones nutritivas A y B (La Molina)
- Semilla de beterraga
- Papel bond A4
- Baldes graduados
- Jarra graduada
- Vaso milimetrado
- Jeringas descartables

##### b) Herramientas.

- Cinta métrica.
- Regla graduada con vernier
- Pico, rastrillo, carretilla, pala
- Cordel de nylon
- Carretilla



**c) Equipos.**

- Celular (registro fotográfico)
- Laptop
- Balanza de precisión
- Impresora y memoria USB

**d) Material biológico.**

La semilla de beterraga fue comprada en agroveterinaria local, envasado en lata de 500 g de la marca Bonanza y variedad Early Wonder, con 96% de pureza física y 93% de germinación, semilla tratada con fungicida Thiran y envasado por el distribuidor de origen.

**5.4.2. Métodos**

**a) Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo descriptivo - cuantitativo.

**b) Diseño experimental.**

Se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completamente al Azar, con arreglo factorial de 3A x 3D, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones, con 36 unidades experimentales. Los tratamientos fueron distribuidos en las unidades experimentales, en forma aleatoria, utilizando el método del sombrero. Para determinar el efecto de la solución nutritiva y los abonos orgánicos humus de lombriz y compost sobre las variables evaluadas se utilizó el programa Excel, elaborando el Análisis de varianza al 95 y 99% de probabilidad.

**5.4.3. Variables e indicadores**

Las variables independientes fueron: solución nutritiva y abono orgánico, mientras que las variables dependientes fueron: rendimiento y características agrobotánicas. A continuación, se indican las variables dependientes y sus indicadores evaluados:

**Tabla 2:** Variables e indicadores

| <b>Variables dependientes</b>         | <b>Indicadores</b>                            | <b>Unidad</b> |
|---------------------------------------|---|---------------|
| <b>1. Rendimiento</b>                 | Peso de raíces por hectárea                   | t/ha          |
|                                       | Peso de raíz por planta                       | g/planta      |
|                                       | Peso fresco de residuos de cosecha por planta | g/planta      |
| <b>2. Características del follaje</b> | Altura de planta                              | cm            |
|                                       | Número de hojas por planta                    | -             |
| <b>3. Características de la raíz</b>  | Longitud de raíz                              | cm            |
|                                       | Diámetro ecuatorial de raíz                   | cm            |

#### **5.4.4. Características del campo experimental**

##### **5.4.4.1. Campo experimental.**

|               |                       |
|---------------|-----------------------|
| — Largo:      | 13.20 m               |
| — Ancho:      | 12.10 m.              |
| — Área total: | 159.72 m <sup>2</sup> |

##### **5.4.4.2. Bloque.**

|                  |                      |
|------------------|----------------------|
| — N° de bloques: | 4.0                  |
| — Largo:         | 12.10 m              |
| — Ancho:         | 2.40 m.              |
| — Área total:    | 29.04 m <sup>2</sup> |

##### **5.4.4.3. Unidad experimental.**

|                                      |                     |
|--------------------------------------|---------------------|
| — Total, de unidades experimentales: | 36.00               |
| — Largo:                             | 2.4 m               |
| — Ancho:                             | 0.9 m               |
| — Área:                              | 2.16 m <sup>2</sup> |
| — Plantas por Und. Exp.:             | 48 unidades         |

##### **5.4.4.4. Densidad de siembra.**

|                            |                    |
|----------------------------|--------------------|
| — Distancia entre hileras: | 0.30 m             |
| — Distancia entre plantas: | 0.15 m             |
| — Densidad:                | 222,222 plantas/ha |

#### **5.4.5. Factores y niveles evaluados**

- Factor A: Abono orgánico

- Nivel a<sub>1</sub>: humus de lombriz
- Nivel a<sub>2</sub>: compost
- Nivel a<sub>3</sub>: suelo agrícola (testigo)
- Factor D: dosis de solución nutritiva
  - Nivel d<sub>1</sub>: 0 ml A + 0 ml B / litro de agua
  - Nivel d<sub>2</sub>: 5 ml A + 2 ml B / litro de agua
  - Nivel d<sub>3</sub>: 10 ml A + 4 ml B / litro de agua.

#### 5.4.6. Tratamientos.

Tabla 3: Tratamientos

| N°  | Clave                         | Combinaciones                                       |
|-----|-------------------------------|---|
| T-1 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | Humus de lombriz x 0 ml A + 0 ml B / litro de agua  |
| T-2 | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | Humus de lombriz x 5 ml A + 2 ml B / litro de agua  |
| T-3 | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | Humus de lombriz x 10 ml A + 4 ml B / litro de agua |
| T-4 | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | Compost x 0 ml A + 0 ml B / litro de agua           |
| T-5 | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | Compost x 5 ml A + 2 ml B / litro de agua           |
| T-6 | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | Compost x 10 ml A + 4 ml B / litro de agua          |
| T-7 | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | Suelo agrícola x 0 ml A + 0 ml B / litro de agua    |
| T-8 | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | Suelo agrícola x 5 ml A + 2 ml B / litro de agua    |
| T-9 | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | Suelo agrícola x 10 ml A + 4 ml B / litro de agua   |

Gráfico 3: Croquis del campo experimental con ubicación de los tratamientos

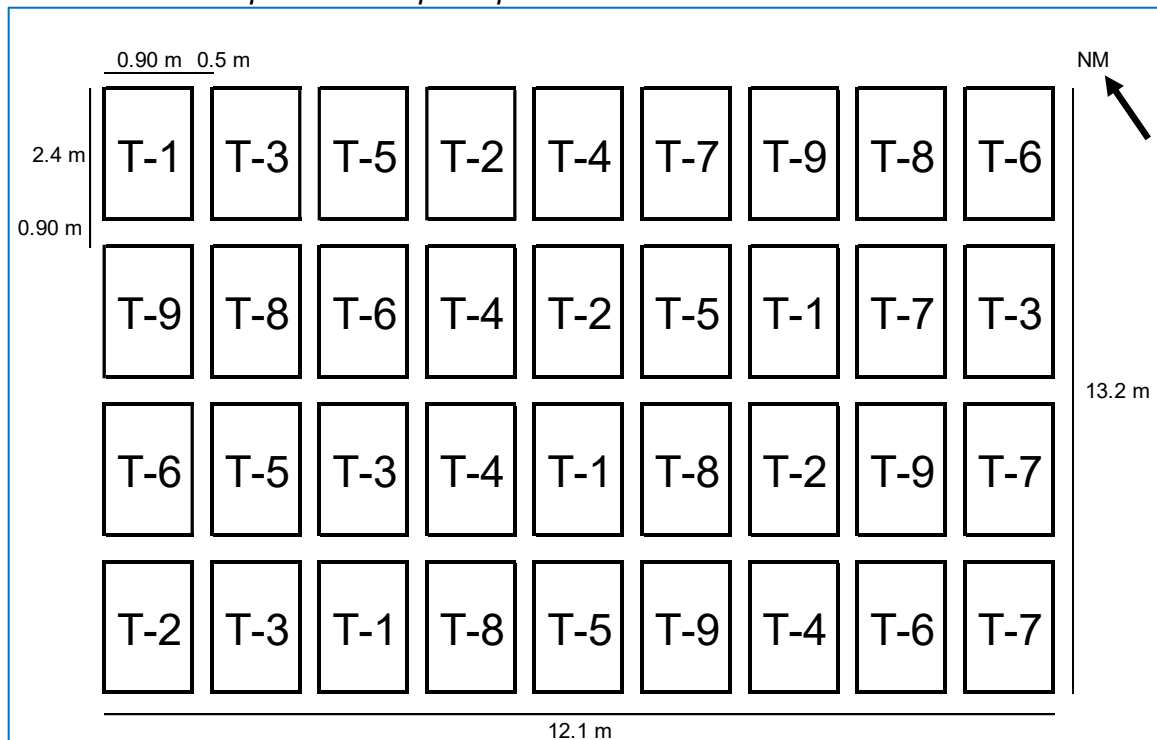


Gráfico 4: Unidad experimental

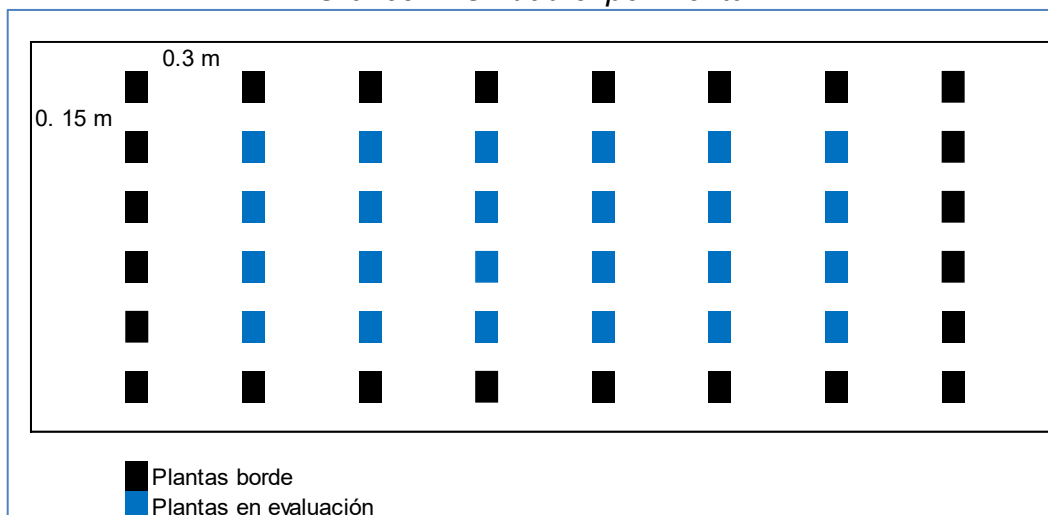
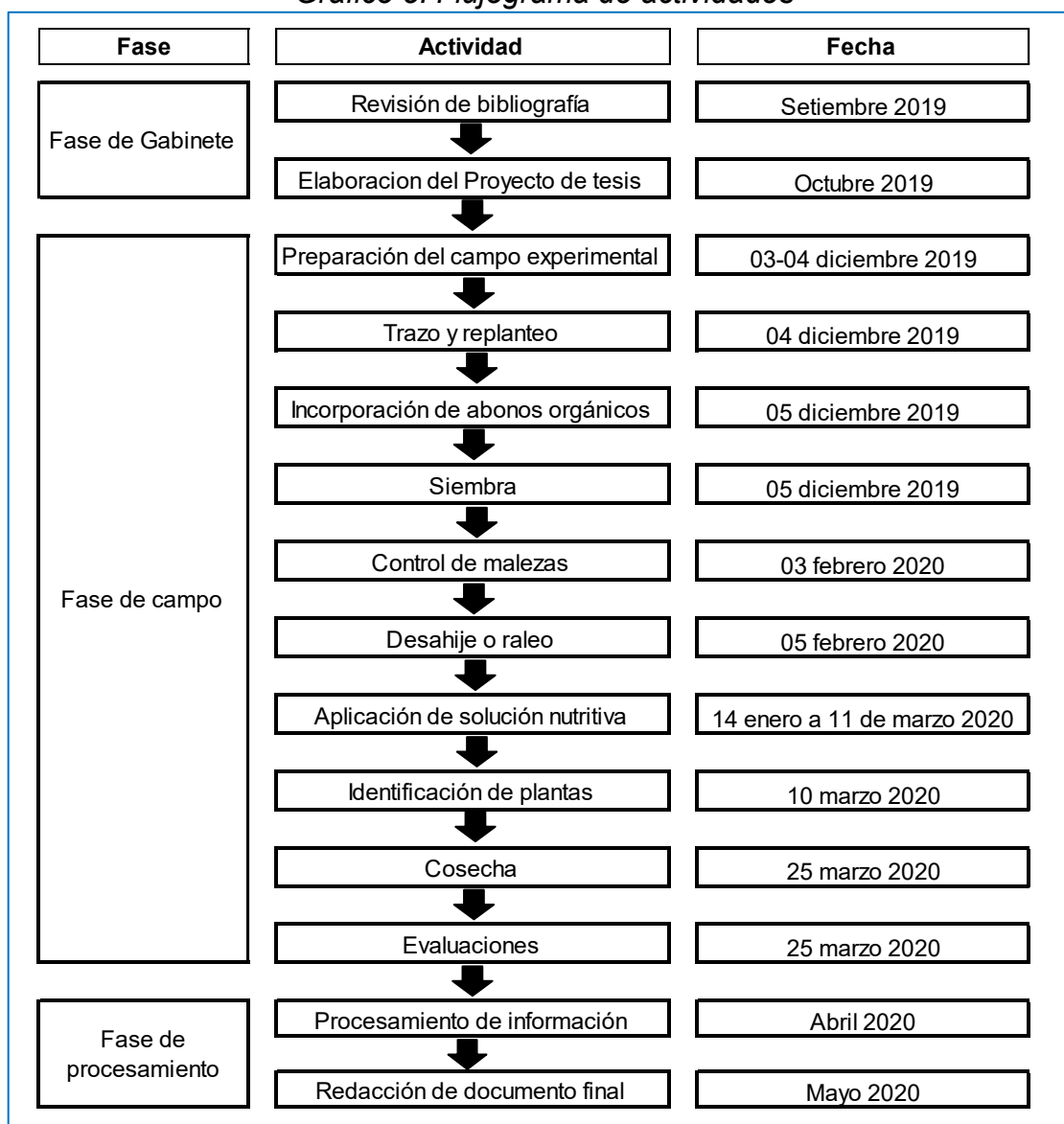


Gráfico 5: Flujo de actividades



#### **5.4.7. Conducción del cultivo**

##### **5.4.7.1. Preparación del campo experimental**

La eliminación de residuos de cosecha anterior y malezas, fue la primera actividad realizada, luego de ello, fue roturado en forma manual con pico, azada y rastrillo a una profundidad promedio de 0.30 m, finalmente, fue necesario mullir los terrones y nivelar el terreno. La preparación del campo experimental fue realizada del 03 al 04 de diciembre del 2 019.

##### **5.4.7.2. Trazo y replanteo**

Utilizando cinta métrica de 30 metros, cordel y estacas fueron replanteados los bloques y unidades experimentales con las dimensiones propuestas en el anteproyecto de tesis; el marcado de las parcelas se realizó con diatomita. Esta actividad se realizó el 04 de diciembre del 2 019.

##### **5.4.7.3. Incorporación de abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos humus de lombriz y compost fueron incorporados en las parcelas identificadas para tal fin, la incorporación fue al voleo, concluida la distribución del abono en el suelo, fue necesaria realizar el tapado con rastrillo. Esta labor se realizó el 05 de diciembre del 2 019. La cantidad de humus de lombriz utilizado por unidad experimental de 2.16 m<sup>2</sup> fue de 1.5 kg (6.945 t/ha), se utilizó la misma cantidad de compost por unidad experimental.

##### **5.4.7.4. Siembra.**

La siembra fue realizada el 05 de diciembre del 2 019, con suelo húmedo, para mayor precisión se utilizó cordel marcado con plumón indeleble a distancias de 0.15 m ente plantas, previamente fue marcado las hileras a una distancia de 0.30 m. Fueron colocados tres semillas por golpe, luego de la germinación y el crecimiento inicial fue necesario entresacar las plantas en exceso, dejando solamente una planta por golpe.

##### **5.4.7.5. Control de malezas.**

El control de malezas fue manual, con la finalidad de evitar la competencia por agua y nutrientes, en el primer estadio de la beterraga el crecimiento de las malezas fue intensa. Esta actividad se realizó el 03 de febrero del 2020. Durante esta labor fue

necesario aporcar las plantas para evitar que las raíces tuberosas sean expuestas al medio ambiente y se reduzca la calidad del producto.

#### **5.4.7.6. Desahije o raleo.**

Esta actividad se realizó con la finalidad de dejar solo una planta de betarraga por golpe, puesto que fue necesario sembrar más de una semilla y esto produjo varias plantas en franca competencia. Esta labor se realizó el 05 de febrero del 2020.

*Fotografía 1: raleo*



Fuente: Registro de campo

#### **5.4.7.7. Aplicación de solución nutritiva.**

La aplicación de la solución nutritiva fue en forma semanal, en nueve oportunidades, la primera aplicación se realizó el 14 de enero del 2020, las siguientes fueron: 21 y 28 de enero, 4, 11, 18 y 25 de febrero y 4 y 11 de marzo. Las soluciones en las dosis indicadas en el proyecto de tesis, fueron preparados en un balde de 20 litros, utilizando jeringa descartable para la dosificación exacta y una jarra graduada para distribuir los 20 litros de solución entre las 48 plantas de cada unidad experimental. La aplicación se hizo a chorro al pie de cada planta.

Fotografía 2: dosificación de la solución nutritiva La Molina



Fuente: Registro de campo

Fotografía 3: aplicación de la solución nutritiva La Molina al pie de las plantas



Fuente: Registro de campo

#### **5.4.7.8. Identificación de plantas y tratamientos.**

Fue necesario instalar carteles de identificación a las unidades experimentales y tratamientos con el objetivo de facilitar el registro de información.

*Fotografía 4: Identificación de tratamientos*



Fuente: Registro de campo

#### **5.4.7.9. Cosecha.**

La cosecha de las raíces tuberosas se realizó el 25 de marzo del 2020. El indicador utilizado fue el tamaño de las raíces. La extracción de las raíces se hizo en forma manual. Durante la cosecha fueron realizados todas las evaluaciones.

*Fotografía 5: Cosecha de raíces*



Fuente: Registro de campo



*Fotografía 6: Raíces recién cosechadas*



Fuente: Registro de campo

#### **5.4.8. Evaluaciones.**

##### ***5.4.8.1. Peso de raíces por hectárea.***

En una balanza de precisión fue determinado el peso total de las raíces producidas en cada unidad experimental, sin considerar las plantas bordes, este peso fue convertido a peso por hectárea por regla de tres simple. El área efectiva de evaluación por unidad experimental fue de 1.08 m<sup>2</sup>.

##### ***5.4.8.2. Peso de raíces por planta.***

El peso de raíces por planta fue determinado en una balanza de precisión, fue necesario obtener una muestra representativa de 10 raíces del total cosechado por cada unidad experimental, sin considerar las plantas bordes.

##### ***5.4.8.3. Peso fresco de residuos de cosecha.***

Este indicador fue registrado con balanza de precisión, se determinó el peso de la parte aérea y restos de puntas de raíz de cada una de las plantas muestreadas por unidad experimental.

##### ***5.4.8.4. Altura de planta.***

La altura de planta fue medida con wincha de metálica, considerando la distancia existente entre el cuello de la planta y el ápice de la hoja más larga, los datos fueron registrados en cm.

*Fotografía 7: Determinación de altura de planta*



Fuente: Registro de campo

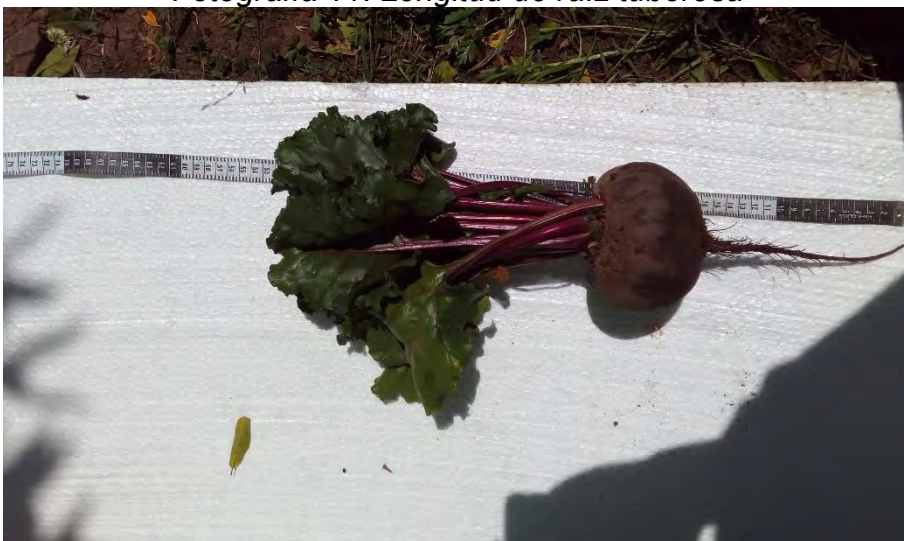
#### **5.4.8.5. Número de hojas.**

El número de hojas fue determinado por conteo manual, considerando las plantas muestreadas para las evaluaciones en cada unidad experimental.

#### **5.4.8.6. Longitud de raíz**

La longitud de la raíz fue medida con wincha de lona, considerando la distancia de la corona de la raíz hasta el ápice del mismo. La medición se realizó sobre las diez plantas muestreadas al azar por unidad experimental.

*Fotografía 11: Longitud de raíz tuberosa*



Fuente: Registro de campo

#### **5.4.8.7. Diámetro ecuatorial de raíz**

El diámetro en la parte media de la raíz fue determinado utilizando regla graduada con escala vernier, los datos fueron registrados en centímetros. considerando siempre las diez plantas muestreadas por unidad experimental.

*Fotografía 12: Diámetro ecuatorial de raíz tuberosa*



Fuente: Registro de campo

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Rendimiento

#### 6.1.1. Peso de raíz por hectárea

Tabla 4: Peso de raíz por hectárea (t/ha)

| Clave | Tratamiento                   | Bloques |       |       |       |
|-------|-------------------------------|---------|-------|-------|-------|
|       |                               | I       | II    | III   | IV    |
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 20.90   | 21.89 | 29.98 | 21.95 |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 20.02   | 19.88 | 23.23 | 27.01 |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 23.31   | 23.77 | 19.13 | 21.31 |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 23.86   | 24.66 | 20.82 | 17.11 |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 19.27   | 19.26 | 22.25 | 19.74 |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 21.89   | 32.70 | 20.13 | 26.36 |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 24.77   | 14.66 | 16.91 | 19.92 |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 35.64   | 24.79 | 16.15 | 16.95 |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 21.84   | 21.66 | 26.46 | 20.99 |

Tabla 5: Promedio de peso de raíz por hectárea (t/ha)

| Clave | Tratamiento                   | Promedio     | Máximo       | Mínimo       | Desviación estándar |
|-------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 23.68        | 29.98        | 20.90        | 4.23                |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 22.54        | 27.01        | 19.88        | 3.36                |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 21.88        | 23.77        | 19.13        | 2.12                |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 21.61        | 24.66        | 17.11        | 3.43                |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 20.13        | 22.25        | 19.26        | 1.43                |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 25.27        | 32.70        | 20.13        | 5.61                |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 19.07        | 24.77        | 14.66        | 4.37                |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 23.38        | 35.64        | 16.15        | 9.06                |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 22.74        | 26.46        | 20.99        | 2.51                |
|       |                               | <b>22.25</b> | <b>35.64</b> | <b>14.66</b> | <b>4.38</b>         |

El peso promedio de raíces fue de 22.25 t/ha, rendimiento superior al promedio nacional de 18.75 t/ha registrado para el año 2019 (MINAGRI 2020), este rendimiento es inferior al obtenido por Gregorio (2010), 26.4 t/ha compost vegetal, 25.0 t/ha compost origen animal y al registrado por Ibañez (2014) para compost con 30.4 t/ha.

El rendimiento máximo registrado fue de 35.64 t/ha correspondiente al tratamiento Suelo agrícola y 5 ml A + 2 ml B /litro de agua de solución nutritiva, el rendimiento más bajo obtenido fue de 14.66 t/ha de raíces correspondiente al tratamiento Suelo

agrícola y 0 ml A + 0 ml B /litro de agua de solución nutritiva. La desviación estándar promedio fue de 4.38.

Gráfico 6: Peso de raíz por hectárea (t/ha)

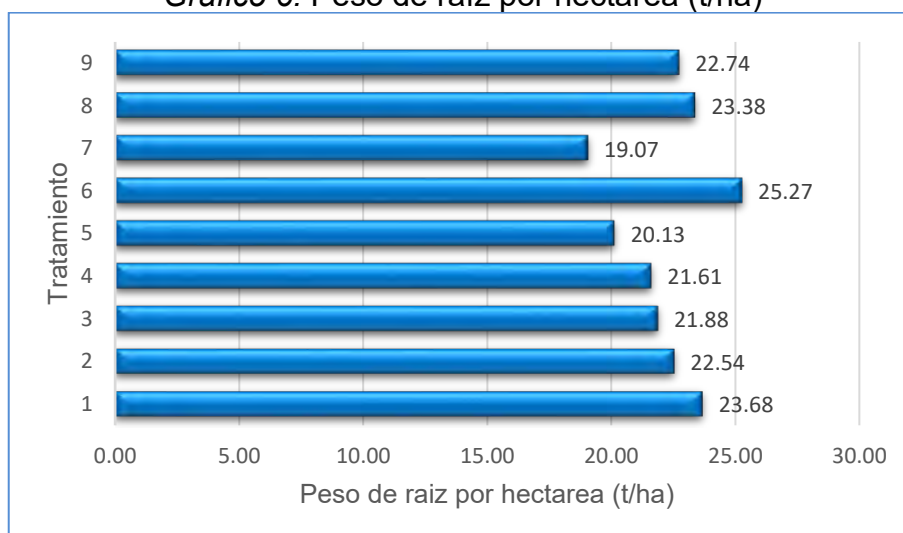


Tabla 6: Cuadro auxiliar AXD

| Abono (A)      | Dosis (D)      |                |                | $\Sigma y_i..$ | Promedio |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|
|                | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> |                |          |
| a <sub>1</sub> | 94.72          | 90.14          | 87.52          | 272.38         | 22.70    |
| a <sub>2</sub> | 86.45          | 80.52          | 101.08         | 268.05         | 22.34    |
| a <sub>3</sub> | 76.26          | 93.53          | 90.95          | 260.74         | 21.73    |
| $\Sigma y.j.$  | 257.43         | 264.19         | 279.55         | 801.17         |          |
| Prom.          | 21.45          | 22.02          | 23.30          |                | 22.25    |

Tabla 7: Análisis de varianza

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | F. tabular |      | Significancia |        |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|------------|------|---------------|--------|
|                        |                    |                   |                |             | 0.05       | 0.01 | 0.05          | 0.01   |
| Bloques                | 3                  | 26.90995556       | 8.96998519     | 0.40        | 3.01       | 4.72 | NS            | NS     |
| Abono                  | 2                  | 5.76929136        | 2.88464568     | 0.13        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS     |
| Dosis                  | 2                  | 21.41767654       | 10.70883827    | 0.48        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS     |
| Abono x Dosis          | 4                  | 84.59833086       | 21.14958272    | 0.95        | 2.78       | 4.22 | NS            | NS     |
| Error                  | 24                 | 531.94608889      | 22.16442037    |             |            |      |               |        |
| Total                  | 35                 | 670.64134321      |                |             |            |      | CV            | 21.15% |

El análisis de varianza indica que no existe efecto de la fuente de abonamiento sobre el rendimiento en peso de raíces por hectárea, puesto que al 95 y 99% de confianza no existen diferencias significativas entre sus niveles, de igual manera, no existen diferencias significativas al 95 y 99% de probabilidad entre los niveles del factor dosis de solución nutritiva, finalmente no existe interacción entre fuentes

de abono orgánico y niveles de solución nutritiva, ya que no existen diferencias significativas al 95 y 99% de confianza.

Los resultados anteriores difieren de los obtenidos por Gregorio (2 010) quien registró diferencias significativas para rendimiento entre los tratamientos compost (de origen vegetal y de origen animal) y el testigo, así mismo Ibáñez (2 014) registró también diferencias significativas entre los tratamientos fuentes de abono orgánico (compost, estiércol de cuy, estiércol de ovino) y el testigo.

### 6.1.2. Peso de raíz por planta

Tabla 8: Peso de raíz por planta (g/planta)

| Clave | Tratamiento                   | Bloques |        |        |        |
|-------|-------------------------------|---------|--------|--------|--------|
|       |                               | I       | II     | III    | IV     |
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 313.50  | 328.30 | 449.70 | 329.30 |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 300.30  | 298.20 | 348.40 | 405.20 |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 349.60  | 356.60 | 287.00 | 319.60 |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 357.90  | 369.90 | 312.30 | 256.70 |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 289.10  | 288.90 | 333.70 | 296.10 |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 328.40  | 490.50 | 301.90 | 395.40 |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 371.60  | 219.90 | 253.60 | 298.80 |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 534.60  | 371.90 | 242.20 | 254.20 |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 327.60  | 324.90 | 396.90 | 314.90 |

Tabla 9: Promedio de peso de raíz por planta (g/planta)

| Clave | Tratamiento                   | Promedio      | Máximo        | Mínimo        | Desviación estandar |
|-------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 355.20        | 449.70        | 313.50        | 63.41               |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 338.03        | 405.20        | 298.20        | 50.43               |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 328.20        | 356.60        | 287.00        | 31.81               |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 324.20        | 369.90        | 256.70        | 51.39               |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 301.95        | 333.70        | 288.90        | 21.43               |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 379.05        | 490.50        | 301.90        | 84.08               |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 285.98        | 371.60        | 219.90        | 65.60               |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 350.73        | 534.60        | 242.20        | 135.83              |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 341.08        | 396.90        | 314.90        | 37.62               |
|       |                               | <b>333.82</b> | <b>534.60</b> | <b>219.90</b> | <b>65.66</b>        |

El peso de raíces por planta promedio fue de 333.82 g, valor superior al obtenido por Giron y Martínez (2012), quienes lograron 265.18 g para compost más bocashi y 205.26 g para compost más lombriabono. Por otro lado, es largamente superior

al obtenido por Gregorio (2 010) quien obtuvo 43.7 g para compost comercial y 42.9 g para compost de origen vegetal.

El peso máximo registrado fue de 534.6 g por planta y corresponde al tratamiento suelo agrícola y 5 ml A + 2 ml B /litro de agua de solución nutritiva, el peso mínimo observado fue de 219.9 g/planta y corresponde al tratamiento suelo agrícola y 0 ml A + 0 ml B / litro de agua de solución nutritiva. La desviación estándar del total de datos fue de 65.66

Gráfico 7: Peso de raíz por planta (g/planta)



Tabla 10: Cuadro auxiliar AXD

| Abono (A)      | Dosis (D)      |                |                | $\Sigma y_i..$   | Promedio |
|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------|
|                | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> |                  |          |
| a <sub>1</sub> | 1,420.80       | 1,352.10       | 1,312.80       | 4,085.70         | 340.48   |
| a <sub>2</sub> | 1,296.80       | 1,207.80       | 1,516.20       | 4,020.80         | 335.07   |
| a <sub>3</sub> | 1,143.90       | 1,402.90       | 1,364.30       | 3,911.10         | 325.93   |
| $\Sigma y.j.$  | 3,861.50       | 3,962.80       | 4,193.30       | <b>12,017.60</b> |          |
| Prom.          | 321.79         | 330.23         | 349.44         |                  | 333.82   |

Tabla 11: Análisis de varianza

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | F. tabular |      | Significancia |        |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|------------|------|---------------|--------|
|                        |                    |                   |                |             | 0.05       | 0.01 | 0.05          | 0.01   |
| Bloques                | 3                  | 6054.74000000     | 2018.24666667  | 0.40        | 3.01       | 4.72 | NS            | NS     |
| Abono                  | 2                  | 1298.09055556     | 649.04527778   | 0.13        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS     |
| Dosis                  | 2                  | 4818.97722222     | 2409.48861111  | 0.48        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS     |
| Abono x Dosis          | 4                  | 19034.62444444    | 4758.65611111  | 0.95        | 2.78       | 4.22 | NS            | NS     |
| Error                  | 24                 | 119687.87000000   | 4986.99458333  |             |            |      |               |        |
| Total                  | 35                 | 150894.30222222   |                |             |            |      | CV            | 21.15% |

El análisis de varianza indica que no existe efecto de la fuente de abonamiento sobre el peso de raíces por planta, puesto que no existen diferencias significativas al 95 y 99% de confianza entre los niveles evaluados. La dosis de solución nutritiva La Molina evaluada no presenta diferencias significativas al 95 y 99% de probabilidad, por tanto, la dosis de solución nutritiva no afecta el peso de raíces por planta. Finalmente, no existe interacción entre los niveles de los factores fuente de abonamiento orgánico y los niveles de solución nutritiva, puesto que no existen diferencias significativas al 95 y 99% de confianza.

Los resultados anteriores difieren del obtenido por Gregorio (2 010), quien encontró diferencias significativas entre los tratamientos compost de origen vegetal y animal y el testigo. Igual ocurre con los resultados obtenidos por Girón y Martínez (2 012), quienes encontraron diferencias significativas entre los tratamientos compost más bocashi y compost más lombriabono y solamente compost.

### 6.1.3. Peso fresco de residuos de cosecha por planta

Tabla 12: Peso fresco de residuos de cosecha por planta (g/planta)

| Clave | Tratamiento                   | Bloques |        |        |        |
|-------|-------------------------------|---------|--------|--------|--------|
|       |                               | I       | II     | III    | IV     |
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 170.40  | 180.00 | 274.10 | 212.00 |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 195.60  | 187.60 | 222.50 | 214.10 |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 229.30  | 269.80 | 201.40 | 201.90 |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 191.90  | 188.70 | 211.80 | 143.20 |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 145.70  | 156.00 | 191.40 | 236.00 |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 155.80  | 288.30 | 157.50 | 215.20 |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 170.40  | 202.10 | 131.20 | 180.10 |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 172.50  | 201.00 | 152.60 | 188.40 |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 179.30  | 216.20 | 225.70 | 193.70 |



Tabla 13: Promedio de peso fresco de residuos de cosecha por planta (g/planta)

| Clave | Tratamiento                   | Promedio      | Máximo        | Mínimo        | Desviación estándar |
|-------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 209.13        | 274.10        | 170.40        | 46.83               |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 204.95        | 222.50        | 187.60        | 16.13               |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 225.60        | 269.80        | 201.40        | 32.22               |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 183.90        | 211.80        | 143.20        | 28.99               |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 182.28        | 236.00        | 145.70        | 40.82               |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 204.20        | 288.30        | 155.80        | 62.50               |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 170.95        | 202.10        | 131.20        | 29.63               |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 178.63        | 201.00        | 152.60        | 20.90               |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 203.73        | 225.70        | 179.30        | 21.10               |
|       |                               | <b>195.93</b> | <b>288.30</b> | <b>131.20</b> | <b>35.88</b>        |

El peso fresco de residuos de cosecha promedio fue de 195.93 g/planta, el peso máximo registrado fue de 288.30 g/planta y corresponde al tratamiento compost y 10 ml A + 4 ml B / litro de agua de solución nutritiva, el peso mínimo registrado fue de 131.2 g/planta y corresponde al tratamiento suelo agrícola y 0 ml A + 0 ml B / litro de agua de solución nutritiva La Molina.

Gráfico 8: Peso fresco de residuos de cosecha por planta (g/planta)

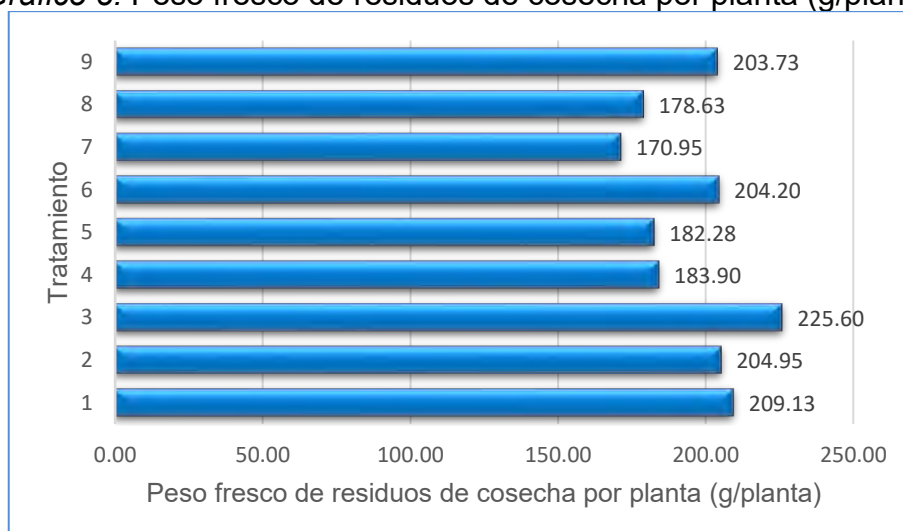


Tabla 14: Cuadro auxiliar AXD

| Abono (A)         | Dosis (D)      |                |                | Σy <sub>i..</sub> | Promedio |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------|
|                   | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> |                   |          |
| a <sub>1</sub>    | 836.50         | 819.80         | 902.40         | 2,558.70          | 213.23   |
| a <sub>2</sub>    | 735.60         | 729.10         | 816.80         | 2,281.50          | 190.13   |
| a <sub>3</sub>    | 683.80         | 714.50         | 814.90         | 2,213.20          | 184.43   |
| Σy <sub>.j.</sub> | 2,255.90       | 2,263.40       | 2,534.10       | <b>7,053.40</b>   |          |
| Prom.             | 187.99         | 188.62         | 211.18         |                   | 195.93   |

Tabla 15: Análisis de varianza

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | F. tabular |      | Significancia |        |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|------------|------|---------------|--------|
|                        |                    |                   |                |             | 0.05       | 0.01 | 0.05          | 0.01   |
| Bloques                | 3                  | 4408.93444444     | 1469.64481481  | 1.15        | 3.01       | 4.72 | NS            | NS     |
| Abono                  | 2                  | 5579.86055556     | 2789.93027778  | 2.19        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS     |
| Dosis                  | 2                  | 4186.94388889     | 2093.47194444  | 1.64        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS     |
| Abono x Dosis          | 4                  | 311.49777778      | 77.87444444    | 0.06        | 2.78       | 4.22 | NS            | NS     |
| Error                  | 24                 | 30581.77555556    | 1274.24064815  |             |            |      |               |        |
| Total                  | 35                 | 45069.01222222    |                |             |            |      | CV            | 18.22% |

La fuente de abonamiento orgánico utilizado no afecta el peso fresco de residuos de cosecha por planta, ya que, no existen diferencias significativas al 95 y 99% de probabilidad entre los niveles del factor, igual sucede con las dosis de solución nutritiva La Molina, al no existir diferencias estadísticas al 95 y 99% de probabilidad entre los niveles evaluados, finalmente no se presenta interacción entre fuente de abonamiento orgánico y las dosis de solución nutritiva al no existir diferencias estadísticas al 95 y 99%, tal como indica el análisis de varianza.

Los resultados obtenidos difieren del obtenido por Gregorio (2010) quien encontró diferencias significativas entre los factores de compost de origen vegetal y de origen animal y el testigo.

## 6.2. Altura de planta

Tabla 16: Altura de planta (cm)

| Clave | Tratamiento                   | Bloques |       |       |       |
|-------|-------------------------------|---------|-------|-------|-------|
|       |                               | I       | II    | III   | IV    |
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 35.00   | 37.00 | 34.00 | 42.00 |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 41.00   | 40.00 | 36.00 | 40.00 |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 39.00   | 36.50 | 35.50 | 39.00 |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 35.00   | 33.50 | 34.50 | 34.40 |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 35.00   | 36.00 | 34.00 | 36.40 |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 32.00   | 46.00 | 36.00 | 40.00 |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 36.50   | 46.00 | 34.00 | 34.00 |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 36.50   | 45.00 | 35.00 | 36.50 |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 34.50   | 36.00 | 39.00 | 36.00 |

Tabla 17: Promedio de altura de planta (cm)

| Clave | Tratamiento                   | Promedio     | Máximo       | Mínimo       | Desviación estándar |
|-------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 37.00        | 42.00        | 34.00        | 3.56                |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 39.25        | 41.00        | 36.00        | 2.22                |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 37.50        | 39.00        | 35.50        | 1.78                |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 34.35        | 35.00        | 33.50        | 0.62                |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 35.35        | 36.40        | 34.00        | 1.08                |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 38.50        | 46.00        | 32.00        | 5.97                |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 37.63        | 46.00        | 34.00        | 5.71                |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 38.25        | 45.00        | 35.00        | 4.56                |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 36.38        | 39.00        | 34.50        | 1.89                |
|       |                               | <b>37.13</b> | <b>46.00</b> | <b>32.00</b> | <b>3.47</b>         |

La altura de planta promedio es de 37.13 cm, este valor es inferior al obtenido por Ibañez (2 014), quien registró 41.5 cm para el tratamiento compost, y es similar al obtenido por Girón y Martínez (2 012) quienes registraron 37.88 cm para el tratamiento compost más bocashi.

El valor máximo 46.0 cm, fue registrado para los tratamientos compost y 10 ml A + 4 ml B / litro de agua y suelo agrícola x 0 ml A + 0 ml B / litro de agua de solución nutritiva La Molina, el valor mínimo 32.0 cm fue registrado para el tratamiento compost x 10 ml A + 4 ml B / litro de agua de solución nutritiva. La desviación estándar para los datos fue de 3.47.

Gráfico 9: Altura de planta (cm)

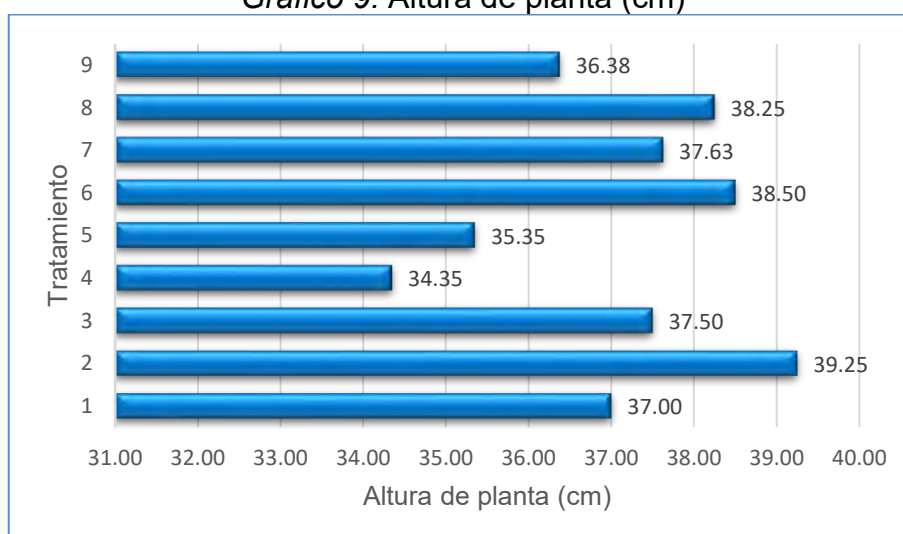


Tabla 18: Cuadro auxiliar AXD

| Abono (A)      | Dosis (D)      |                |                | $\Sigma y_i..$  | Promedio |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------|
|                | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> |                 |          |
| a <sub>1</sub> | 148.00         | 157.00         | 150.00         | 455.00          | 37.92    |
| a <sub>2</sub> | 137.40         | 141.40         | 154.00         | 432.80          | 36.07    |
| a <sub>3</sub> | 150.50         | 153.00         | 145.50         | 449.00          | 37.42    |
| $\Sigma y.j.$  | 435.90         | 451.40         | 449.50         | <b>1,336.80</b> |          |
| Prom.          | 36.33          | 37.62          | 37.46          |                 | 37.13    |

Tabla 19: Análisis de varianza

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | F. tabular |      | Significancia |       |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|------------|------|---------------|-------|
|                        |                    |                   |                |             | 0.05       | 0.01 | 0.05          | 0.01  |
| Bloques                | 3                  | 94.28666667       | 31.42888889    | 3.01        | 3.01       | 4.72 | NS            | NS    |
| Abono                  | 2                  | 21.98000000       | 10.99000000    | 1.05        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS    |
| Dosis                  | 2                  | 11.91166667       | 5.95583333     | 0.57        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS    |
| Abono x Dosis          | 4                  | 44.07333333       | 11.01833333    | 1.06        | 2.78       | 4.22 | NS            | NS    |
| Error                  | 24                 | 250.22833333      | 10.42618056    |             |            |      |               |       |
| Total                  | 35                 | 422.48000000      |                |             |            |      | CV            | 8.70% |

La altura de planta no se ve afectado por la fuente de abonamiento orgánico, al no existir diferencias estadísticas al 95 y 99% de probabilidad entre los niveles evaluados, tampoco se ve afectado por la dosis de la solución nutritiva La Molina, puesto que no existen diferencias significativas al 95 y 99% entre los niveles evaluados, finalmente no existe interacción entre las fuentes de abonamiento orgánico y los niveles de solución nutritiva, puesto que no existen diferencias estadísticas al 95 y 99% de confianza.

Los resultados anteriores son similares al obtenido por Ibañez (2 014) quien tampoco encontró diferencias significativas para altura de planta, entre los tratamientos compost, estiércol de cuy, estiércol y de ovino y testigo; sin embargo, difiere de los resultados encontrados por Girón y Martínez (2 012) quienes encontraron diferencias significativas entre los tratamientos compost más bocashi y compost más lombriabono.

### 6.3. Número de hojas por planta

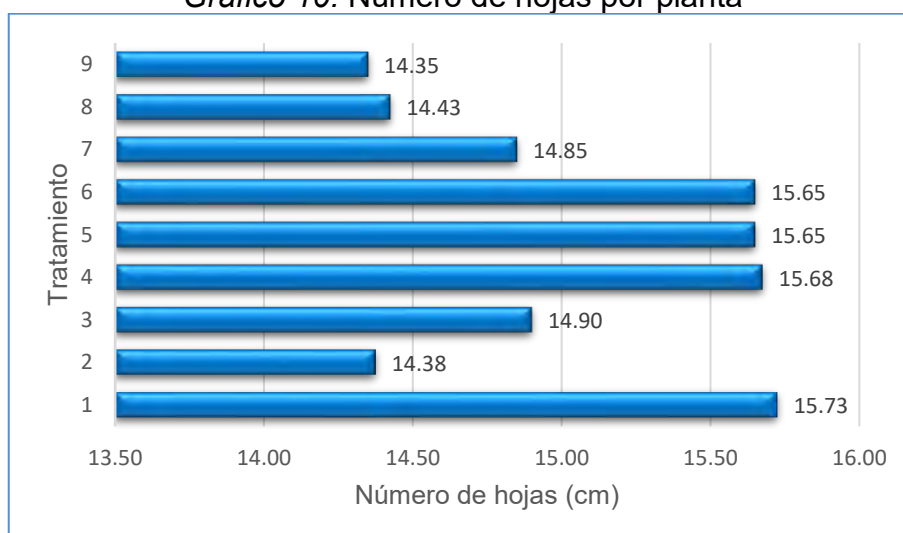
Tabla 20: Número de hojas por planta

| Clave | Tratamiento                   | BLOQUES |       |       |       |
|-------|-------------------------------|---------|-------|-------|-------|
|       |                               | I       | II    | III   | IV    |
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 18.00   | 20.60 | 13.20 | 11.10 |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 16.40   | 15.90 | 13.50 | 11.70 |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 19.10   | 16.40 | 12.30 | 11.80 |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 21.60   | 17.60 | 13.40 | 10.10 |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 19.90   | 14.80 | 16.60 | 11.30 |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 16.70   | 20.10 | 14.40 | 11.40 |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 18.60   | 17.20 | 12.10 | 11.50 |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 16.90   | 18.20 | 11.50 | 11.10 |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 15.10   | 15.70 | 14.10 | 12.50 |

Tabla 21: Promedio de número de hojas por planta

| Clave | Tratamiento                   | Promedio     | Máximo       | Mínimo       | Desviación estándar |
|-------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 15.73        | 20.60        | 11.10        | 4.35                |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 14.38        | 16.40        | 11.70        | 2.19                |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 14.90        | 19.10        | 11.80        | 3.48                |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 15.68        | 21.60        | 10.10        | 5.00                |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 15.65        | 19.90        | 11.30        | 3.59                |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 15.65        | 20.10        | 11.40        | 3.68                |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 14.85        | 18.60        | 11.50        | 3.58                |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 14.43        | 18.20        | 11.10        | 3.65                |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 14.35        | 15.70        | 12.50        | 1.40                |
|       |                               | <b>15.07</b> | <b>21.60</b> | <b>10.10</b> | <b>3.20</b>         |

Gráfico 10: Número de hojas por planta



El número de hojas por planta promedio fue de 15.07, el valor máximo obtenido fue de 21.60 y corresponde al tratamiento compost y 0 ml A + 0 ml B / litro de agua de

solución nutritiva La Molina, el valor mínimo registrado fue de 10.10 y corresponde también al tratamiento compost y 0 ml A + 0 ml B / litro de agua. La desviación estándar de todos los datos registrados fue de 3.2.

Tabla 22: Cuadro auxiliar AXD

| Abono (A)       | Dosis (D)      |                |                | $\Sigma y_{i..}$ | Promedio |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------|
|                 | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> |                  |          |
| a <sub>1</sub>  | 62.90          | 57.50          | 59.60          | 180.00           | 15.00    |
| a <sub>2</sub>  | 62.70          | 62.60          | 62.60          | 187.90           | 15.66    |
| a <sub>3</sub>  | 59.40          | 57.70          | 57.40          | 174.50           | 14.54    |
| $\Sigma y_{.j}$ | 185.00         | 177.80         | 179.60         | <b>542.40</b>    |          |
| Prom.           | 15.42          | 14.82          | 14.97          |                  | 15.07    |

Tabla 23: Análisis de varianza

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | F. tabular |      | Significancia |        |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|------------|------|---------------|--------|
|                        |                    |                   |                |             | 0.05       | 0.01 | 0.05          | 0.01   |
| Bloques                | 3                  | 272.84000000      | 90.94666667    | 2.94        | 3.01       | 4.72 | NS            | NS     |
| Abono                  | 2                  | 7.56166667        | 3.78083333     | 1.24        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS     |
| Dosis                  | 2                  | 2.34000000        | 1.17000000     | 0.39        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS     |
| Abono x Dosis          | 4                  | 1.94833333        | 0.48708333     | 0.16        | 2.78       | 4.22 | NS            | NS     |
| Error                  | 24                 | 72.91000000       | 3.03791667     |             |            |      |               |        |
| Total                  | 35                 | 357.60000000      |                |             |            |      | CV            | 11.57% |

El número de hojas de la planta no es afectado por la fuente de abonamiento, puesto que no existen diferencias estadísticas al 95 y 99% de confianza entre los niveles evaluados, igual sucede con la dosis de solución nutritiva La Molina, al no existir diferencias significativas al 95 y 99% de probabilidad entre los niveles evaluados. No existe interacción entre fuente de abonamiento y dosis de solución nutritiva, al no existir diferencias estadísticas al 95 y 99% de probabilidad para la interacción, tal como indica el análisis de varianza.

## 6.4. Longitud de raíz

Tabla 24: Longitud de raíz (cm)

| Clave | Tratamiento                   | Bloques |       |       |       |
|-------|-------------------------------|---------|-------|-------|-------|
|       |                               | I       | II    | III   | IV    |
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 24.50   | 22.90 | 22.80 | 20.30 |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 22.00   | 20.30 | 23.60 | 20.00 |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 22.30   | 21.90 | 19.10 | 19.20 |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 20.30   | 21.00 | 19.20 | 17.60 |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 21.90   | 21.70 | 18.70 | 18.40 |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 20.50   | 21.80 | 17.00 | 19.00 |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 24.40   | 21.50 | 22.20 | 19.40 |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 20.50   | 20.60 | 21.90 | 19.60 |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 18.60   | 20.70 | 21.80 | 21.70 |

Tabla 25: Promedio de longitud de raíz (cm)

| Clave | Tratamiento                   | Promedio     | Máximo       | Mínimo       | Desviación estandar |
|-------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 22.63        | 24.50        | 20.30        | 1.73                |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 21.48        | 23.60        | 20.00        | 1.67                |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 20.63        | 22.30        | 19.10        | 1.71                |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 19.53        | 21.00        | 17.60        | 1.48                |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 20.18        | 21.90        | 18.40        | 1.88                |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 19.58        | 21.80        | 17.00        | 2.06                |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 21.88        | 24.40        | 19.40        | 2.06                |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 20.65        | 21.90        | 19.60        | 0.95                |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 20.70        | 21.80        | 18.60        | 1.49                |
|       |                               | <b>20.80</b> | <b>24.50</b> | <b>17.00</b> | <b>1.79</b>         |

La longitud de raíz promedio obtenido fue de 20.80 cm, este valor es superior al obtenido por Ibañez (2014) quien registró 16.6 cm para estiércol de cuy y 15.1 cm para compost.

La longitud de raíz máxima fue de 24.5 cm y corresponde al tratamiento humus de lombriz y 0 ml A + 0 ml B / litro de agua de solución nutritiva La Molina, la longitud mínima de 17.0 cm fue registrada para el tratamiento compost y 10 ml A + 4 ml B / litro de agua de solución nutritiva. La desviación estándar de los datos registrados fue de 1.79.

Gráfico 11: Longitud de raíz (cm)

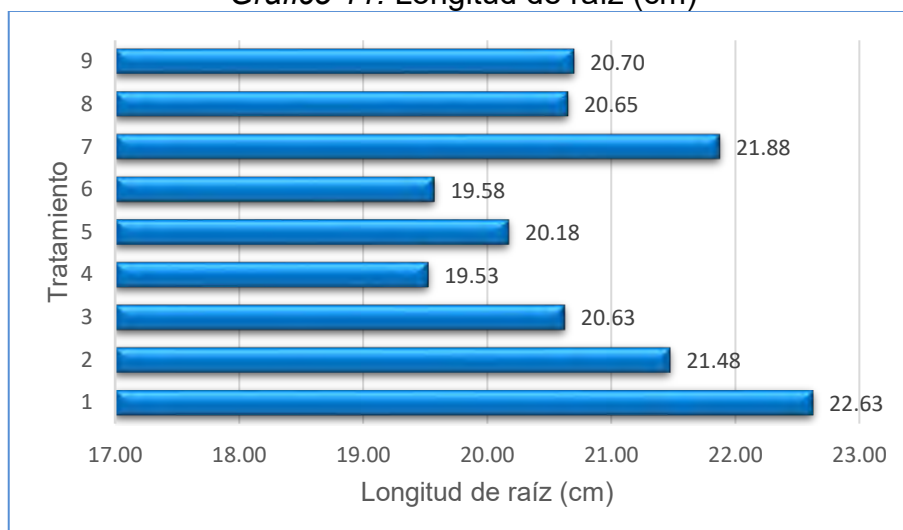


Tabla 26: Cuadro auxiliar AXD

| Abono (A)       | Dosis (D)      |                |                | $\Sigma y_{i..}$ | Promedio |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------|
|                 | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> |                  |          |
| a <sub>1</sub>  | 90.50          | 85.90          | 82.50          | 258.90           | 21.58    |
| a <sub>2</sub>  | 78.10          | 80.70          | 78.30          | 237.10           | 19.76    |
| a <sub>3</sub>  | 87.50          | 82.60          | 82.80          | 252.90           | 21.08    |
| $\Sigma y_{.j}$ | 256.10         | 249.20         | 243.60         | <b>748.90</b>    |          |
| Prom.           | 21.34          | 20.77          | 20.30          |                  | 20.80    |

Tabla 27: Análisis de varianza

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | F. tabular |      | Significancia |       |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|------------|------|---------------|-------|
|                        |                    |                   |                |             | 0.05       | 0.01 | 0.05          | 0.01  |
| Bloques                | 3                  | 25.85416667       | 8.61805556     | 3.95        | 3.01       | 4.72 | S             | NS    |
| Abono                  | 2                  | 21.13555556       | 10.56777778    | 4.84        | 3.40       | 5.61 | S             | NS    |
| Dosis                  | 2                  | 6.53388889        | 3.26694444     | 1.50        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS    |
| Abono x Dosis          | 4                  | 6.41777778        | 1.60444444     | 0.74        | 2.78       | 4.22 | NS            | NS    |
| Error                  | 24                 | 52.34833333       | 2.18118056     |             |            |      |               |       |
| Total                  | 35                 | 112.28972222      |                |             |            |      | CV            | 7.10% |

El análisis de varianza indica que al 95% de probabilidad existen diferencias significativas entre los niveles de fuente de abonamiento orgánico, sin embargo, a un nivel de confianza de 99% no existen diferencias estadísticas, la dosis de solución nutritiva La Molina no afecta la longitud de raíz puesto que no existen diferencias significativas al 95 y 99% de probabilidad entre los niveles evaluados. No existe interacción entre las fuentes de abonamiento orgánico y los niveles de solución nutritiva puesto que no existen diferencias estadísticas al 95 y 99%.



Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos por Ibañez (2 014) quien tampoco encontró diferencias significativas para longitud de raíz entre sus tratamientos compost, estiércol de cuy, estiércol de ovino y testigo.

## 6.5. Diámetro de raíz

Tabla 28: Diámetro de raíz (cm)

| Clave | Tratamiento                   | Bloques |      |      |      |
|-------|-------------------------------|---------|------|------|------|
|       |                               | I       | II   | III  | IV   |
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 8.48    | 8.73 | 9.38 | 8.24 |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 8.76    | 8.12 | 8.65 | 9.35 |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 8.75    | 8.89 | 8.31 | 8.38 |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 9.31    | 9.15 | 8.79 | 7.59 |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 8.66    | 8.49 | 8.95 | 8.23 |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 8.67    | 9.88 | 8.30 | 8.01 |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 9.07    | 7.51 | 7.62 | 8.13 |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 10.30   | 8.57 | 7.52 | 7.74 |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 8.47    | 8.54 | 7.87 | 8.22 |

Tabla 29: Promedio del diámetro de raíz (cm)

| Clave | Tratamiento                   | Promedio    | Máximo       | Mínimo      | Desviación estándar |
|-------|-------------------------------|-------------|--------------|-------------|---------------------|
| 1     | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | 8.71        | 9.38         | 8.24        | 0.49                |
| 2     | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | 8.72        | 9.35         | 8.12        | 0.50                |
| 3     | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | 8.58        | 8.89         | 8.31        | 0.28                |
| 4     | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | 8.71        | 9.31         | 7.59        | 0.78                |
| 5     | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | 8.58        | 8.95         | 8.23        | 0.30                |
| 6     | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | 8.72        | 9.88         | 8.01        | 0.82                |
| 7     | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | 8.08        | 9.07         | 7.51        | 0.71                |
| 8     | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | 8.53        | 10.30        | 7.52        | 1.26                |
| 9     | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> | 8.27        | 8.54         | 7.87        | 0.30                |
|       |                               | <b>8.54</b> | <b>10.30</b> | <b>7.51</b> | <b>0.63</b>         |

El diámetro promedio de raíz registrado fue de 8.54 cm, este valor es superior al encontrado por Gregorio (2 010) quien registró 3.6 cm para compost de origen animal y 3.5 cm para compost de origen vegetal; es también superior al registrado por Ibañez (2 014) con 4.98 cm para estiércol de ovino y 4.73 cm para compost, y es un valor cercano al registrado por Girón y Martínez (2 012) quienes observaron 7.72 cm para compost más bocashi.

El diámetro máximo de raíz registrado fue de 10.30 cm y corresponde al tratamiento suelo agrícola y 5 ml A + 2 ml B / litro de agua de solución nutritiva, el diámetro mínimo encontrado de 7.51 cm corresponde al tratamiento suelo agrícola y 0 ml A + 0 ml B / litro de agua de solución nutritiva La Molina. La desviación estándar de los datos registrados fue de 0.63.

Gráfico 12: Diámetro de raíz (cm)

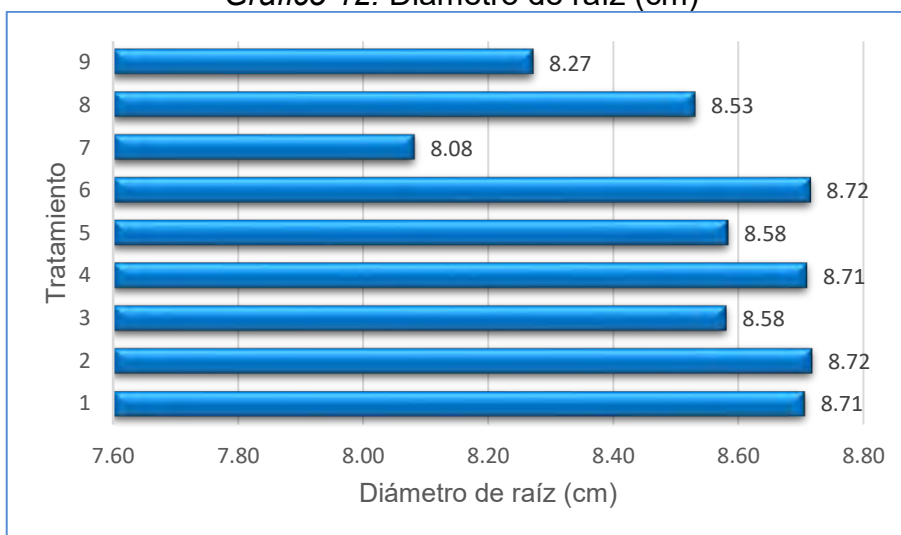


Tabla 30: Cuadro auxiliar AXD

| Abono (A)       | Dosis (D)      |                |                | $\Sigma y_{i..}$ | Promedio |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------|
|                 | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> |                  |          |
| a <sub>1</sub>  | 34.82          | 34.87          | 34.32          | 104.02           | 8.67     |
| a <sub>2</sub>  | 34.84          | 34.33          | 34.86          | 104.03           | 8.67     |
| a <sub>3</sub>  | 32.33          | 34.12          | 33.09          | 99.54            | 8.29     |
| $\Sigma y_{.j}$ | 101.99         | 103.33         | 102.27         | <b>307.58</b>    |          |
| Prom.           | 8.50           | 8.61           | 8.52           |                  | 8.54     |

Tabla 31: Análisis de varianza

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | F. tabular |      | Significancia |       |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|------------|------|---------------|-------|
|                        |                    |                   |                |             | 0.05       | 0.01 | 0.05          | 0.01  |
| Bloques                | 3                  | 2.77501900        | 0.92500633     | 2.31        | 3.01       | 4.72 | NS            | NS    |
| Abono                  | 2                  | 1.11926939        | 0.55963469     | 1.40        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS    |
| Dosis                  | 2                  | 0.08304706        | 0.04152353     | 0.10        | 3.40       | 5.61 | NS            | NS    |
| Abono x Dosis          | 4                  | 0.41445544        | 0.10361386     | 0.26        | 2.78       | 4.22 | NS            | NS    |
| Error                  | 24                 | 9.60265300        | 0.40011054     |             |            |      |               |       |
| Total                  | 35                 | 13.99444389       |                |             |            |      | CV            | 7.40% |

El diámetro de raíz no se ve afectado por la fuente de abonamiento orgánico, ya que no existen diferencias significativas al 95 y 99% de probabilidad entre los niveles evaluados; tampoco es afectado por la solución nutritiva, al no existir

diferencias estadísticas al 95 y 99% entre los niveles evaluados; finalmente no existe interacción entre las fuentes de abonamiento y los niveles de la solución nutritiva La Molina, puesto que no existen diferencias significativas al 95 y 99% para la interacción.

Este resultado es similar al obtenido por Ibañez (2 014) quien no encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos compost, estiércol de cuy, estiércol de ovino y testigo, similar al encontrado por Girón y Martínez (2 012) quienes no encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos compost más bocashi, compost más lombriabono y compost. Sin embargo, es diferente al obtenido por Gregorio (2 010) quien determino diferencias estadísticas entre sus tratamientos de compost de origen animal, compost de origen vegetal y testigo.

## VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

### CONCLUSIONES

Las características agrobotánicas: Altura de planta y Número de hojas por planta no se ven afectados por la aplicación de la solución nutritiva y abonos orgánicos compost y humus de lombriz al no existir diferencias significativas entre los niveles evaluados al 95% y 99% de probabilidad entre los promedios de los tratamientos y el promedio del testigo.

De igual manera el diámetro y la longitud de raíz no se ven afectados por la aplicación de la solución nutritiva y los abonos orgánicos compost y humus de lombriz al no existir diferencias significativas al 95% y 99% de probabilidad entre los promedios de los tratamientos y el promedio del testigo.

La aplicación de la solución nutritiva y abonos orgánicos compost y humus de lombriz no afectó al rendimiento obtenido con un promedio general de peso de raíz por hectárea de 22.5 t/ha, siendo el promedio máximo de 35.64 t/ha que corresponde al tratamiento número 8 (suelo agrícola x 5 ml A + 2 ml B / litro de agua), mientras que el promedio mínimo obtenido corresponde al tratamiento número 7 (suelo agrícola x 0 ml A + 0 ml B / litro de agua), puesto que, no existen diferencias significativas al 95% y 99% de probabilidad entre los promedios obtenidos.

## **SUGERENCIAS**

1. Continuar con la investigación en abonos orgánicos considerando niveles y nuevas fuentes tales como guano de isla, gallinaza y compost con estiércol de animales domésticos.
2. Se sugiere investigar con diferentes variedades de beterraga y otras fuentes de abonamiento.
3. Investigar el efecto de la solución nutritiva aplicado a otras partes de la planta (tallos, hojas, etc) en diferentes variedades de beterraga.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior. (2002). *Guía de lombricultura*. La Rioja, Argentina: ADEX. Recuperado de: <https://www.biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>.
2. Agrios, N. (1996). *Fitopatología*. México: Limusa, S.A.
3. Alvarado, J., Avila, E., Camarillo, M., Ochoa, X., & Zamarripa, A. (2011). *Producción de remolacha azucarera en el valle de Mexicali, B.C.* Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Recuperado de <https://www.compucampo.com/tecnicos/produccion-remolachaazucarera-mexicali.pdf>.
4. André, G. (1971). *Abonos Guía práctica de la fertilidad*. Madrid - España: Editorial Mundi - Prensa.
5. Baca, E. (2015). *Influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos en el crecimiento y desarrollo en beterraga (Beta vulgaris L.) en condiciones de invernadero*. Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Recuperado de: [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3063/1/RE\\_ING.AGRON\\_ERICKSON.BACA\\_ACIDOS.HUMICOS\\_DATOS.PDF](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3063/1/RE_ING.AGRON_ERICKSON.BACA_ACIDOS.HUMICOS_DATOS.PDF).
6. Beltrano, J., & Gimenez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía*. Buenos Aires - Argentina: Facultad de Ciencias Forestales - Universidad Nacional De La Plata. Recuperado de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1).
7. Cañedo, V., Alfaro, A., & Kroschel, J. (2011). *Manejo integrado de las plagas de insectos en hortalizas, principios y referencias técnicas para la Sierra Central del Perú*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa. Recuperado de: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/66352/75049.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
8. Carbajal, J. (2018). *Efecto de dosis de soluciones nutritivas en la producción de ajo (Allium sativum L.) mediante la técnica del cultivo acolchado plástico, Káyra, Cusco*. Tesis pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.
9. Carrancio, L., Vita, E., Mondino, M., Longo, A., Grasso, R., & Ortiz, M. (2014). *Descripción e identificación de plagas en cultivos hortícolas*. Santa Fé,

- Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de: <http://blog.fcagr.unr.edu.ar/new/wp-content/uploads/2014/08/insectos-plaga.pdf>.
10. Castillo, C. (2004). *Cultivo de beterraga en la costa central*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Recuperado de: [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/1018/1/Castillo-cultivo\\_%20betarraga\\_en\\_costa\\_central.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/1018/1/Castillo-cultivo_%20betarraga_en_costa_central.pdf).
  11. Cerna, L. (2011). *Manual de olericultura*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego. Recuperado de [http://www.upao.edu.pe/fondoeditorial/pdf/manual\\_olericultura.pdf](http://www.upao.edu.pe/fondoeditorial/pdf/manual_olericultura.pdf).
  12. Cronquist, A. (1981). *An integrated System of classification of flowering plants*. New York, Estados Unidos : Columbia Universty Press.
  13. Demanet, R., & Canales, C. (2020). *Manual remolacha forrajera*. Temuco, Chile: Watts, Universidad de la Frontera. Recuperado de: <https://www.aproval.cl/manejador/resources/manual-remolacha-forrajera.pdf>.
  14. Diaz, N. (2006). *Prácticas de horticultura ecológica*. Madrid, España: Junta de Castilla y León. Recuperado de: <https://www.ecoagricultor.com/wp-content/uploads/2014/06/practicas-de-horticultura-ecologica.pdf>.
  15. Domnquez, A. (1997). *Tratado de fertilización*. Barcelona, España: Ed. Mundi prensa.
  16. Estrada, M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación*. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf>, 2(1).
  17. Felix, J., Sañudo, R., Rojo, G., Martinez, R., & Olalde, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Revista Ximhai*. Recuperado de. <http://revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/viewFile/6955/6463>, 4(1).
  18. Garcia, F. (2009). *Quenopodiáceas*. (U. P. Valencia, Ed.) Valencia, España. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas%20PDF/Quenopodi%C3%A1ceas.pdf
  19. Garcia, G. (2013). *Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de maíz amilaceo blanco*. Cusco, Perú: Agrobanco. Recuperado de: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/022-d-mab.pdf>.

20. Garcia-Serrano, P., Lucena, J., Ruano, S., & Nogales, M. (2009). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Recuperado: [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01\\_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)\\_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm30-57890.pdf).
21. Garro, J. (2016). *El suelo y los abonos orgánicos*. San Jose, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>.
22. Giron, C., & Martinez, C. (2012). *uencia de la aplicación de Bocashi y lombriabono en el rendimiento de calabacín (Cucurbita pepo L.), espinaca (Spinacea oleracea L.), lechuga (Lactuca sativa L.) y remolacha (Beta vulgaris L.) bajo el método de cultivo biointensivo, San Ignacio, Chalaten*. Tesis de pregrado , Universidad Del Salvador , El Salvador. Recuperado de. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1588/1/13101291T.pdf>.
23. Gordo, L. (2003). *La calidad tecnológica de la remolacha azucarera*. Valladolid, España: Ed. Artes gráficas.
24. Gregorio, J. (2010). *Producción orgánica de betabel (Beta vulgaris L.) Evaluación de variedades y efecto de dos compostas*. Tesis de pregrado , Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Recuperdo de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6392/T17946%20GREGORIO%20MENDEZ,%20JUDITH%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1>.
25. Guitierrez, H., Pensiero, J., & Luchetti. (2020). Principales sistemas de clasificación. En H. Gutierrez (Ed.), *Botánica sistemática de las plantas con semillas*. Santa Fé, Argentina: Universidad Nacional del Litoral.
26. Gutierrez, H. (2020). *Botanica sistemática de las plantas con semilla, principales familias de Dicotiledoneas*. Santa Fe, Argentina: Universidad Nacional del Litoral. Recuperado de: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/5532/botanicasistemica3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
27. Ibañez, I. (2014). *Evaluación del efecto de tres abonos orgánicos en el comportamiento agronómico de dos variedades de beterraga (Beta vulgaris) en el municipio de Patacamaya*. Tesis de pregrado , Universidad



- Mayor de San Andres , La Paz, Bolivia. Recuperado de:  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5367/T-1966.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
28. Instituto Colombiano Agropecuario. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas - medidas para la temporada invernal*. Bogota, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado de:  
<https://www.ica.gov.co/getattachment/bb883b42-80da-4ae5-851f-4db05edf581b/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-hortalizas.aspx>.
29. Japón, J. (1985). *Cultivo extensivo de la remolacha de mesa*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado de:  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1984\\_18.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1984_18.pdf).
30. Kehr, E., Tropa, S., & Lagos, J. (2104). *Aspectos generales para el cultivo de betarraga (Beta vulgaris L. var. Crassa)*. Osorno, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado de:  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1984\\_18.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1984_18.pdf).
31. Lopez, L. (2009). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España - Parte II: Abonado de los principales cultivos en España*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino. Recuperado de: <https://www.lgseeds.es/media/guia-practica-fertilizacion-cultivos-ii.pdf>.
32. Marqués, M., & Urquiaga, R. (2005). *Manual del buen compostador*. Madrid, España: Grupo de Acción para el Medio Ambiente. Recuperado de <https://www.asociaciongrama.org/documentacion/manuales/Manual%20del%20Buen%20Compostador%20GRAMA.pdf>.
33. Melendez, G., & Molina, E. (2003). *Fertilizantes: características y manejo*. Costa Rica: Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Recuperado de:  
<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizantes.pdf>.
34. Mildford, G. (1973). *The growth and development of the storage root of sugar beet*. S/C: Ann Appl Biol .
35. Morales, J. (1995). *Cultivo de remolacha*. Santo Domingo: Fundación de Desarrollo Agropecuario. Recuperado de:  
<http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/remolacha.pdf>.

36. Morillo, R. (2011). *Necesidades de agua de la remolacha azucarera*. Castilla y León, España: AIMCRA.
37. Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos, Protegen el suelo y garantizan alimentación sana*. Quito, Ecuador: Fondo para la Protección del Agua. Recuperado de: [http://www.fonag.org.ec/doc\\_pdf/abonos\\_organicos.pdf](http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf).
38. Perez, J. (2014). *Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/77269283.pdf>.
39. Picado, J., & Añasco, A. (2005). *Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos*. San Jose, Costa Rica : Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense .
40. Poehlman, J. (1970). *Mejoramiento genético de las cosechas*. Zaragoza, España: Editorial Limusa-Wiley.
41. Quiroga, A., & Bono, A. (2012). *Manual de fertilidad y evaluación de suelos*. La Pampa, Argentina. Recuperado de: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_pt\\_89\\_manual\\_de\\_fertilidad\\_1\\_\\_1\\_.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_pt_89_manual_de_fertilidad_1__1_.pdf): Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
42. Rojas, C., Vasquez, R., Paza, P., & Espejo, E. (31 de Diciembre de 2018). Desarrollo de la remolacha azucarera y de la remolacha forrajera *Beta vulgaris* L. (Amaranthaceae) sembradas directamente en zonas alto andinas del Perú. *Arnaldoa*, 25(3). doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25311>
43. Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor Experiencias en América Latina*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.
44. Rossini, M., Azar, G., Iglesias, N., Giayetto, A., Azpilicueta, C., Gonzales, M., . . . Ruíz, C. (2010). *Enfermedades de mayor importancia de los principales cultivos hortícolas de la región Patagonia Norte*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de:[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_enfermedades-cultivos-hortícolas-en-la-patagonia.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_enfermedades-cultivos-hortícolas-en-la-patagonia.pdf).
45. Ruesta, N. (2013). *Manual técnico lombricultura techo a dos aguas*. Lambayeque, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Recuperado

- de:file:///C:/Users/alcaz/Downloads/Ruesta-Lombricultura\_techo\_a\_dos\_aguas.pdf.
46. Santos, B., & Rios, D. (2016). *Cálculo de soluciones nutritivas en suelo y sin suelo*. Santa Cruz de Tenerife, España: Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural - Cabido Insular de Tenerife. Recuperado de:  
[http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro\\_622\\_soluciones\\_nutritivas.pdf](http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro_622_soluciones_nutritivas.pdf).
  47. Shany, M. (2005). *Manual agrotécnico para el cultivo hortícola intensivo en Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado de: <http://www.bionica.info/biblioteca/Shany2005.pdf>.
  48. Sierra, C. (2013). *Fertilización y manejo del suelo en hortalizas*. La Serena, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura de Chile. .
  49. Trinidad, W., Gutiérrez, M., & Palacin, P. R. (2021). Adaptabilidad de cultivares de betarraga (*Beta vulgaris* L.) a las condiciones de Panao, Huánuc. *Revista Investigación Agraria*. doi:<http://doi.org/10.47840/ReInA.3.3.1238>
  50. Ugáz, R., Siura, S., Delgado de la Flor, F., Casas, A., & Toledo, J. (2000). *Datos básicos de hortalizas*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, Programa de Hortalizas.
  51. Valadez, L. (1993). *Producción de Hortalizas*. México: Grupo Noriega editores. Editorial Limusa S.A.
  52. Van Haef, J. (1983). *Horticultura*. México: Editorial Trillas .
  53. Villarias, J. (1996). *El cultivo de remolacha azucarera en Salamanca*. Madrid, España.: Ediciones Agrotécnicas.
  54. Villavicencio, E., Lopez, R., & Valle, G. (2003). *Manual de plagas y enfermedades*. México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste  
Recuperado de:  
<https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/1448/1/MANUAL%20DE%20PLAGAS%20Y%20ENFERMEDADES.pdf>.
  55. Vitorino, B. (1989). *Fertilidad de suelos y fertilizantes, con énfasis en los suelos de Perú*. . Cusco, Perú: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

56. Yzarra, W., & Lopez, F. (2011). *Manual de observaciones fenológicas*. Lima, Perú: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>.
57. Zarela, O., Salas, S., & Sanchez, M. (1993). *Manual de lombricultura en trópico húmedo*. Iquitos, Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Recuperado de: [file:///C:/Users/alcaz/Downloads/Rios\\_Libro\\_1993.pdf](file:///C:/Users/alcaz/Downloads/Rios_Libro_1993.pdf).

## IX. ANEXOS

### ANEXO 01: RESULTADOS DE CAMPO

Tabla 32: Peso de raíz por planta (g/planta) – Bloque I

| BLOQUE I        |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |  |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |  |
| 1               | 205                           | 419                           | 218                           | 230                           | 426                           | 211                           | 319                           | 894                           | 379                           |  |
| 2               | 340                           | 437                           | 375                           | 305                           | 376                           | 301                           | 373                           | 354                           | 420                           |  |
| 3               | 270                           | 233                           | 290                           | 253                           | 209                           | 353                           | 316                           | 606                           | 245                           |  |
| 4               | 239                           | 536                           | 297                           | 361                           | 304                           | 440                           | 375                           | 208                           | 486                           |  |
| 5               | 282                           | 241                           | 407                           | 311                           | 293                           | 418                           | 371                           | 199                           | 106                           |  |
| 6               | 135                           | 249                           | 391                           | 130                           | 219                           | 177                           | 364                           | 480                           | 254                           |  |
| 7               | 702                           | 293                           | 240                           | 415                           | 260                           | 224                           | 447                           | 975                           | 165                           |  |
| 8               | 496                           | 195                           | 424                           | 421                           | 268                           | 504                           | 242                           | 615                           | 402                           |  |
| 9               | 288                           | 183                           | 398                           | 586                           | 245                           | 280                           | 395                           | 536                           | 579                           |  |
| 10              | 178                           | 217                           | 456                           | 567                           | 291                           | 376                           | 514                           | 479                           | 240                           |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>313.5</b>                  | <b>300.3</b>                  | <b>349.6</b>                  | <b>357.9</b>                  | <b>289.1</b>                  | <b>328.4</b>                  | <b>371.6</b>                  | <b>534.6</b>                  | <b>327.6</b>                  |  |

Tabla 33: Peso de raíz por planta (g/planta) – Bloque II

| BLOQUE II       |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |  |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |  |
| 1               | 450                           | 467                           | 262                           | 248                           | 194                           | 421                           | 204                           | 147                           | 178                           |  |
| 2               | 199                           | 623                           | 405                           | 359                           | 247                           | 212                           | 191                           | 103                           | 646                           |  |
| 3               | 250                           | 270                           | 917                           | 280                           | 170                           | 428                           | 241                           | 402                           | 375                           |  |
| 4               | 113                           | 447                           | 298                           | 362                           | 331                           | 145                           | 123                           | 435                           | 398                           |  |
| 5               | 227                           | 352                           | 150                           | 425                           | 288                           | 458                           | 147                           | 438                           | 659                           |  |
| 6               | 381                           | 169                           | 263                           | 290                           | 323                           | 800                           | 164                           | 271                           | 159                           |  |
| 7               | 704                           | 158                           | 293                           | 444                           | 198                           | 623                           | 302                           | 983                           | 174                           |  |
| 8               | 498                           | 198                           | 620                           | 367                           | 483                           | 501                           | 149                           | 177                           | 310                           |  |
| 9               | 289                           | 184                           | 165                           | 441                           | 195                           | 749                           | 137                           | 375                           | 115                           |  |
| 10              | 172                           | 114                           | 193                           | 483                           | 460                           | 568                           | 541                           | 388                           | 235                           |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>328.3</b>                  | <b>298.2</b>                  | <b>356.6</b>                  | <b>369.9</b>                  | <b>288.9</b>                  | <b>490.5</b>                  | <b>219.9</b>                  | <b>371.9</b>                  | <b>324.9</b>                  |  |

Tabla 34: Peso de raíz por planta (g/planta) – Bloque III

| BLOQUE III      |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |  |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |  |
| 1               | 334                           | 135                           | 212                           | 228                           | 192                           | 284                           | 370                           | 301                           | 240                           |  |
| 2               | 571                           | 410                           | 411                           | 236                           | 330                           | 260                           | 240                           | 167                           | 609                           |  |
| 3               | 491                           | 805                           | 164                           | 271                           | 557                           | 456                           | 607                           | 393                           | 202                           |  |
| 4               | 820                           | 238                           | 292                           | 633                           | 371                           | 203                           | 149                           | 321                           | 191                           |  |
| 5               | 312                           | 235                           | 129                           | 234                           | 304                           | 457                           | 286                           | 270                           | 655                           |  |
| 6               | 203                           | 513                           | 644                           | 162                           | 328                           | 299                           | 179                           | 203                           | 541                           |  |
| 7               | 332                           | 304                           | 245                           | 196                           | 199                           | 200                           | 180                           | 121                           | 272                           |  |
| 8               | 760                           | 275                           | 167                           | 411                           | 235                           | 361                           | 270                           | 252                           | 330                           |  |
| 9               | 405                           | 297                           | 311                           | 333                           | 452                           | 253                           | 160                           | 198                           | 519                           |  |
| 10              | 269                           | 272                           | 295                           | 419                           | 369                           | 246                           | 95                            | 196                           | 410                           |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>449.7</b>                  | <b>348.4</b>                  | <b>287</b>                    | <b>312.3</b>                  | <b>333.7</b>                  | <b>301.9</b>                  | <b>253.6</b>                  | <b>242.2</b>                  | <b>396.9</b>                  |  |

Tabla 35: Peso de raíz por planta (g/planta) – Bloque IV

| BLOQUE IV       |                  | TRATAMIENTOS     |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                |  |
|                 | a <sub>1d1</sub> | a <sub>1d2</sub> | a <sub>1d3</sub> | a <sub>2d1</sub> | a <sub>2d2</sub> | a <sub>2d3</sub> | a <sub>3d1</sub> | a <sub>3d2</sub> | a <sub>3d3</sub> |  |
| 1               | 393              | 283              | 482              | 192              | 291              | 412              | 272              | 109              | 308              |  |
| 2               | 330              | 511              | 670              | 308              | 343              | 305              | 284              | 159              | 230              |  |
| 3               | 939              | 364              | 159              | 542              | 158              | 243              | 456              | 565              | 225              |  |
| 4               | 194              | 1089             | 471              | 416              | 303              | 613              | 402              | 274              | 689              |  |
| 5               | 499              | 278              | 263              | 173              | 166              | 198              | 316              | 279              | 222              |  |
| 6               | 118              | 338              | 209              | 168              | 411              | 328              | 409              | 277              | 325              |  |
| 7               | 83               | 396              | 246              | 207              | 456              | 285              | 143              | 157              | 239              |  |
| 8               | 169              | 354              | 268              | 120              | 279              | 531              | 248              | 117              | 361              |  |
| 9               | 242              | 292              | 160              | 267              | 225              | 375              | 323              | 475              | 314              |  |
| 10              | 326              | 147              | 268              | 174              | 329              | 664              | 135              | 130              | 236              |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>329.3</b>     | <b>405.2</b>     | <b>319.6</b>     | <b>256.7</b>     | <b>296.1</b>     | <b>395.4</b>     | <b>298.8</b>     | <b>254.2</b>     | <b>314.9</b>     |  |

Tabla 36: Peso fresco de residuos de cosecha (g/planta) – Bloque I

| BLOQUE I        |                  | TRATAMIENTOS     |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                |  |
|                 | a <sub>1d1</sub> | a <sub>1d2</sub> | a <sub>1d3</sub> | a <sub>2d1</sub> | a <sub>2d2</sub> | a <sub>2d3</sub> | a <sub>3d1</sub> | a <sub>3d2</sub> | a <sub>3d3</sub> |  |
| 1               | 245              | 230              | 136              | 161              | 130              | 142              | 114              | 76               | 23               |  |
| 2               | 166              | 231              | 262              | 164              | 216              | 121              | 192              | 0                | 284              |  |
| 3               | 117              | 232              | 202              | 103              | 164              | 121              | 176              | 245              | 100              |  |
| 4               | 100              | 266              | 284              | 270              | 181              | 271              | 178              | 197              | 268              |  |
| 5               | 211              | 268              | 304              | 126              | 144              | 200              | 193              | 91               | 79               |  |
| 6               | 46               | 136              | 240              | 118              | 223              | 98               | 166              | 286              | 214              |  |
| 7               | 295              | 178              | 174              | 262              | 126              | 154              | 201              | 344              | 106              |  |
| 8               | 352              | 141              | 283              | 195              | 145              | 150              | 100              | 191              | 213              |  |
| 9               | 68               | 111              | 223              | 312              | 177              | 105              | 253              | 131              | 323              |  |
| 10              | 104              | 163              | 185              | 208              | -49              | 196              | 131              | 164              | 183              |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>170.4</b>     | <b>195.6</b>     | <b>229.3</b>     | <b>191.9</b>     | <b>145.7</b>     | <b>155.8</b>     | <b>170.4</b>     | <b>172.5</b>     | <b>179.3</b>     |  |

Tabla 37: Peso fresco de residuos de cosecha (g/planta) – Bloque II

| BLOQUE II       |                  | TRATAMIENTOS     |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                |  |
|                 | a <sub>1d1</sub> | a <sub>1d2</sub> | a <sub>1d3</sub> | a <sub>2d1</sub> | a <sub>2d2</sub> | a <sub>2d3</sub> | a <sub>3d1</sub> | a <sub>3d2</sub> | a <sub>3d3</sub> |  |
| 1               | 231              | 200              | 316              | 148              | 42               | 274              | 239              | 168              | 148              |  |
| 2               | 169              | 214              | 311              | 160              | 187              | 144              | 158              | 124              | 364              |  |
| 3               | 161              | 163              | 535              | 218              | 185              | 186              | 376              | 153              | 336              |  |
| 4               | 158              | 228              | 421              | 200              | 113              | 89               | 121              | 275              | 185              |  |
| 5               | 169              | 375              | 173              | 163              | 105              | 435              | 200              | 252              | 287              |  |
| 6               | 214              | 77               | 121              | 126              | 212              | 601              | 135              | 116              | 155              |  |
| 7               | 226              | 131              | 157              | 208              | 88               | 294              | 230              | 392              | 166              |  |
| 8               | 175              | 230              | 371              | 148              | 240              | 143              | 180              | 192              | 248              |  |
| 9               | 173              | 172              | 154              | 279              | 216              | 528              | 84               | 85               | 104              |  |
| 10              | 124              | 86               | 139              | 237              | 172              | 189              | 298              | 253              | 169              |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>180</b>       | <b>187.6</b>     | <b>269.8</b>     | <b>188.7</b>     | <b>156</b>       | <b>288.3</b>     | <b>202.1</b>     | <b>201</b>       | <b>216.2</b>     |  |

Tabla 38: Peso fresco de residuos de cosecha (g/planta) – Bloque III

| BLOQUE III      |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |  |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |  |
| 1               | 286                           | 199                           | 180                           | 168                           | 156                           | 74                            | 178                           | 231                           | 126                           |  |
| 2               | 277                           | 318                           | 242                           | 196                           | 455                           | 136                           | 172                           | 102                           | 314                           |  |
| 3               | 387                           | 342                           | 125                           | 135                           | 172                           | 283                           | 204                           | 235                           | 95                            |  |
| 4               | 401                           | 137                           | 316                           | 314                           | 162                           | 134                           | 66                            | 195                           | 121                           |  |
| 5               | 239                           | 237                           | 164                           | 226                           | 203                           | 197                           | 146                           | 151                           | 402                           |  |
| 6               | 261                           | 110                           | 380                           | 140                           | 220                           | 192                           | 64                            | 112                           | 212                           |  |
| 7               | 194                           | 220                           | 175                           | 167                           | 124                           | 89                            | 134                           | 112                           | 224                           |  |
| 8               | 364                           | 172                           | 66                            | 199                           | 114                           | 193                           | 154                           | 177                           | 312                           |  |
| 9               | 203                           | 323                           | 250                           | 299                           | 107                           | 98                            | 102                           | 130                           | 282                           |  |
| 10              | 129                           | 167                           | 116                           | 274                           | 201                           | 179                           | 92                            | 81                            | 169                           |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>274.1</b>                  | <b>222.5</b>                  | <b>201.4</b>                  | <b>211.8</b>                  | <b>191.4</b>                  | <b>157.5</b>                  | <b>131.2</b>                  | <b>152.6</b>                  | <b>225.7</b>                  |  |

Tabla 39: Peso fresco de residuos de cosecha (g/planta) – Bloque IV

| BLOQUE IV       |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |  |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |  |
| 1               | 243                           | 138                           | 323                           | 94                            | 296                           | 183                           | 115                           | 91                            | 243                           |  |
| 2               | 167                           | 264                           | 419                           | 263                           | 292                           | 183                           | 208                           | 106                           | 128                           |  |
| 3               | 418                           | 149                           | 46                            | 370                           | 158                           | 280                           | 182                           | 287                           | 135                           |  |
| 4               | 173                           | 511                           | 284                           | 174                           | 222                           | 342                           | 226                           | 343                           | 274                           |  |
| 5               | 284                           | 158                           | 163                           | 127                           | 145                           | 111                           | 346                           | 305                           | 240                           |  |
| 6               | 125                           | 174                           | 265                           | 72                            | 212                           | 178                           | 163                           | 107                           | 207                           |  |
| 7               | 109                           | 269                           | 157                           | 64                            | 248                           | 171                           | 103                           | 121                           | 178                           |  |
| 8               | 206                           | 144                           | 75                            | 69                            | 143                           | 260                           | 145                           | 78                            | 175                           |  |
| 9               | 123                           | 226                           | 128                           | 88                            | 352                           | 186                           | 191                           | 247                           | 249                           |  |
| 10              | 272                           | 108                           | 159                           | 111                           | 292                           | 258                           | 122                           | 199                           | 108                           |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>212</b>                    | <b>214.1</b>                  | <b>201.9</b>                  | <b>143.2</b>                  | <b>236</b>                    | <b>215.2</b>                  | <b>180.1</b>                  | <b>188.4</b>                  | <b>193.7</b>                  |  |

Tabla 40: Altura de planta (cm) – Bloque I

| BLOQUE I        |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |  |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |  |
| 1               | 34                            | 41                            | 38                            | 36                            | 36                            | 30                            | 38                            | 37                            | 36                            |  |
| 2               | 33                            | 44                            | 37                            | 34                            | 35                            | 33                            | 37                            | 36                            | 34                            |  |
| 3               | 34                            | 38                            | 40                            | 35                            | 37                            | 32                            | 36                            | 38                            | 32                            |  |
| 4               | 35                            | 39                            | 39                            | 34                            | 34                            | 32                            | 37                            | 38                            | 35                            |  |
| 5               | 36                            | 42                            | 42                            | 36                            | 35                            | 32                            | 36                            | 35                            | 36                            |  |
| 6               | 35                            | 42                            | 40                            | 35                            | 35                            | 30                            | 38                            | 37                            | 34                            |  |
| 7               | 36                            | 41                            | 39                            | 35                            | 36                            | 35                            | 37                            | 36                            | 35                            |  |
| 8               | 34                            | 43                            | 38                            | 34                            | 34                            | 31                            | 35                            | 37                            | 35                            |  |
| 9               | 37                            | 41                            | 39                            | 35                            | 32                            | 32                            | 35                            | 35                            | 35                            |  |
| 10              | 36                            | 39                            | 38                            | 36                            | 36                            | 33                            | 36                            | 36                            | 33                            |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>35</b>                     | <b>41</b>                     | <b>39</b>                     | <b>35</b>                     | <b>35</b>                     | <b>32</b>                     | <b>36.5</b>                   | <b>36.5</b>                   | <b>34.5</b>                   |  |

Tabla 41: Altura de planta (cm) – Bloque II

| BLOQUE II       | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                 | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
| MUESTRAS        | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |
| 1               | 35                            | 43                            | 37                            | 31                            | 38                            | 46                            | 47                            | 46                            | 35                            |
| 2               | 38                            | 39                            | 38                            | 35                            | 36                            | 46                            | 44                            | 43                            | 36                            |
| 3               | 39                            | 42                            | 35                            | 34                            | 38                            | 44                            | 46                            | 45                            | 38                            |
| 4               | 35                            | 40                            | 34                            | 35                            | 37                            | 45                            | 45                            | 47                            | 37                            |
| 5               | 37                            | 38                            | 36                            | 34                            | 34                            | 47                            | 45                            | 42                            | 38                            |
| 6               | 38                            | 41                            | 38                            | 33                            | 36                            | 48                            | 47                            | 44                            | 33                            |
| 7               | 36                            | 39                            | 36                            | 31                            | 38                            | 46                            | 47                            | 48                            | 39                            |
| 8               | 38                            | 38                            | 37                            | 32                            | 34                            | 44                            | 46                            | 46                            | 35                            |
| 9               | 36                            | 40                            | 36                            | 35                            | 35                            | 47                            | 48                            | 44                            | 35                            |
| 10              | 38                            | 40                            | 38                            | 35                            | 34                            | 47                            | 45                            | 45                            | 34                            |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>37</b>                     | <b>40</b>                     | <b>36.5</b>                   | <b>33.5</b>                   | <b>36</b>                     | <b>46</b>                     | <b>46</b>                     | <b>45</b>                     | <b>36</b>                     |

Tabla 42: Altura de planta (cm) – Bloque III

| BLOQUE III      | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                 | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
| MUESTRAS        | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |
| 1               | 35                            | 37                            | 35                            | 35                            | 35                            | 38                            | 34                            | 35                            | 40                            |
| 2               | 36                            | 33                            | 38                            | 37                            | 32                            | 39                            | 35                            | 36                            | 38                            |
| 3               | 33                            | 37                            | 33                            | 34                            | 33                            | 36                            | 35                            | 34                            | 37                            |
| 4               | 34                            | 36                            | 34                            | 34                            | 34                            | 35                            | 33                            | 36                            | 39                            |
| 5               | 33                            | 36                            | 36                            | 33                            | 34                            | 36                            | 32                            | 34                            | 41                            |
| 6               | 32                            | 37                            | 38                            | 36                            | 34                            | 34                            | 36                            | 37                            | 37                            |
| 7               | 36                            | 38                            | 36                            | 34                            | 33                            | 37                            | 34                            | 36                            | 40                            |
| 8               | 34                            | 35                            | 34                            | 33                            | 36                            | 38                            | 35                            | 34                            | 38                            |
| 9               | 34                            | 36                            | 36                            | 34                            | 34                            | 33                            | 33                            | 35                            | 39                            |
| 10              | 33                            | 35                            | 35                            | 35                            | 35                            | 34                            | 33                            | 33                            | 41                            |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>34</b>                     | <b>36</b>                     | <b>35.5</b>                   | <b>34.5</b>                   | <b>34</b>                     | <b>36</b>                     | <b>34</b>                     | <b>35</b>                     | <b>39</b>                     |

Tabla 43: Altura de planta (cm) – Bloque IV

| BLOQUE IV       | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                 | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
| MUESTRAS        | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |
| 1               | 40                            | 39                            | 38                            | 35                            | 37                            | 41                            | 34                            | 38                            | 37                            |
| 2               | 39                            | 41                            | 39                            | 38                            | 36                            | 38                            | 35                            | 36                            | 38                            |
| 3               | 42                            | 42                            | 40                            | 34                            | 36                            | 39                            | 35                            | 37                            | 35                            |
| 4               | 41                            | 39                            | 37                            | 32                            | 34                            | 41                            | 33                            | 38                            | 34                            |
| 5               | 43                            | 38                            | 42                            | 33                            | 37                            | 43                            | 32                            | 34                            | 35                            |
| 6               | 39                            | 40                            | 40                            | 32                            | 38                            | 38                            | 36                            | 37                            | 37                            |
| 7               | 43                            | 41                            | 39                            | 34                            | 35                            | 41                            | 34                            | 38                            | 35                            |
| 8               | 46                            | 40                            | 38                            | 36                            | 36                            | 41                            | 35                            | 34                            | 38                            |
| 9               | 42                            | 41                            | 39                            | 35                            | 37                            | 39                            | 33                            | 36                            | 36                            |
| 10              | 45                            | 39                            | 38                            | 35                            | 38                            | 39                            | 33                            | 37                            | 35                            |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>42</b>                     | <b>40</b>                     | <b>39</b>                     | <b>34.4</b>                   | <b>36.4</b>                   | <b>40</b>                     | <b>34</b>                     | <b>36.5</b>                   | <b>36</b>                     |



Tabla 44: Longitud de raíz (cm) – Bloque I

| BLOQUE I        |                  | TRATAMIENTOS     |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| MUESTRAS        | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                |
|                 | a <sub>1d1</sub> | a <sub>1d2</sub> | a <sub>1d3</sub> | a <sub>2d1</sub> | a <sub>2d2</sub> | a <sub>2d3</sub> | a <sub>3d1</sub> | a <sub>3d2</sub> | a <sub>3d3</sub> |
| 1               | 24               | 26               | 27               | 19               | 21               | 21               | 39               | 21               | 20               |
| 2               | 19               | 18               | 26               | 25               | 19               | 22               | 22               | 15               | 19               |
| 3               | 26               | 22               | 18               | 24               | 19               | 19               | 20               | 21               | 17               |
| 4               | 23               | 30               | 20               | 16               | 26               | 23               | 16               | 17               | 19               |
| 5               | 33               | 18               | 19               | 19               | 28               | 23               | 21               | 19               | 16               |
| 6               | 25               | 23               | 17.5             | 20               | 18               | 14               | 29               | 25               | 18               |
| 7               | 28               | 26               | 22.5             | 22               | 21               | 25               | 28               | 25               | 19               |
| 8               | 31               | 18               | 27               | 16               | 27               | 19               | 23               | 22               | 19               |
| 9               | 18               | 21               | 26               | 22               | 19               | 22               | 23               | 19               | 19               |
| 10              | 18               | 18               | 20               | 20               | 21               | 17               | 23               | 21               | 20               |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>24.5</b>      | <b>22</b>        | <b>22.3</b>      | <b>20.3</b>      | <b>21.9</b>      | <b>20.5</b>      | <b>24.4</b>      | <b>20.5</b>      | <b>18.6</b>      |

Tabla 45: Longitud de raíz (cm) – Bloque II

| BLOQUE II       |                  | TRATAMIENTOS     |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| MUESTRAS        | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                |
|                 | a <sub>1d1</sub> | a <sub>1d2</sub> | a <sub>1d3</sub> | a <sub>2d1</sub> | a <sub>2d2</sub> | a <sub>2d3</sub> | a <sub>3d1</sub> | a <sub>3d2</sub> | a <sub>3d3</sub> |
| 1               | 26               | 19               | 15               | 19               | 17               | 28               | 25               | 20               | 20               |
| 2               | 23               | 20               | 20               | 30               | 24               | 19               | 23               | 21               | 21               |
| 3               | 27               | 15               | 25               | 22               | 20               | 19               | 28               | 24               | 24               |
| 4               | 25               | 16               | 18               | 19               | 17               | 15               | 18               | 28               | 21               |
| 5               | 27               | 33               | 24               | 15               | 18               | 23               | 33               | 19               | 15               |
| 6               | 24               | 17               | 25               | 20               | 19               | 21               | 16               | 22               | 20               |
| 7               | 19               | 25               | 24               | 24               | 26               | 21               | 17               | 22               | 22               |
| 8               | 22               | 26               | 21               | 18               | 27               | 17               | 22               | 17               | 23               |
| 9               | 16               | 16               | 23               | 20               | 23               | 29               | 16               | 13               | 18               |
| 10              | 20               | 16               | 24               | 23               | 26               | 26               | 17               | 20               | 23               |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>22.9</b>      | <b>20.3</b>      | <b>21.9</b>      | <b>21</b>        | <b>21.7</b>      | <b>21.8</b>      | <b>21.5</b>      | <b>20.6</b>      | <b>20.7</b>      |

Tabla 46: Longitud de raíz (cm) – Bloque III

| BLOQUE III      |                  | TRATAMIENTOS     |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| MUESTRAS        | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                |
|                 | a <sub>1d1</sub> | a <sub>1d2</sub> | a <sub>1d3</sub> | a <sub>2d1</sub> | a <sub>2d2</sub> | a <sub>2d3</sub> | a <sub>3d1</sub> | a <sub>3d2</sub> | a <sub>3d3</sub> |
| 1               | 27               | 25               | 15               | 17               | 13               | 16               | 18               | 19               | 21               |
| 2               | 18               | 24               | 23               | 24               | 18               | 20               | 21               | 23               | 24               |
| 3               | 25               | 28               | 16               | 21               | 16               | 21               | 36               | 16               | 19               |
| 4               | 28               | 22               | 17               | 22               | 23               | 22               | 24               | 24               | 18               |
| 5               | 23               | 21               | 14               | 18               | 19               | 17               | 21               | 27               | 24               |
| 6               | 31               | 22               | 23               | 19               | 23               | 13               | 15               | 18               | 16               |
| 7               | 14               | 26               | 22               | 15               | 15               | 14               | 23               | 21               | 28               |
| 8               | 29               | 18               | 20               | 12               | 24               | 16               | 25               | 23               | 22               |
| 9               | 14               | 26               | 19               | 26               | 13               | 14               | 13               | 15               | 28               |
| 10              | 19               | 24               | 22               | 18               | 23               | 17               | 26               | 33               | 18               |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>22.8</b>      | <b>23.6</b>      | <b>19.1</b>      | <b>19.2</b>      | <b>18.7</b>      | <b>17</b>        | <b>22.2</b>      | <b>21.9</b>      | <b>21.8</b>      |

Tabla 47: Longitud de raíz (cm) – Bloque IV

| BLOQUE IV       |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |
| 1               | 25                            | 19                            | 28                            | 12                            | 22                            | 26                            | 22                            | 15                            | 23                            |
| 2               | 24                            | 27                            | 29                            | 18                            | 24                            | 14                            | 16                            | 17                            | 19                            |
| 3               | 18                            | 15                            | 15                            | 24                            | 15                            | 17                            | 14                            | 21                            | 16                            |
| 4               | 22                            | 23                            | 18                            | 22                            | 16                            | 24                            | 26                            | 23                            | 24                            |
| 5               | 18                            | 18                            | 16                            | 19                            | 15                            | 19                            | 19                            | 21                            | 27                            |
| 6               | 26                            | 17                            | 16                            | 16                            | 25                            | 26                            | 16                            | 16                            | 28                            |
| 7               | 13                            | 20                            | 18                            | 14                            | 18                            | 18                            | 24                            | 19                            | 22                            |
| 8               | 12                            | 24                            | 15                            | 22                            | 17                            | 17                            | 18                            | 24                            | 19                            |
| 9               | 19                            | 19                            | 23                            | 12                            | 15                            | 14                            | 23                            | 21                            | 15                            |
| 10              | 26                            | 18                            | 14                            | 17                            | 17                            | 15                            | 16                            | 19                            | 24                            |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>20.3</b>                   | <b>20</b>                     | <b>19.2</b>                   | <b>17.6</b>                   | <b>18.4</b>                   | <b>19</b>                     | <b>19.4</b>                   | <b>19.6</b>                   | <b>21.7</b>                   |

Tabla 48: Diámetro de raíz (cm) – Bloque I

| BLOQUE I        |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |
| 1               | 7.65                          | 10.33                         | 7.83                          | 8.11                          | 9.78                          | 8.65                          | 8.87                          | 12.85                         | 9.25                          |
| 2               | 10.07                         | 9.34                          | 9.73                          | 8.24                          | 9.59                          | 8.43                          | 9.36                          | 8.95                          | 8.20                          |
| 3               | 7.49                          | 8.35                          | 8.13                          | 9.08                          | 7.78                          | 8.79                          | 7.67                          | 10.98                         | 8.11                          |
| 4               | 8.75                          | 9.26                          | 8.67                          | 9.05                          | 9.05                          | 10.14                         | 9.44                          | 8.19                          | 9.75                          |
| 5               | 8.18                          | 9.31                          | 9.31                          | 8.83                          | 8.81                          | 8.41                          | 9.51                          | 7.71                          | 6.30                          |
| 6               | 6.84                          | 8.28                          | 8.77                          | 8.45                          | 8.30                          | 7.31                          | 9.42                          | 7.89                          | 6.84                          |
| 7               | 10.55                         | 8.83                          | 7.75                          | 9.84                          | 8.18                          | 7.96                          | 9.78                          | 11.51                         | 7.09                          |
| 8               | 9.55                          | 7.82                          | 8.40                          | 9.93                          | 8.19                          | 9.70                          | 7.41                          | 12.95                         | 9.51                          |
| 9               | 8.37                          | 7.65                          | 8.08                          | 11.53                         | 8.00                          | 7.95                          | 8.82                          | 11.73                         | 11.70                         |
| 10              | 7.33                          | 8.40                          | 10.79                         | 10.05                         | 8.95                          | 9.39                          | 10.38                         | 10.20                         | 7.91                          |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>8.48</b>                   | <b>8.76</b>                   | <b>8.75</b>                   | <b>9.31</b>                   | <b>8.66</b>                   | <b>8.67</b>                   | <b>9.07</b>                   | <b>10.30</b>                  | <b>8.47</b>                   |

Tabla 49: Diámetro de raíz (cm) – Bloque II

| BLOQUE II       |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |
| 1               | 10.61                         | 10.56                         | 8.81                          | 8.26                          | 7.35                          | 9.61                          | 7.01                          | 7.05                          | 7.71                          |
| 2               | 7.62                          | 10.60                         | 9.76                          | 9.21                          | 8.50                          | 7.99                          | 7.22                          | 5.46                          | 11.80                         |
| 3               | 7.30                          | 7.75                          | 12.85                         | 7.90                          | 6.70                          | 10.00                         | 7.80                          | 9.75                          | 7.41                          |
| 4               | 6.49                          | 9.60                          | 8.23                          | 9.90                          | 9.15                          | 6.41                          | 6.61                          | 10.10                         | 9.49                          |
| 5               | 7.50                          | 8.81                          | 7.01                          | 9.21                          | 8.36                          | 10.42                         | 7.12                          | 9.69                          | 12.21                         |
| 6               | 9.46                          | 7.00                          | 7.90                          | 8.25                          | 8.71                          | 11.53                         | 7.19                          | 8.04                          | 7.36                          |
| 7               | 11.25                         | 6.56                          | 9.00                          | 9.95                          | 8.30                          | 11.21                         | 8.30                          | 12.56                         | 6.40                          |
| 8               | 9.95                          | 7.31                          | 11.02                         | 8.70                          | 9.92                          | 9.80                          | 6.91                          | 6.10                          | 8.89                          |
| 9               | 9.61                          | 7.49                          | 7.49                          | 10.52                         | 7.55                          | 10.71                         | 6.70                          | 8.51                          | 6.10                          |
| 10              | 7.51                          | 5.51                          | 6.81                          | 9.60                          | 10.32                         | 11.09                         | 10.21                         | 8.43                          | 8.01                          |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>8.73</b>                   | <b>8.12</b>                   | <b>8.89</b>                   | <b>9.15</b>                   | <b>8.49</b>                   | <b>9.88</b>                   | <b>7.51</b>                   | <b>8.57</b>                   | <b>8.54</b>                   |

Tabla 50: Diámetro de raíz (cm) – Bloque III

| BLOQUE III      |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |  |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |  |
| 1               | 9.00                          | 6.89                          | 7.95                          | 7.91                          | 7.36                          | 8.80                          | 9.05                          | 8.35                          | 7.71                          |  |
| 2               | 10.15                         | 9.56                          | 9.80                          | 8.35                          | 8.10                          | 8.61                          | 7.85                          | 6.25                          | 1.58                          |  |
| 3               | 10.21                         | 12.40                         | 7.00                          | 7.91                          | 10.15                         | 7.56                          | 9.52                          | 9.12                          | 8.05                          |  |
| 4               | 11.01                         | 7.95                          | 9.01                          | 11.42                         | 9.21                          | 9.25                          | 6.41                          | 8.71                          | 6.71                          |  |
| 5               | 8.61                          | 7.72                          | 6.35                          | 7.55                          | 8.85                          | 7.38                          | 8.90                          | 8.52                          | 10.15                         |  |
| 6               | 6.55                          | 9.49                          | 11.21                         | 7.58                          | 11.70                         | 7.68                          | 7.52                          | 7.15                          | 10.45                         |  |
| 7               | 9.32                          | 8.40                          | 7.80                          | 7.80                          | 7.70                          | 8.64                          | 7.41                          | 5.62                          | 7.95                          |  |
| 8               | 11.35                         | 8.00                          | 6.75                          | 9.63                          | 7.41                          | 9.01                          | 7.22                          | 8.20                          | 8.01                          |  |
| 9               | 9.40                          | 8.31                          | 8.35                          | 9.21                          | 9.61                          | 8.50                          | 7.15                          | 6.95                          | 9.55                          |  |
| 10              | 8.15                          | 7.75                          | 8.85                          | 10.49                         | 9.45                          | 7.55                          | 5.21                          | 6.31                          | 8.50                          |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>9.38</b>                   | <b>8.65</b>                   | <b>8.31</b>                   | <b>8.79</b>                   | <b>8.95</b>                   | <b>8.30</b>                   | <b>7.62</b>                   | <b>7.52</b>                   | <b>7.87</b>                   |  |

Tabla 51: Diámetro de raíz (cm) – Bloque IV

| BLOQUE IV       |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |  |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |  |
| 1               | 9.80                          | 8.45                          | 9.36                          | 4.60                          | 8.17                          | 8.63                          | 8.10                          | 5.51                          | 8.20                          |  |
| 2               | 9.21                          | 10.92                         | 12.05                         | 8.12                          | 7.85                          | 8.42                          | 8.60                          | 6.91                          | 7.61                          |  |
| 3               | 11.43                         | 9.23                          | 7.11                          | 10.45                         | 5.50                          | 7.32                          | 9.15                          | 10.45                         | 7.61                          |  |
| 4               | 7.92                          | 12.73                         | 9.85                          | 10.21                         | 9.71                          | 1.05                          | 8.68                          | 7.98                          | 10.85                         |  |
| 5               | 9.43                          | 8.83                          | 8.45                          | 6.25                          | 6.75                          | 8.06                          | 8.70                          | 9.60                          | 7.52                          |  |
| 6               | 5.73                          | 9.00                          | 6.90                          | 7.00                          | 8.55                          | 8.73                          | 8.67                          | 8.71                          | 9.00                          |  |
| 7               | 5.51                          | 10.05                         | 7.32                          | 7.62                          | 10.31                         | 8.55                          | 6.65                          | 6.21                          | 6.42                          |  |
| 8               | 7.23                          | 8.91                          | 7.61                          | 6.53                          | 8.52                          | 9.72                          | 8.45                          | 5.63                          | 8.40                          |  |
| 9               | 7.43                          | 8.53                          | 7.11                          | 7.32                          | 8.43                          | 8.95                          | 8.60                          | 10.15                         | 8.75                          |  |
| 10              | 8.71                          | 6.82                          | 8.05                          | 7.82                          | 8.51                          | 10.70                         | 5.69                          | 6.25                          | 7.80                          |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>8.24</b>                   | <b>9.35</b>                   | <b>8.38</b>                   | <b>7.59</b>                   | <b>8.23</b>                   | <b>8.01</b>                   | <b>8.13</b>                   | <b>7.74</b>                   | <b>8.22</b>                   |  |

Tabla 52: Número de hojas por planta – Bloque I

| BLOQUE I        |                               | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| MUESTRAS        | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |  |
|                 | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |  |
| 1               | 16                            | 14                            | 12                            | 18                            | 17                            | 17                            | 19                            | 16                            | 12                            |  |
| 2               | 20                            | 18                            | 14                            | 17                            | 17                            | 17                            | 17                            | 15                            | 18                            |  |
| 3               | 24                            | 16                            | 19                            | 22                            | 20                            | 24                            | 20                            | 17                            | 13                            |  |
| 4               | 18                            | 20                            | 20                            | 26                            | 23                            | 20                            | 18                            | 17                            | 19                            |  |
| 5               | 18                            | 20                            | 27                            | 24                            | 35                            | 15                            | 20                            | 10                            | 10                            |  |
| 6               | 12                            | 15                            | 18                            | 16                            | 23                            | 12                            | 16                            | 20                            | 15                            |  |
| 7               | 18                            | 18                            | 18                            | 20                            | 18                            | 17                            | 24                            | 20                            | 12                            |  |
| 8               | 20                            | 15                            | 22                            | 23                            | 12                            | 17                            | 13                            | 17                            | 19                            |  |
| 9               | 18                            | 14                            | 26                            | 23                            | 16                            | 12                            | 21                            | 19                            | 16                            |  |
| 10              | 16                            | 14                            | 15                            | 27                            | 18                            | 16                            | 18                            | 18                            | 17                            |  |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>18</b>                     | <b>16</b>                     | <b>19</b>                     | <b>22</b>                     | <b>20</b>                     | <b>17</b>                     | <b>19</b>                     | <b>17</b>                     | <b>15</b>                     |  |

Tabla 53: Número de hojas por planta – Bloque II

| BLOQUE II       | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                 | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
| MUESTRAS        | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |
| 1               | 22                            | 13                            | 17                            | 14                            | 10                            | 18                            | 21                            | 17                            | 13                            |
| 2               | 20                            | 14                            | 16                            | 18                            | 19                            | 12                            | 14                            | 9                             | 16                            |
| 3               | 17                            | 18                            | 24                            | 15                            | 17                            | 22                            | 16                            | 17                            | 16                            |
| 4               | 22                            | 19                            | 13                            | 15                            | 16                            | 9                             | 18                            | 22                            | 16                            |
| 5               | 31                            | 16                            | 13                            | 18                            | 12                            | 19                            | 18                            | 18                            | 15                            |
| 6               | 22                            | 16                            | 17                            | 12                            | 15                            | 28                            | 13                            | 13                            | 14                            |
| 7               | 28                            | 19                            | 12                            | 18                            | 12                            | 35                            | 14                            | 27                            | 17                            |
| 8               | 13                            | 18                            | 15                            | 21                            | 17                            | 13                            | 22                            | 16                            | 19                            |
| 9               | 15                            | 14                            | 20                            | 24                            | 13                            | 25                            | 14                            | 15                            | 18                            |
| 10              | 16                            | 12                            | 17                            | 21                            | 17                            | 20                            | 22                            | 28                            | 13                            |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>21</b>                     | <b>16</b>                     | <b>16</b>                     | <b>18</b>                     | <b>15</b>                     | <b>20</b>                     | <b>17</b>                     | <b>18</b>                     | <b>16</b>                     |

Tabla 54: Número de hojas por planta – Bloque III

| BLOQUE III      | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                 | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
| MUESTRAS        | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |
| 1               | 12                            | 10                            | 13                            | 14                            | 12                            | 12                            | 12                            | 12                            | 8                             |
| 2               | 16                            | 17                            | 12                            | 12                            | 24                            | 13                            | 15                            | 15                            | 15                            |
| 3               | 16                            | 20                            | 13                            | 12                            | 16                            | 18                            | 22                            | 13                            | 12                            |
| 4               | 20                            | 13                            | 12                            | 20                            | 16                            | 12                            | 8                             | 11                            | 16                            |
| 5               | 15                            | 8                             | 11                            | 11                            | 12                            | 20                            | 10                            | 8                             | 20                            |
| 6               | 10                            | 10                            | 16                            | 13                            | 32                            | 13                            | 10                            | 10                            | 15                            |
| 7               | 10                            | 16                            | 16                            | 15                            | 10                            | 12                            | 12                            | 15                            | 16                            |
| 8               | 10                            | 14                            | 5                             | 13                            | 16                            | 14                            | 15                            | 14                            | 12                            |
| 9               | 12                            | 17                            | 15                            | 14                            | 13                            | 15                            | 8                             | 8                             | 15                            |
| 10              | 11                            | 10                            | 10                            | 10                            | 15                            | 15                            | 9                             | 9                             | 12                            |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>13</b>                     | <b>14</b>                     | <b>12</b>                     | <b>13</b>                     | <b>17</b>                     | <b>14</b>                     | <b>12</b>                     | <b>12</b>                     | <b>14</b>                     |

Tabla 55: Número de hojas por planta – Bloque IV

| BLOQUE IV       | TRATAMIENTOS                  |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                 | 1                             | 2                             | 3                             | 4                             | 5                             | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
| MUESTRAS        | a <sub>1</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>1</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>2</sub> d <sub>3</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>2</sub> | a <sub>3</sub> d <sub>3</sub> |
| 1               | 13                            | 10                            | 16                            | 8                             | 10                            | 14                            | 12                            | 6                             | 12                            |
| 2               | 9                             | 12                            | 15                            | 12                            | 12                            | 10                            | 13                            | 10                            | 10                            |
| 3               | 20                            | 9                             | 8                             | 13                            | 8                             | 15                            | 10                            | 15                            | 12                            |
| 4               | 11                            | 20                            | 12                            | 9                             | 15                            | 14                            | 12                            | 12                            | 12                            |
| 5               | 12                            | 10                            | 13                            | 8                             | 10                            | 8                             | 15                            | 16                            | 13                            |
| 6               | 8                             | 9                             | 15                            | 9                             | 13                            | 11                            | 16                            | 8                             | 10                            |
| 7               | 6                             | 15                            | 8                             | 9                             | 14                            | 9                             | 6                             | 12                            | 12                            |
| 8               | 12                            | 10                            | 11                            | 10                            | 8                             | 12                            | 10                            | 9                             | 15                            |
| 9               | 8                             | 12                            | 8                             | 11                            | 10                            | 10                            | 11                            | 13                            | 16                            |
| 10              | 12                            | 10                            | 12                            | 12                            | 13                            | 11                            | 10                            | 10                            | 13                            |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>11</b>                     | <b>12</b>                     | <b>12</b>                     | <b>10</b>                     | <b>11</b>                     | <b>11</b>                     | <b>12</b>                     | <b>11</b>                     | <b>13</b>                     |

## ANEXO 02: ANALISIS DE LABORATORIO

### UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

- APARTADO POSTAL  
N° 921 - Cusco - Peru
- 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 INVESTIGACION EN SUELOS Y ABONOS (CISA)  
LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS**

TIPO ANALISIS : FERTILIDAD – FISICO MECANICO.  
 PROCEDENCIA DE MUESTRAS : CENTRO DE LOMBRICULTURA, K'AYRA SAN JERONIMO – CUSCO  
 INSTITUCION SOLICITANTE : NILO QUISPE CCAMA.

**ANALISIS DE FERTILIDAD:**

| N° | CLAVE         | mmhos/cm.<br>C.E. | PH   | meq/100<br>Al <sup>+++</sup> | %<br>M.ORG | %<br>N.TOTAL | ppm<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | ppm<br>K <sub>2</sub> O |
|----|---------------|-------------------|------|------------------------------|------------|--------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 01 | M. DE SUELO   | 0.42              | 7.70 | 0.00                         | 3.87       | 0.19         | 86.4                                 | 573                     |
| 02 | M. DE COMPOST | 0.60              | 7.90 | 0.00                         | 7.42       | 0.37         | 107.3                                | 1,047                   |
| 03 | M. DE HUMUS   | 0.84              | 7.30 | 0.00                         | 12.38      | 0.62         | 118.6                                | 3,473                   |

**ANALISIS FISICO MECANICO:**

| N° | CLAVE       | %<br>ARENA | %<br>LIMO | %<br>ARCILLA | CLASE-TEXTURAL   |
|----|-------------|------------|-----------|--------------|------------------|
| 01 | M. DE SUELO | 42         | 30        | 28           | FRANCO-ARCILLOSO |

CUSCO, 20 DE ENERO DEL 2,019.

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA  
 Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA)

*Arcadio Calderon Choquechambi*  
 Msc. Mgtr. Arcadio Calderon Choquechambi  
 DIRECTOR