

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Fertilización potásica y guano de islas en el rendimiento  
de betarraga (*Beta vulgaris* L.), bajo labranza mínima.**

**Canaán, 2750 msnm - Ayacucho, 2019**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**PRESENTADO POR:**

**Delia Benidicta Huamán Escate**

**Ayacucho – Perú**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

**TESIS**

**Fertilización potásica y guano de islas en el rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.), bajo labranza mínima. Canaán, 2750 msnm - Ayacucho, 2019**

Expedito : 10 de junio de 2021

Sustentado : 15 de julio de 2021

Calificación : Bueno

Jurados :



---

**M.Sc. ALEX LAZARO TINEO BERMÚDEZ**  
**Presidente**



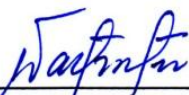
---

**Ing. EDUARDO ROBLES GARCÍA**  
**Miembro**



---

**Ing. EDGAR TENORIO MANCILLA**  
**Miembro**



---

**Ing. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO**  
**Asesor**

*A Dios, por darme fortaleza e inspiración  
en todos mis proyectos, y así culminar mi  
carrera en esta etapa de mi vida.*

*A mis padres y hermanos por su apoyo  
indesmayable.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por las enseñanzas impartidas en mi formación académica y por haberme brindado todas las facilidades para la consecución de mis objetivos trazados.

A la Escuela Profesional de Agronomía en cuyas aulas adquirí los conocimientos para formarme profesionalmente.

Al Ing. Walter A. Mateu Mateo, asesor, por el apoyo, tiempo y paciencia en el desarrollo del trabajo de investigación.

A los miembros del Jurado Ing. Alex L. Tineo Bermúdez, Ing. Eduardo Robles García, Ing. Edgar Tenorio Mancilla por sus aportes en la realización de este trabajo de investigación.

A los trabajadores del Centro Experimental Canaán por su apoyo en las labores de campo durante la conducción del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	ix
RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO I .....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
1.1. DE LA BETARRAGA .....	4
1.1.1. Origen del cultivo de betarraga .....	4
1.1.2. Clasificación taxonómica .....	4
1.1.3. Descripción morfológica .....	5
1.1.4. Características organolépticas de la raíz.....	6
1.1.5. Variedades .....	6
1.1.6. Ciclo vegetativo.....	7
1.1.7. Requerimientos edafoclimáticos de la betarraga .....	8
1.1.8. Enfermedades y plagas .....	10
1.1.9. Valor nutricional.....	12
1.2. DEL POTASIO .....	13
1.2.1. El potasio en el suelo .....	14
1.2.2. Factores que limitan la disponibilidad del elemento potasio en el suelo... 16	16
1.2.3. Rol del elemento potasio en la planta.....	17
1.2.4. Deficiencia de potasio .....	20
1.2.5. Exceso de potasio .....	21
1.3. GUANO DE ISLA .....	21
1.4. LABRANZA MÍNIMA O CONSERVACIONISTA.....	24
CAPÍTULO II .....	27
METODOLOGÍA .....	27
2.1. UBICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	27
2.2. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL .....	28

2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO .....	28
2.4. CARACTERÍSTICAS DEL GUANO DE ISLAS .....	29
2.5. REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE BETARRAGA.....	29
2.6. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS .....	29
2.7. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES EN ESTUDIO.....	33
2.8. VARIABLES INDEPENDIENTES .....	33
2.8.1. Niveles de guano de islas (G) .....	33
2.8.2. Niveles de potasio (K) .....	33
2.9. VARIABLES DEPENDIENTES Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	33
2.9.1. Variables morfológicas.....	33
2.9.2. Variables de rendimiento.....	34
2.10. TRATAMIENTOS .....	35
2.11. METODOLOGÍA PROCEDIMENTAL.....	35
2.11.1. Diseño experimental .....	35
2.11.2. Características del campo experimental .....	36
2.11.3. Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos.....	37
2.11.4. Instalación y conducción del experimento .....	37
CAPÍTULO III.....	40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	40
3.1. CARACTERES DE PLANTA .....	40
3.1.1. Altura de planta .....	40
3.1.2. Número de hojas .....	43
3.2. CARACTERES DE RENDIMIENTO .....	44
3.2.1. Longitud de raíz.....	44
3.2.2. Diámetro de raíz .....	46
3.2.3. Rendimiento .....	49
CONCLUSIONES .....	55
RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57
ANEXOS .....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1.1. Valor nutricional de la betarraga.....	13
Tabla 1.2. Composición del guano de islas.....	23
Tabla 2.1. Análisis del suelo de Canaán .....	28
Tabla 2.2. Resultados del análisis de guano de islas.....	29
Tabla 2.3. Requerimientos del cultivo .....	29
Tabla 2.4. Temperaturas máximas, media, mínima y precipitación correspondiente a la campaña agrícola 2018 – 2019, de la Estación Meteorológica del INIA – Canaán a 2750 m.s.n.m. Ayacucho. ....	31
Tabla 2.5. Descripción de los tratamientos .....	35
Tabla 2.6. ANVA de niveles de Guano de Isla y Potasio (K) en el rendimiento de Betarraga. ....	35
Tabla 3.1. Análisis de variancia de altura de planta (cm) de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.....	40
Tabla 3.2. Prueba de Tukey de la altura de planta (cm) de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	41
Tabla 3.3. Prueba de Tukey de la altura de planta (cm) de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	41
Tabla 3.4. Análisis de variancia del número de hojas de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	43
Tabla 3.5. Prueba de Tukey del número de hojas de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	43
Tabla 3.6. Análisis de variancia de la longitud de raíz de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	44
Tabla 3.7. Prueba de Tukey de la longitud de raíz de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ..	45
Tabla 3.8. Prueba de Tukey de longitud de raíz de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.....	45

Tabla 3.9. Análisis de variancia del diámetro de raíz de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho .....	46
Tabla 3.10. Prueba de Tukey del diámetro de raíz de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ..	47
Tabla 3.11. Análisis de variancia del rendimiento de raíz de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.....	49
Tabla 3.12. Prueba de Tukey del rendimiento de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	49
Tabla 3.13. Prueba de contraste del rendimiento de raíz de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 2.1. Ubicación geográfica de la parcela experimental .....	27
Figura 2.2. Temperaturas ombrotérmicas y balance hídrico, correspondiente a la campaña agrícola 2018 - 2019. Estación Meteorológica de Canaán INIA - Ayacucho. ....	32
Figura 2.3. Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos .....	37
Figura 3.1. Regresión de la altura de planta (cm) sobre niveles de potasio (kg.ha-1) en betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.). Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	42
Figura 3.2. Regresión de la longitud de raíz sobre niveles de potasio (kg. ha-1) en betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.). Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	46
Figura 3.3. Regresión del diámetro de raíz de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) sobre niveles de potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	48
Figura 3.4. Regresión del rendimiento de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) sobre niveles de potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	50
Figura 3.5. Regresión lineal del rendimiento de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) sobre niveles de potasio y guano de isla. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	52
Figura 3.6. Regresión del rendimiento de betarraga ( <i>Beta vulgaris</i> L.) sobre niveles de potasio y guano de isla. Canaán 2750 msnm, Ayacucho. ....	53

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Análisis del suelo de Canaán, 2750 msnm-Ayacucho. ....	62
Anexo 2. Altura de plantas (cm) de las 10 muestra evaluadas. ....	63
Anexo 3. Numero de hojas de las 10 muestra evaluadas. ....	65
Anexo 4. Altura de raíz (cm) de las 10 muestra evaluadas. ....	67
Anexo 5. Diámetro de la raíz de las 10 muestra evaluadas. ....	69
Anexo 6. Peso de raíz (kg) de las 10 muestra evaluadas. ....	71
Anexo 7. Promedios ordenados para el procesamiento estadístico. ....	73
Anexo 8. Panel fotográfico. ....	74

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de cuatro niveles de fertilización potásica y dos de guano de isla, bajo labranza mínima, en el rendimiento de betarraga, bajo las condiciones de Canaán 2750 msnm, Ayacucho. Para llevar a cabo la investigación se utilizó el diseño estadístico experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA), con arreglo factorial de 4 K \* 2 GI, con tres repeticiones y 8 tratamientos. El lugar donde se condujo el experimento pertenece a la zona de vida bosque seco montano bajo sub tropical (bs-MBS). Los niveles de potasio estudiados fueron: 0, 60, 120 y 180 kg. ha<sup>-1</sup>, y los niveles de guano de islas: 1 y 2 t. ha<sup>-1</sup>. La fase de campo se realizó del 27 de marzo a 26 de junio del 2019. La unidad experimental tuvo una dimensión de 3.50 m \* 2.40 m, El distanciamiento entre surcos fue 0.80 m y entre plantas, 0.20 m. El rendimiento de betarraga se evaluó en base a cuatro variables: altura de planta (cm), diámetro de raíz (cm), longitud de raíz (cm), peso de raíz (g) y rendimiento de raíces (kg. ha<sup>-1</sup>). Las labores de manejo ejecutados en el cultivo fueron: riego por goteo, raleo, recalce, deshierbo, abonamiento, control fitosanitario y cosecha. Los resultados mostraron que los niveles de potasio tuvieron un efecto cuadrático en altura de planta, la mayor altura se alcanzó con 145.5 kg. ha<sup>-1</sup> de potasio; los niveles de potasio no influyeron en el número de hojas por planta; en longitud y diámetro de raíz, los niveles de potasio tuvieron un efecto lineal; en rendimiento de raíces, los niveles de potasio tuvieron un efecto cuadrático; el nivel 151.19 kg. ha<sup>-1</sup> de potasio alcanzó el máximo rendimiento de raíces de betarraga (27,100 kg. ha<sup>-1</sup>) y la interacción de efecto principal siendo el nivel 150.77 kg. ha<sup>-1</sup> de potasio con 1tn de guano de isla la que alcanzó el máximo rendimiento de raíces de betarraga (27,400 kg. ha<sup>-1</sup>). Los niveles de guano de islas de 2 t. ha<sup>-1</sup> reportó: mayor altura de planta (38.70 cm), mayor número de hojas (14.69 hojas), mayor longitud de raíz (5.77 cm) y mayor diámetro de raíz (6.56 cm); sin embargo, no influyó en el rendimiento de raíces de betarraga.

**Palabras clave:** Betarraga, *Beta vulgaris* L., fertilización potásica, guano de islas.

## INTRODUCCIÓN

La betarraga (*Beta vulgaris* L.) es una hortaliza que pertenece a la familia de las Amarantáceas. Es originaria del Sur de Europa, donde se consumían desde la antigüedad, tanto la raíz como las hojas, que tienen un sabor similar a las espinacas; actualmente, se sigue comiendo en Francia.

Según el Ministerio de Agricultura (2015), la betarraga es un cultivo altamente precoz, rico en antioxidantes, muy preferido en la agricultura y en el mercado, sin embargo, su producción es muy limitada y muy poco difundida entre los pequeños y medianos productores, que proveen al mercado raíces de mala calidad.

Uno de los limitantes del cultivo de betarraga es la fertilización. El horticultor tiene por costumbre aplicar los fertilizantes sin previo estudio de suelos o sin conocer los requerimientos nutricionales de la planta, por lo que aplica dosis bajas o sobredosis de fertilizantes que podrían provocar impactos negativos en el suelo a futuro.

La utilización de abonos orgánicos es una práctica común en los horticultores de pequeñas parcelas de terreno, incorporando directamente al suelo, y complementan con otras prácticas como la asociación y rotación de cultivos y cultivos de contorno. Los abonos orgánicos constituyen una buena alternativa en el abonamiento de hortalizas, pues mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como su fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, contenido de nutrientes, manteniendo pH óptimos para los cultivos, evitando cambios drásticos en la temperatura, fomentando la actividad microbiana y controlando la erosión del suelo.

Para lograr una producción aceptable, los suelos deben proveer nutrientes a los cultivos de forma adecuada, oportuna y balanceada, para ello, los horticultores deben mantener sus suelos en buenas condiciones.

Tomando en cuenta lo mencionado, con la finalidad de contribuir en la mejora de los rendimientos de betarraga en el ámbito de influencia de la universidad, se ha realizado una investigación en el C. E. de Canaán a 2750 msnm, utilizando dosis de fertilizante potásico y guano de islas, persiguiendo los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Evaluar la influencia de la fertilización potásica y el guano de isla, bajo labranza mínima, en el rendimiento de betarraga, en Canaán a 2750 msnm – Ayacucho.

### **Objetivos específicos**

1. Evaluar la influencia de cuatro niveles de fertilización potásica en el rendimiento de betarraga.
2. Evaluar la influencia de dos niveles de guano de isla en el rendimiento betarraga.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. DE LA BETARRAGA**

##### **1.1.1. Origen del cultivo de betarraga**

Vavilov (1951) menciona que la betarraga es originaria de Europa, principalmente del área del Mediterráneo, donde los griegos aprovechaban las hojas como alimento.

En la época greco-romana, se utilizaba como una hortaliza de hoja; como hortaliza de raíz se cultiva relativamente hace poco tiempo. Los primeros reportes del uso como raíz aparecen a fines del siglo XVI. A partir de ello, primero en Europa y luego en América, se seleccionaron y mejoraron los tipos de raíces gruesas originales, hasta lograr formas de raíces aún más engrosadas y de diversas formas.

Actualmente, la betarraga es muy apreciada, especialmente en los países anglosajones, pero también se ha difundido en algún grado a casi todos los países de clima templado.

##### **1.1.2. Clasificación taxonómica**

Casseres (1980) sugiere la siguiente clasificación:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Caryophyllales
Familia	: Amaranthaceae
Subfamilia	: Betoideae
Género	: Beta
Especie	: <i>Beta vulgaris</i> L.

### **1.1.3. Descripción morfológica**

#### **a) Raíz**

La planta de betarraga tiene una raíz engrosada o comercial que:

“Está formada por anillos concéntricos de tejido xilemático secundario (de color más claro) y floemático (de color más oscuro). Se consideran de mejor calidad las remolachas en las que el color de ambos tipos de tejido sea menos diferenciado. El color rojizo o morado característico de la mayoría de los cultivares se debe al pigmento betanina o betacianina. En algunos cultivares el color de la raíz es amarillento, debido al pigmento betaxantina. La raíz comercial puede ser forma redondeada, globosa alargada, cónica o cilíndrica, dependiendo de las características típicas de cada cultivar” (Morales, 1995).

La raíz “es pivotante, casi totalmente enterrada, de piel-amarillo verdosa y rugosa al tacto, constituyendo la parte más importante del órgano acumulador de reservas” (Higuita, 2006).

#### **b) Tallo**

“El tallo es corto durante el primer mes y forma la corona de la planta; de ésta nacen numerosas hojas anchas, que tienden a tener una coloración violácea cuando la planta está próxima a madurar” (Terranova, 2014).

#### **c) Hojas**

“La planta al inicio se ramifica en un par de cotiledones, de los que se desarrollan pares de hojas lampiñas, de forma ovalada a cordiforme, de color verde oscuro o pardo rojizo, formando generalmente una roseta desde el tallo subterráneo” (AREX, 2013).

#### **d) Flores**

“Las flores están situadas en las axilas de las brácteas, son hermafroditas y poco llamativas. La fecundación es generalmente cruzada, porque sus órganos masculinos y femeninos maduran en épocas diferentes” (Higuita 2006).

#### **e) Fruto**

“El fruto es un agregado de dos o más semillas, recubiertas de una envoltura irregular seca” (AREX, 2013).

**f) Semillas**

“Están adheridas al cáliz y son algo leñosas” (Higuita, 2006).

**1.1.4. Características organolépticas de la raíz**

Son las siguientes:

**a) Sabor**

Su sabor es dulce, debido a que se trata de una raíz en la que se acumulan gran cantidad de azúcares.

**b) Forma**

Globular cilíndrica o cónica.

**c) Tamaño**

Es variable de acuerdo a la categoría que pertenezca la raíz. El diámetro comercial por lo general no es menor de 4 cm aproximadamente.

**d) Color**

Variable, desde rosáceo a violáceo y anaranjado rojizo hasta marrón. La pulpa suele ser de color rojo oscuro y puede presentar en ocasiones círculos concéntricos de color blanco.

**e) Textura**

Fibrosa, fresca, carnosas y jugosa (AREX, 2013).

**1.1.5. Variedades**

Valadez (1996) menciona las siguientes formas según las variedades:

**a) “Achatados**

Son variantes precoces que difieren en la cantidad de follaje y en la forma de la punta de la raíz,

**b) Globular y Ovalado**

Es el principal cultivar para el mercado fresco y para la industrialización,

**c) Redondo**

Se reúnen cultivares que no tienen la tendencia a formar raíces ovaladas, son generalmente intermedios en precocidad,

**d) Alargados**

Son los más populares en Europa que en América, sus raíces pueden llegar desde 20 a 30cm de largo.”

**1.1.6. Ciclo vegetativo**

**a) Siembra**

La betarraga se siembra en forma directa e indirecta, utilizando 4 y 7 kg. ha<sup>-1</sup> respectivamente. Se puede conducir en monocultivo o asociado. Cuando se siembra por surcos, la distancia entre ellos es de 0.50 a 0.70 m y entre plantas 0.15 a 0.20 m, con dos hileras por surco y la profundidad de siembra es de 2- 3 cm. También, se puede cultivar en melgas, donde se distribuye la semilla al voleo. Cuando se utiliza el sistema indirecto, el trasplante se realiza con plantas de 3 a 4 hojas. La betarraga puede tolerar el trasplante, aun con plantas de mayor de edad (Jorge, 2011).

**b) Emergencia**

“Sucede cuando la plántula sale fuera del suelo y extiende las hojas cotiledonales; es cuando observamos en el surco las plántulas en forma de hileras, y depende de la humedad del suelo; cuando el suelo está húmedo la semilla emerge del noveno día al onceavo día después de la siembra. En esta etapa los riegos deben ser frecuentes y ligeros para asegurar una buena emergencia” (Jorge, 2011).

**c) Par de hojas verdaderas**

“El primer par de hojas verdaderas brotan entre las dos hojas cotiledonares; aparecen a los 14 a 16 días después de la siembra” (Jorge, 2011).

**d) Hinchazón de la raíz**

“En esta etapa, la raíz principal comienza a hincharse y es posible ver en la cáscara pequeñas quebraduras alrededor del extremo; esta etapa ocurre entre los 65 a 70 días después de la siembra” (Jorge, 2011).

#### **e) Maduración**

“Se reconoce la madurez de cosecha, cuando las hojas basales empiezan a amarillarse y marchitarse; la raíz ha llegado a tener un promedio de 4.5 a 8 cm de diámetro, y han pasado 120 días a 125 días después de la siembra, el e//l periodo de siembra hasta la madurez está ligado al clima y el lugar donde se siembra la betarraga” (Jorge, 2011).

#### **f) Cosecha**

Robles (1985) indica que “la cosecha de las raíces se inicia a los 120 o 130 días después de la emergencia de las plántulas. Para cosechar se puede emplear una cuchilla o un arado que remueva la tierra lo más bajo posible, con el fin de desprender fácilmente las raíces de betarraga. Puede cosecharse toda la planta o bien cortarse el follaje, y regar para facilitar la extracción de las raíces”.

Chamorro et al. (2011) menciona que “la remolacha es una planta bianual; en la primera etapa, de aproximadamente 6 - 8 meses, desarrolla el aparato vegetativo y radical, y posteriormente, al siguiente año, inicia con el desarrollo del tallo floral y la inflorescencia”.

#### **g) Rendimiento**

Quintero (2006) afirma que “los rendimientos de betarraga suelen oscilar entre 25,000 a 30,000 kilos por hectárea, dependiendo del tamaño de raíces que se desea y del tiempo que está en el terreno”. En promedio, la remolacha no debe pasar de 200 a 300 gramos por raíz. Las raíces cosechadas se lavan y se forman manojos de 4 o 5 plantas para su envío al mercado.

### **1.1.7. Requerimientos edafoclimáticos de la betarraga**

#### **a) Suelo**

Para el cultivo de betarraga, AREX (2013) “recomienda suelos francos; son aptos los suelos de textura media a ligeramente pesada y que sean desmenuzables; en suelos profundos, el cultivo puede desarrollar un sistema radicular penetrante y profundo, sin embargo, extrae el 100 % de agua de la primera capa de suelo que tiene un espesor de 0.7 a 1.2 m”.

Para la betarraga, la FAO (2011) recomienda “suelos profundos con pH alrededor de 7 con elevada capacidad de retención de humedad, poca tendencia a formar costras y buena aireación son los más convenientes para la remolacha. Los suelos arcillosos, arenosos, calizos y secos no son propicios”.

#### **b) pH**

“El rango de pH para el cultivo de betarraga es de 6.0 a 8.0, con un óptimo de 7.0 a 7.5. Valores de pH inferiores a 5.5, son desfavorables para el desarrollo” (AREX, 2013). “El pH más favorable para el cultivo es el comprendido entre 7 y 7.5” (Quintero, 2006).

#### **c) Clima**

Este factor incide directamente sobre el rendimiento del cultivo. Un clima templado, soleado y húmedo contribuye a la producción de un elevado porcentaje de azúcar en la remolacha. La intensidad de iluminación permite una buena fotosíntesis del cultivo y es importante para la elaboración del azúcar (FAO, 2011).

#### **d) Temperatura**

Según la FAO (2011) el rango térmico para desarrollo de la betarraga “se ubica entre 10 a 30 °C, con un óptimo entre 18 y 22°C. La temperatura base para la germinación, está entre 2 y 5°C. Es una especie bien adaptada al frío, su rango térmico es 5 – 30 °C. La temperatura media, para un buen rendimiento, está entre 15 y 21°C. Por debajo de 12 °C no hay crecimiento. Temperaturas altas son perjudiciales al cultivo y disminuyen mucho su contenido de azúcar”.

AREX (2013) informa que “temperaturas nocturnas entre 8 y 10°C promueven un alto contenido de azúcar en las raíces, sin embargo, si las temperaturas son más bajas que este nivel y los días son largos, se induce a la floración, lo cual disminuye la concentración de azúcares en las raíces. El punto de congelación se encuentra entre –5 y –7 °C, la temperatura base para crecimiento es 5-7 °C, mientras que el óptimo para crecimiento es de 22-25 °C. La temperatura máxima para el desarrollo es 30 a 35 °C”.

#### **e) Luz**

Requiere de abundante insolación, ya que en áreas sombreadas se reducen mucho los rendimientos (FAO, 2011).

## f) Salinidad

“Excepto en las etapas iniciales, una vez establecido el cultivo, tolera la salinidad. La disminución del rendimiento es de 10% con 8.7 mmhos/cm, 25% con 11 mmhos/cm, 50% con 15 mmhos/cm y 100% con 24 mmhos/cm. Durante el período inicial la conductividad eléctrica no debe exceder de 3 mmhos/cm” (AREX, 2013).

### 1.1.8. Enfermedades y plagas

#### a) Enfermedades

Según Morales (1995) las principales enfermedades de la betarraga son:

- **Muerte de la plántula o damping off y pudrición seca.** Es causada por un complejo de hongos del suelo como: *Pythium* y *Rhizoctonia*, aunque, *Phoma*, *Aphanomyces* y *Fusarium* también están asociados a este complejo. Provocan la pudrición blanda de la semilla o la plántula antes o después de la emergencia. Las lesiones se caracterizan por tomar un color oscuro en la raíz y el talluelo.
- **Moho blanco y pudrición blanca de la raíz.** Es causada por el hongo *Sclerotium rolfsii* que ocasiona un marchitamiento general y repentino por pudrición de la raíz. Cuando la enfermedad avanza se notan los micelios como algodón en la base de la planta. La enfermedad es favorecida por temperaturas altas y humedad alta.
- **Marchitamiento por Fusarium.** Es ocasionado por el hongo *Fusarium oxysporum* var. *Betae* que ocasiona amarillamiento de las hojas en corto tiempo y muerte prematura, comenzando por las hojas más viejas. Las hojas más jóvenes se enrollan y la raíz se torna e color gris o marrón claro.
- **Pudrición negra de la raíz.** Es producido por el hongo *Aphanomyces cocchlioides* Drechs, que es parte de un complejo que provoca el damping off. Cuando el hongo *Aphanomyces* es el hongo principal y las plantas no son eliminadas por el damping off, se desarrolla la pudrición negra en el extremo de la raíz, con ablandamiento de tejidos exteriores, también se despegan.
- **Pudrición del corazón.** Ocasionado por el hongo *Phoma betae*, ataca tanto las raíces como las hojas; en la raíz se observa como lesiones cancerosas negras y secas que invaden parcial o totalmente.

- **Mancha de la hoja.** Causada por el hongo *Cercospora beticola* Sacc. Que ataca cualquier órgano de la parte aérea de la planta. El síntoma se manifiesta como manchas marrones, circulares y pequeñas (2 cm de diámetro), con bordes definidos de color más oscuro (rojo-purpura). El hongo es favorecido por alta humedad relativa (90-95%) y alta temperatura (27 a 30 °C).
- **Mildiu algodonoso.** Es causado por el hongo *Peronospora farinosa* f. sp. Betae Byfora. Afecta toda la parte aérea manifestándose como manchas verde-claro o amarillentas en el haz de las hojas, con crecimiento algodonoso y blancuzco en el envés. Ataca la corona y brotes de las hojas nuevas.
- **Cenicilla o mildiu polvoso.** Causado por el hongo *Erysiphe polygoni* se caracteriza por presentar manchas grisáceas en ambas caras de la hoja a manera de un moho blancuzco. Es favorecido por un clima seco y temperatura de 25 °C.
- **Otros hongos.** Se ha reportado a los hongos *Uromyces*, *Puccinia*, *Ramularia*, *Septoria*, *Alternaria* y *Urophlyctis*.
- **Bacterias.** Pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Erwinia*, *Streptomyces* y *Corynebacterium*, relacionados con malformaciones, agallas, lesiones externas, necrosis internas y pudrición de la raíz, tizón del follaje y “plateado” de las hojas.

## b) Plagas

Según Morales (1995) las principales plagas de la betarraga son:

- **Los grillos** (*Acheta assimilis* F.).
- **Larvas del follaje.** Como *Spodoptera exigua*, *Laphigma*, *Heliothis*, *Trichoplusia*, *Agrotis*, *Elasmopalpus*, *Phyllophaga* y otros. Devoran las raíces y cortan la plántula a nivel del suelo.
- **Minadores.** Son larvas de los géneros *Liriomyza* y otros.
- **Diabrotica.** Se alimenta de las hojas más jóvenes.

- **Insectos chupadores.** Los más importantes son los áfidos de los géneros *Aphis* y *Myzus*, que succionan la savia de las hojas más jóvenes.
- **Ácaros.** Del género *Tetranychus* que se alimentan de la savia de las hojas, provocando cambio de coloración del follaje a un color grisáceo o plateado, seguido por una desecación de la hoja.
- **Nematodo de los nódulos.** Ocasionado por *Meloydogyne* spp., que provoca nodulaciones y deformación en la raíz.
- **Nematodo de quistes.** Ocasionado por *Heterodera* spp. y *Globodera* spp., provoca excesiva división de raíces y raíz principal más corta.

### 1.1.9. Valor nutricional

Es una hortaliza muy energética; se recomienda para casos de anemia, enfermedades de la sangre y convalecencia porque contiene bastante hierro, también es rica en sacarosa, vitaminas B y C, potasio y carotenos. Se puede comer en ensaladas o cocida, pero mantiene mejor sus propiedades cuando está cruda.

“Es laxante por lo que combate el estreñimiento y las molestas hemorroides. También es un buen remedio para mejorar la función hepática y para las infecciones en la vejiga urinaria. Las remolachas son particularmente ricas en folato. Se ha encontrado que el ácido fólico previene defectos de nacimiento del tubo neural (nervioso) y ayudan contra enfermedades cardíacas y anemia” (Mundo News, 2016).

AREX (2013) reporta el valor nutricional de la betarraga en la tabla siguiente.

“La betarraga es una hortaliza que tiene un buen contenido de yodo, sodio y potasio (325 mg), en menor cantidad, el magnesio, el fósforo y el calcio. La remolacha tiene un pigmento natural que le confiere el color rojo característico llamado betanina o betacianina y que se emplea en la industria agroalimentaria para la obtención de un colorante denominado rojo de remolacha. Respecto al contenido vitamínico de la remolacha, cabe destacar la presencia de vitaminas como la E, del grupo B, como B1, B2, B3, B6 y, en especial, el ácido fólico y el ascórbico en cantidades bajas, junto con la

espinaca o la acelga es una de las verduras con menor contenido en provitamina A y vitamina C. Los folatos intervienen en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis de material genético y en la formación de anticuerpos en el sistema inmunológico” (AREX, 2013).

Tabla 1.1. Valor nutricional de la betarraga

Componente	Contenido	
	Remolacha de huerta	Remolacha azucarera
Calorías	43	336 –339
Agua	87.58 g	76.6 g
Carbohidratos	9.56 g	20.4
Grasas	0.17 g	0.1
Proteínas	1.61 g	1.1 g
Fibra	2.8 g	1.1 g
Cenizas	1.08 g	0.7 g
Calcio	16 mg	115-182 mg
Potasio	325 mg	2619-2638 mg
Fósforo	40 mg	259-323 mg
Sodio	78 mg	286-472 mg
Hierro	0.80 mg	5.5-8.7 mg
Tiamina	0.031 mg	0.08-0.24 mg
Riboflavina	0.040 mg	0.32-0.39 mg
Niacina	0.334 mg	1.64-3.15 mg
Ácido ascórbico	4.9 mg	23-79 g

Fuente: FAO.org.

## 1.2. DEL POTASIO

Con relación al potasio y los nutrientes mayores, se indica:

“Las plantas necesitan de tres principales nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) para un buen desarrollo, El potasio (K) es un macro nutriente esencial requerido en grandes cantidades para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos. Algunas de las principales funciones de las plantas donde el K está comprometido son: la osmoregulación, la síntesis de los almidones, la activación de enzimas, la síntesis de proteínas, el movimiento estomático y el balance de cargas iónicas. Cantidades adecuadas de potasio son importantes contribuyentes en la adaptación de los cultivos al estrés causado por factores bióticos y abióticos, tales como sequías, salinidad, heladas,

ataques de insectos o enfermedades” (Israel, 2006).

INTAGRI (2017) menciona que “el K presenta antagonismos con otros nutrientes, en particular con el magnesio por lo que altos contenidos de potasio afectan la absorción de magnesio. Para el potasio es particularmente importante el fenómeno conocido como “consumo de lujo”, que se produce cuando la planta se desarrolla en suelos con abundante potasio, extraen e incorporan a sus tejidos mucho más de lo que necesitan”.

Ifran (2017) encontró que “la fertilización foliar con K, Ca y B evidencia un efecto positivo sobre la nutrición, con incrementos significativos de estos nutrientes en planta de mandarina ‘Nova’ debido a que el potasio (K) se caracteriza por la gran movilidad y solubilidad en el interior de los tejidos, ejerce una gran influencia en la permeabilidad de las membranas celulares y en la hidratación de los tejidos. Interviene en la economía hídrica de la planta, regulando la absorción y la pérdida por transpiración”.

El potasio es conocido como el “elemento de calidad” para la producción agrícola. Una nutrición potásica adecuada mejora muchos aspectos de la calidad de los cultivos: mayor porcentaje comerciable del rendimiento total, aumento en el porcentaje de proteínas en los granos, mayor contenido de aceite y vitamina C, mejora en el color y sabor de las frutas, aumento del tamaño de frutos y tubérculos, menores pérdidas durante el almacenamiento y transporte, y vida más larga de las frutas y hortalizas en los anaqueles del mercado.

Los niveles adecuados de potasio para el cultivo de betarraga es 100-120 K<sub>2</sub>O como muriato de potasio cloruro de potasio (INIA, 2014).

### **1.2.1. El potasio en el suelo**

Torres (2009) indica que “la forma general en que se encuentra el potasio en el suelo es como ion K<sup>+</sup>, el cual se mueve principalmente por difusión. Esta forma se encuentra en equilibrio dinámico con el K adsorbido en las arcillas, denominado K intercambiable y con las formas de escasa accesibilidad: fijado al complejo arcilloso (5 – 10 %) y K estructural o de reserva (90 – 98 %)”.

“El potasio se encuentra en el suelo bajo la forma de potasio no asimilable, potasio

lentamente asimilable y potasio rápidamente asimilable. Para el caso del potasio no asimilable estos autores indican que la mayor parte del potasio total del suelo, está en formas que las plantas no puede hacer uso de él, o bajo formas en que la planta no puede aprovecharlo como cuando se encuentra formando parte de las estructuras y redes cristalinas de minerales primarios, como los feldespatos y las micas; bajo estas formas, el potasio solo es ligeramente soluble. Asimismo, señalan para el caso del potasio rápidamente asimilable se puede tomar como referencia se encuentra entre el 1 al 2% de la cantidad total de este elemento en el suelo mineral. Bajo este contexto se encuentra en la solución del suelo o como intercambiable a los coloides del suelo, y solo un 10% en la disolución. Entonces cuando las raíces absorben este potasio, el equilibrio existente se rompe, y para su restablecimiento, parte del potasio intercambiable se desplaza a la disolución, y el equilibrio se restablece de nuevo. En otro contexto existe la probabilidad que al agregar fertilizantes potásicos solubles se incremente el contenido de potasio en la disolución, generando así un efecto inverso, dicho de otra manera, aumenta la retención coloidal. Añaden que en el caso de potasio lentamente asimilable, puede ser retenido temporalmente por determinadas arcillas, quedando así atrapado entre láminas cristalinas de algunas minerales de tal forma que no pueda ser utilizado por la planta, en el mismo contexto el potasio no puede ser reemplazado por un proceso ordinario de cambio y en consecuencia se considera como potasio no cambiante, quedando como un depósito de potasio lentamente aprovechable, ya que con el pasar del tiempo o por la acción de determinadas condiciones puede liberarse situándose en posición de intercambiable” (Navarro, S y G. Navarro, 2003).

Ruiz y Sadzawka (2005) señalan que “el potasio se puede encontrar en el suelo bajo cuatro formas: potasio en las estructuras cristalinas de minerales primarios; potasio no intercambiable en minerales secundarios; potasio intercambiable en la superficie de los coloides y potasio en la solución del suelo. El potasio estructural de minerales primarios, constituye la principal forma en que se encuentra el potasio en el suelo y generalmente varía entre el 90 % y 99 % del potasio total”.

“El potasio no intercambiable constituye alrededor del 1-10 % del potasio total y corresponde al potasio que se encuentra fijado. Bajo esta forma no se encuentra disponible y las plantas no lo pueden asimilar, por lo tanto, no forma parte de los procesos normales de intercambio catiónico. Sin embargo, constituye un reservorio de

potasio muy importante, pues está en equilibrio con las formas más disponibles de potasio. El potasio intercambiable, se encuentra en la superficie de los coloides del suelo y es absorbido por estas, su presencia es regida por las leyes de los procesos de intercambio de cationes.

El potasio de la solución del suelo, es el que únicamente se encuentra bajo de catión cargado positivamente. Bajo esta forma el potasio, las plantas pueden absorberlo rápidamente, sin embargo, es más susceptible a perderse por lixiviación. La ecuación, potasio intercambiable más potasio en la solución de suelo, dan como resultado una proporción disponible del potasio en el suelo y constituye alrededor del 0,2 – 5 % del potasio total. Teniendo en cuenta a estas relaciones, un suelo de textura arenosa, cuya capacidad de intercambio catiónico sea deficiente, no podrá proveer la cantidad de potasio que las plantas demanden durante todo su ciclo de crecimiento y desarrollo en la solución del suelo. En contra partida, un suelo con una capacidad de intercambio catiónico elevada, puede ser capaz de mantener un suministro de potasio relativamente constante de potasio en la solución del suelo” (García y Quinke, 2012).

### **1.2.2. Factores que limitan la disponibilidad del elemento potasio en el suelo**

López *et al.* (1998) señala que “algunos de los factores que influyen son: la lixiviación, cantidad y tipo de arcilla, el pH del suelo y encalado, la estructura del suelo, contenido de agua y temperatura del suelo. Para el tipo de suelo la condición más importante a tener en cuenta es la lixiviación”.

Sanabria (2005) manifiesta que “es fundamental para garantizar la absorción del potasio, asegurarse que el mismo entra a formar parte del Complejo arcilloso Húmico (complejo de cambio) y que esté disponible cuando la planta lo requiera, para que se asegure su disponibilidad en suelo debe de tener entre 5 y 10 % de materia orgánica humificable, de lo contrario hay que aplicar enmiendas húmicas. De no hacer así el elemento quedará fijado en las arcillas del suelo”.

“El potasio, en contraste con la presencia de fósforo en el suelo, se encuentra en la mayoría de los suelos en cantidades relativamente grandes (0,5 a 3%) y dependiendo de la textura del suelo. Los suelos arcillosos y limo – arcillosos son más ricos que los suelos de textura limo – arenosos y arenosos. Sin embargo, el contenido de potasio en el

suelo también está influenciado por otras causas, como la extracción por los cultivos, lixiviación y erosión. El incremento de potasio en suelos agrícolas depende del aporte que se realicen, principalmente como fertilizante” (Navarro, G. y Navarro, S., 2003)

### **1.2.3. Rol del elemento potasio en la planta**

“En la nutrición de las plantas, el potasio es importante porque interviene en diversas funciones, pero no forma parte de las estructuras de los diferentes compuestos orgánicos. Permanece bajo la forma iónica en la solución de las células y ejerce la función de un activador de enzimas celulares. Se conoce que cerca de 80 enzimas necesitan del potasio para ser activadas y en ausencia de este elemento no puede ejercer su función, en procesos como: metabolismo energético, síntesis de almidón, reducción de nitrato, fotosíntesis y degradación de azúcares. El potasio ejerce un rol importante en la administración del agua, regulando el potencial osmótico celular, reduciendo así la pérdida de agua por las hojas y aumentando la eficacia de la raíz para absorber el agua del suelo. El rol del potasio es muy meritorio en la introducción y adaptación de las plantas a las condiciones medio ambientales (estrés hídrico, heladas, enfermedades, etc.). Finalmente, el potasio es imprescindible para dar calidad a los frutos” (Ruiz y Sadzawka, 2005).

Jiménez (2018) afirma que:

“El potasio es un elemento imprescindible en la fotosíntesis en la cual cumple la función de activador de enzimas y participa en la glucólisis donde se produce adenosíntrifosfato (ATP). Los iones de potasio mantienen el balance de carga eléctrica en el sitio de producción de ATP. El déficit de potasio afecta la tasa de fotosíntesis y la tasa de producción de ATP, así como todos los procesos dependientes del ATP. Tiene influencia importantísima en la turgencia de las células y presión osmótica. En la transpiración y absorción de CO<sub>2</sub>, el potasio tiene un papel fundamental, regulando la apertura y cierre de las estomas. También se atribuye al potasio la función de transporte de azúcares en el floema elaborados por las hojas en la fotosíntesis; la foto asimilados formados son transportados por el canal del floema hasta los órganos sumideros (flores, frutos, raíces, etc.). La carga de la foto asimilados en el floema es impulsada por la ATPasa, y el potasio es el elemento encargado de activar esta enzima. Cuando es limitada la llegada de carbohidratos a los órganos receptores, éstos, no logran la longitud o el tamaño adecuado.

El potasio como catión  $K^+$  participa activando más de 60 enzimas en los vegetales, entre ellas la enzima ATPasa. El potasio en forma de catión monovalente interactúa con las enzimas; activándolas promoviendo cambios en la conformación de la proteína enzimática. Este cambio inducido por el potasio favorece la velocidad de las reacciones catalíticas. También se ha encontrado que la cantidad presente de potasio en la célula, determina el número de reacciones impulsadas por enzimas que pueden activarse en cualquier momento.

El potasio tiene una función importante en la síntesis y activación de la enzima nitrato reductasa (NR), que es considerada como la enzima clave del proceso de asimilación del nitrógeno. El potasio sostiene una relación estrecha en la absorción, translocación y asimilación de los  $NO_3^-$  en las plantas, que es la materia prima para la formación de las proteínas en las células.

Para que ocurra la elongación celular es fundamental la acumulación de soluto dentro de la célula para crear el potencial osmótico interno necesario para incrementar la presión de turgencia. El potasio es el principal soluto requerido en las vacuolas para la elongación de las células, pues al aumentar el potencial osmótico se favorece la entrada de agua.

En conclusión, el potasio es un nutriente fundamental para la elongación celular, especialmente para el crecimiento de las raíces. Al potasio se ha adjudicado el mérito de nutriente que determina la calidad para la producción de cultivos. Por su papel fundamental en la fotosíntesis, la respiración y la activación de enzimas, el potasio influye significativamente en el crecimiento y la calidad de frutas y hortalizas. El potasio al favorecer la formación de un buen sistema radicular, permite que las plantas pueden absorber agua y nutrientes que más tarde favorecerán el desarrollo del cultivo.

Las plantas durante su evolución han desarrollado diversos mecanismos para tolerar a las condiciones de estrés biótico y abiótico. Al momento se conoce que los nutrientes desempeñan un rol esencial en la resistencia del estrés de las plantas; de los 17 elementos esenciales en la nutrición de los cultivos, el potasio ejerce una función fundamental en la resistencia de las plantas al estrés”.

Domínguez (2004) menciona que “el potasio promueve la acumulación y la rápida translocación de los carbohidratos elaborados recientemente”.

“El potasio regula el proceso de la fotosíntesis, la apertura y cierre de estomas, y por lo tanto, regula la absorción de CO<sub>2</sub>. Dentro de la planta, el potasio desencadena la activación de enzimas y es esencial para la producción de adenosin trifosfato (ATP) que es la fuente importante de energía para muchos procesos químicos que se llevan a cabo en la célula vegetal. Para incrementar el potasio en el suelo se utiliza un fertilizante que eleva inmediatamente el nivel de este nutriente disponible” (Torres, 2009)

Jiménez (2018) manifiesta que:

“El elemento potasio cumple funciones vitales en la fisiología vegetal y por lo tanto su deficiencia origina importantes mermas en el rendimiento y/o calidad de los cultivos. Interviene en la regulación del agua en las plantas (osmo-regulación). Tanto la absorción de agua a través de raíces de las plantas y su pérdida a través de las estomas, puesto que regula el mecanismo de apertura y cierre de las células oclusivas, mejorando la tolerancia de la planta al estrés hídrico. Favorece la formación de hidratos de carbono (azúcar, almidón, etc.). Aumenta la consistencia y dureza de los tejidos de las plantas, lo que da lugar a mayor resistencia a ciertas enfermedades, aumenta el peso, la coloración y el sabor de los frutos, favorece la conservación de los productos, hace disminuir el riesgo de helada, al aumentar el contenido de sales disueltas en la savia disminuyen el punto de congelación de agua.”

Tjlling (2006) manifiesta que “la acción del potasio en la síntesis de la proteína refuerza la conversión del nitrato absorbido en proteínas, contribuyendo a una mejor eficiencia del fertilizante nitrogenado proporcionado”.

Imas, (2020) menciona que los beneficios del potasio son conocido como elemento de calidad, mejora muchos aspectos como: “mayor porcentaje comercializable del rendimiento total, aumento en el porcentaje de proteína en los granos, mayor contenido de aceite y vitamina C, mejora el color y sabor de las frutas, aumento de tamaño de frutos y tubérculos, menores pérdidas durante el almacenamiento y transporte, y una vida más larga de las frutas y hortalizas en los anaqueles del supermercado”.

Es esencial para el crecimiento vegetal e indispensable en la agricultura moderna de altos rendimientos. Los cultivos absorben K igual o más que el nitrógeno. La aplicación de K trae aparejados productos agrícolas de alto valor y máximos rendimientos económicos para los agricultores. Juega un rol importante en la fotosíntesis, activa más de 60 sistemas enzimáticos, promueve la síntesis, traslocación y el almacenamiento de carbohidratos y optimiza la regulación hídrica en los tejidos vegetales. Estas múltiples funciones vitales del potasio hacen que sean numerosos los efectos positivos en la fertilización potásica: promoción de crecimiento radicular, aumento de la resistencia a la sequía y a las heladas, disminución de la incidencia de plagas y enfermedades, reducción a la tendencia del vuelco de cereales e incremento de la nodulación en leguminosas.

Martínez y Garcés (2010) reporta “valores más bajos de número de hojas, área foliar, peso seco de raíz, hojas y total, y de índices de crecimiento obtuvo 0 mg L<sup>-1</sup> de K, mientras que la respuesta más favorable, incluyendo producción, se logró con 360 mg L<sup>-1</sup> de K. Por lo cual, 360 mg L<sup>-1</sup> de K es la dosis más recomendable para el cultivo de lechuga var. Romana bajo condiciones de invernadero de cubierta plástica”.

“El K es el catión requerido en mayor cantidad por las plantas. Se necesitan altas cantidades de K para mantener la salud y el vigor de las plantas. Las funciones específicas del K en la planta son: la osmoregulación, equilibrio interno de cationes y aniones, activación de enzimas, adecuado uso del agua, translocación de fotosintatos y síntesis de proteínas. Una apropiada provisión de K a planta genera tolerancia a varios tipos de estrés como heladas, sequía, calor y alta intensidad de luz. El adecuado suministro de este nutriente también mejora la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades. Hasta el momento, no se conocen efectos nocivos del K en el ambiente y en la salud humana, pero un nivel insuficiente de K puede ocasionar problemas en el crecimiento y en la eficiente utilización de otros nutrientes como N y P por los cultivos. En cultivos orgánicos y convencionales es necesario mantener niveles adecuados de K en el suelo y en la planta” (Mikkelsen, 2015).

#### **1.2.4. Deficiencia de potasio**

La falta de potasio en la planta afecta el crecimiento radicular y limita la absorción de agua y otros nutrientes por tener menor cantidad de pelos absorbentes.

Domínguez (2004) indica que “con deficiencia del potasio se presenta pocas flores y un menor número de frutos maduros de las ramas. En casos severos las ramas comienzan a secarse por las puntas y las hojas se desprenden con facilidad hasta ocasionar muerte de la rama” (INTAGRI, 2017).

Azcón-Bieto y Talón (2008) mencionan que “en plantas dicotiledóneas, los primeros síntomas de clorosis aparecen en las hojas adultas, que posteriormente se hacen necróticas; el crecimiento se retrasa y se produce pérdida de turgencia y marchitamiento, mucho más acusados cuando existe un déficit hídrico”.

Flores (2009) menciona que “la deficiencia de potasio ocasiona disturbios en el metabolismo de las proteínas y debido al relativo incremento del nitrógeno en forma de aminoácidos lo que genera menor nivel de proteína en los tallos y hojas motivo por el cual se presentan manchas necróticas. La falta de potasio se manifiesta en las hojas viejas; las plantas crecen lentamente, forman un sistema radicular mal desarrollado y tallos débiles. Las semillas y los frutos son pequeños y deformes, las plantas tienen menor resistencia a enfermedades.”

#### **1.2.5. Exceso de potasio**

Adams y Ho (1993); Azcón-Bieto y Talón (2008) y Scherer (1999) mencionan que, “el exceso de potasio generalmente produce efectos específicos de toxicidad en las plantas, sin embargo, interfiere en la absorción y disponibilidad fisiológica de Ca, Mg, Na, P, Z y Cl. De hecho, las aplicaciones en exceso de potasio, algunas veces reduce tan fuertemente la absorción de Ca que induce a su deficiencia”.

### **1.3. GUANO DE ISLA**

Sobre las características y bondades del guano de islas se menciona que:

“El guano de las islas es un recurso natural renovable, que se encuentra en las superficies de las islas y puntas del litoral peruano, lugares en donde se aposentan y se reproducen las aves guaneras. Es un poderoso fertilizante orgánico utilizado con gran éxito por los agricultores y ligado desde muchos años a nuestra historia; tiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, además de muchos otros elementos nutritivos, que los convierten en el fertilizante orgánico más completo del mundo. Estos yacimientos son tan antiguos que ya los Incas los conocían y los empleaban en sus

cultivos que de generación en generación han pasado hasta nuestros días. El guano de isla es la columna vertebral de nuestra agricultura, es el mejor fertilizante natural y el más barato del mundo. Su calidad es reconocida en el país y en el extranjero donde a raíz del cese de su exportación se le recuerda todavía como el “guano del Perú” (PROABONOS, 2007).

Tineo (2007) afirma que “el guano de isla es un abono orgánico producido por las aves guaneras (guanay, piquero, alcatraz o pelícano) en algunas islas de la costa peruana. El guano de isla es una mezcla de excrementos de aves, plumas, restos de aves muertas, huevos, etc. Según Guerrero estos residuos “experimentan un proceso de fermentación sumamente lento lo cual permite mantener sus componentes al estado de sales, así mismo, es uno de los abonos naturales de buena calidad en el mundo, por su alto contenido de nutrientes, así como facilidad de asimilación”.

“El guano de las islas es un recurso natural renovable, que se encuentra en las superficies de las islas y puntas del litoral peruano, lugares en donde se aposentan y se reproducen las aves guaneras. Es un poderoso fertilizante orgánico utilizado con gran éxito por los agricultores y ligado desde muchos años a nuestra historia; tiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, además de muchos otros elementos nutritivos, que los convierten en el fertilizante orgánico más completo del mundo. Estos yacimientos son tan antiguos que ya los Incas los conocían y los empleaban en sus cultivos que de generación en generación han pasado hasta nuestros días. La utilización de guano de islas permite proporcionar a la planta 12% de N, 11% de P y 2% de K. Este producto mejora la textura y estructura de los suelos, incorpora las dosis de materia orgánica y microorganismos, permite a las plantas crecer fuertes y vigorosas, se acorta el periodo vegetativo de los cultivos, incrementa la producción de los cultivos, no deterioran los suelos, fertilizante natural completo no contaminante” (PROABONOS, 2008).

“Biológicamente el guano de islas juega un rol esencial en el metabolismo básico del desarrollo de raíces, tallos y hojas contiene todos los elementos nutritivos que aseguran la nutrición de las plantas, además de tener una acción benéfica sobre la vida de los suelos. El guano de las islas como es de conocimiento general, no es otra cosa que las deyecciones de las aves marinas como el guanay, piquero y alcatraz. Las aves guaneras

son prácticamente laboratorios vivientes donde se procesa el abono más completo que ha podido darse en la naturaleza. Este abono consiste en la carne y los esqueletos de los peces que han sido ingeridos por las aves, y que sufren todo un proceso digestivo que los convierte en materia de fácil asimilación por las plantas” (Ramírez, 1999).

El uso del guano de islas se debe aplicar en proporciones adecuadas a las plantas o cultivos.

Tabla 1.2. Composición del guano de islas

Nutriente		Contenido	
Nitrógeno	N	10 - 14	%
Fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10 - 12	%
Potasio	K <sub>2</sub> O	2 - 3	%
Calcio	CaO	8	%
Magnesio	MgO	5	%
Azufre	S	16	%
Hierro	Fe	320	p.p.m.
Zinc	Zn	20	p.p.m.
Cobre	Cu	240	p.p.m.
Manganeso	Mn	200	p.p.m.
Boro	B	160	p.p.m.

También contiene:

Flora Microbiana

Hongos y bacterias benéficas

Fuente: PROABONOS (2010).

Muchos investigadores, han demostrado los efectos benéficos del guano de islas, en cultivos anuales, hortícolas; dentro de ellos citamos a:

Huahuachampi (2015) concluye mencionando que “La mejor dosis de guano de isla que permitió obtener la mejor respuesta agronómica en el cultivo de quinua orgánica, fue 1 200 kg ha<sup>-1</sup> de guano de isla y con la aplicación de compost. Alcanzando mayor altura, mayor longitud de panoja, mayor diámetro de panoja y mayor rendimiento por parcela y hectárea”.

Rebaza (2015) encontró que “Hubo efecto del guano de islas el originar diferentes rendimientos; con el tratamiento T3 (2 t. ha<sup>-1</sup>), se obtiene el mayor rendimiento de

*Lactuca sativa* L. var. Dark green Boston en Santiago de Chuco – La Libertad, correspondiéndole 34,429 t. ha<sup>-1</sup> “. El mismo autor encontró mayor altura, diámetro, peso y rendimiento con 2 t. ha<sup>-1</sup>.

Chávez (2015) reporta que “El rendimiento de lechuga es influenciado positivamente por los niveles crecientes de guano de islas y roca fosfórica, incubadas en una solución de microorganismos”.

Gonzales (2013) informa que “Existe diferencias estadísticas significativas en el efecto de los diferentes abonos orgánicos en el rendimiento/parcela, T4 (compost), T5 (Guano de islas), T3 (sustrato sphagum), T2 (estiércol de ovino) y T1 (sin sustrato) con rendimientos de 1450.96; 13987.68; 13032.00; 11989.44 y 9730.56 kg/ha, respectivamente, debido a la presencia de fósforo que contiene el guano de isla”

#### **1.4. LABRANZA MÍNIMA O CONSERVACIONISTA**

Wikipedia (2021) menciona que “La labranza mínima se puede definir como el menor número de pasadas en el suelo para obtener una buena germinación y un buen desarrollo de las semillas, y para que resulte una buena población de plantas. La idea general se basa en trabajar en trenes de herramientas de manera que, en una sola pasada, o máximo dos, se realice la preparación total del suelo y la siembra en conjunto.”

“Las ventajas fundamentales de los sistemas de labranza de conservación se asocian a que deja cierta cantidad de rastrojo sobre la superficie. Asimismo, la magnitud de tales beneficios es proporcional al grado de cobertura y al espesor de la cubierta de rastrojos. En primer lugar, la presencia del rastrojo ejerce una protección directa al suelo de la erosión. Esto es bastante importante en nuestra zona que tiene suelos en pendiente y, en algunas épocas del año, recibe precipitaciones de alta intensidad.

Otra ventaja es que la cobertura con rastrojos sobre la superficie establece una barrera que provoca una reducción de la tasa a la que el agua se evapora desde el suelo. Cuanto más rastrojo haya y cuanto menos se haya movido el suelo, mejor conservación del agua tendremos haciendo que la oportunidad de siembra sea mejor, ya que no habría que esperar que llueva para sembrar. En general, uno puede sembrar cuando quiere sembrar.

Asimismo, se conserva mejor la reserva de agua del suelo para que sea aprovechada por el cultivo, especialmente en los períodos críticos.

Por otro lado, al haber menos o ninguna operación de laboreo, hay menos mineralización de materia orgánica lo que, junto con la reducción del consumo de combustible, hace que se emita menos dióxido de carbono a la atmósfera contribuyendo a la reducción del efecto invernadero. El dióxido de carbono es uno de los gases que producen tal efecto y cualquier práctica que se pueda hacer para reducir su emisión contribuirá a controlar el calentamiento global de la atmósfera de la Tierra. El sistema de labranza de conservación tiene algunas desventajas. Por ejemplo, la liberación del nitrógeno por parte del suelo es menor ya que no hay una ruptura tan intensa de los agregados, ni una exposición al aire de la materia orgánica tan marcada, con lo que se ve reducida la tasa de mineralización del nitrógeno reservado en el suelo. En el sistema de labranza de Conservación los rastrojos no están completamente incorporados en el suelo, hace que las tasas de su descomposición sean más bajas y que el efecto de inmovilización del nitrógeno se mantenga con una relativa elevada magnitud por más tiempo. El proceso de inmovilización es aquél provocado por los microorganismos encargados de descomponer los residuos que, para poder cumplir con su función, toman el nitrógeno del suelo que debería estar disponible para las plantas. La consecuencia del efecto de las labranzas conservacionistas sobre estos dos procesos es que habrá menos nitrógeno disponible para los cultivos y, en general, habrá que aplicar mayor cantidad de fertilizante.

En los sistemas de labranza de conservación, las coberturas que dejan los residuos vegetales ayudan a conservar el suelo y la humedad del perfil, mejoran su actividad biológica y favorecen el control de malezas.

Sin embargo, la implementación de estos sistemas se puede ver limitada por condiciones técnicas, administrativas y socioeconómicas. En aspectos técnicos, se requiere conocer bien las características del suelo y del clima, contar con equipos adecuados y bien calibrados. Así resulta recomendable buscar asesoría técnica y evaluar el sistema a nivel de la finca, iniciando con extensiones relativamente pequeñas” (Rondinel, 2014).

García-Hernández et al. (2000) manifiestan que “la labranza remueve el suelo cercano al implemento reduciendo notablemente la densidad aparente e incrementando la porosidad, resultando en mayores tasas de infiltración y aireación”

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. UBICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, perteneciente al distrito de Andrés Avelino Cáceres, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho. El lugar donde se instaló el experimento pertenece a la zona de vida bosque seco montano bajo sub tropical (bs-T). La ubicación geográfica se detalla a continuación:

Latitud Sur : 13° 08' 05"

Longitud Oeste : 74° 32' 00"

Altitud : 2750 msnm



Figura 2.1. Ubicación geográfica de la parcela experimental

## 2.2. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El terreno donde se realizó el presente trabajo experimental, en la campaña 2018 – 2019, estuvo ocupado por cultivo de col.

## 2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

Para la caracterización físico-química del suelo del terreno donde se realizó el experimento, se realizó el muestreo de suelos recogiendo 4 muestras de 1 kg, los cuales se mezclaron y homogenizaron; de esta mezcla, se separó 1 kg de suelo que se envió para su respectivo análisis al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, de la Facultad de Ciencia Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. El resultado reporta que el suelo presenta clase textural Franco arcilloso, pH de 7.65 (moderadamente alcalina), conductividad eléctrica de 1.808 dS/m (muy ligeramente salino) y Carbonatos, bajo. La materia orgánica, 1.83% es baja, y el nitrógeno total 0.09 también es limitado.

El reporte del análisis indica: fósforo disponible, 25.8 ppm, contenido óptimo; contenido de potasio, 169.7 ppm, medio. La CIC de 17.6 Cmol<sup>(+)</sup>/kg es un valor medio. En conclusión, el suelo del terreno elegido, es apropiado para el cultivo de betarraga.

Tabla 2.1. Análisis del suelo de Canaán

Componentes	Nivel
Nitrógeno Total	0.09%
Materia Orgánica	1.83%
P - Disponible	25.8 ppm
K - Disponible	169.7 ppm
pH	7.65
Arena	44.90%
Limo	18.30%
Arcilla	36.80%
Clase Textural	Franco arcilloso

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería

## 2.4. CARACTERÍSTICAS DEL GUANO DE ISLAS

Tabla 2.2. Resultados del análisis de guano de islas.

Componente	Contenido
Humedad (%)	19.7
pH	8.46
C.E. (1:1) mS/cm	75.5
M.O. total (%)	39.4
N-total (%)	4.41
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	2.81
K <sub>2</sub> O (%)	2.32
CaO (%)	6.87
MgO (%)	2.42
SO <sub>4</sub> = (%)	0.38

Fuente: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería.

Los resultados del análisis del guano de islas, catalogan este abono de una calidad media, que contiene los macroelementos en cantidad media.

## 2.5. REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE BETARRAGA

Tabla 2.3. Requerimientos del cultivo

Nutrientes	Niveles/ha
Nitrógeno	100 – 120 kg N
Fósforo	80 – 100 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Potasio	100 – 120 kg K <sub>2</sub> O
Boro	10 – 20 kg B

Fuente: INIA 2014

## 2.6. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

La ciudad de Ayacucho tiene un clima templado, con cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche. La temperatura media fluctúa entre los 17° a 20°C; los meses de mayor calor coinciden con los meses de mayor precipitación (enero, febrero, marzo), en dichos meses la temperatura supera a los 25°C y las temperaturas mínimas fluctúan entre 9°C a 10°C; los meses de bajas temperaturas coinciden con la época sin lluvias del

año, en dichos meses, las temperaturas mínimas oscilan entre 2°C y 5°C, se presentan algunas heladas en horas de madrugada en los meses de mayo, junio, julio. Los meses de abril, mayo y junio presentaron temperaturas que fluctuaron entre 3°C a 28°C lo cual casi no le favoreció en el desarrollo de la betarraga.

La Humedad relativa fluctúa entre 50 a 60%, con precipitación total de 400 mm a 700 mm y promedio anual de 550 mm. Las precipitaciones se concentran mayormente en el primer trimestre año (60% a 80% de la precipitación total anual). El trabajo de investigación se instaló en el mes casi al finalizar de lluvias, por tanto, para el desarrollo del cultivo de betarraga tuvo que instalarse riego artificial, en este caso riego por goteo.

Tabla 2.4. Temperaturas máximas, media, mínima y precipitación correspondiente a la campaña agrícola 2018 – 2019, de la Estación Meteorológica del INIA – Canaán a 2750 m.s.n.m. Ayacucho.

DATOS CLIMÁTICOS	AÑO 2018						AÑO 2019						Total, anual	T° máx. (C°)
	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun		
Número de días del mes	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30		
T° Max Med men (c°)	26.60	25.60	28.20	28.60	29.80	28.50	31.40	25.00	25.60	28.20	26.80	26.80		27.59
T° Min Med men (c°)	4.80	8.00	7.00	8.80	8.40	9.00	10.00	8.20	9.20	8.00	5.40	3.60		7.53
T° Med men (c°)	15.70	16.80	17.60	18.70	19.10	18.75	20.70	16.60	17.40	18.10	16.10	15.20		17.56
Precipitación total (mm)	6.60	3.10	53.40	22.60	36.70	54.90	106.30	116.80	62.80	11.70	5.60	0.00	480.50	

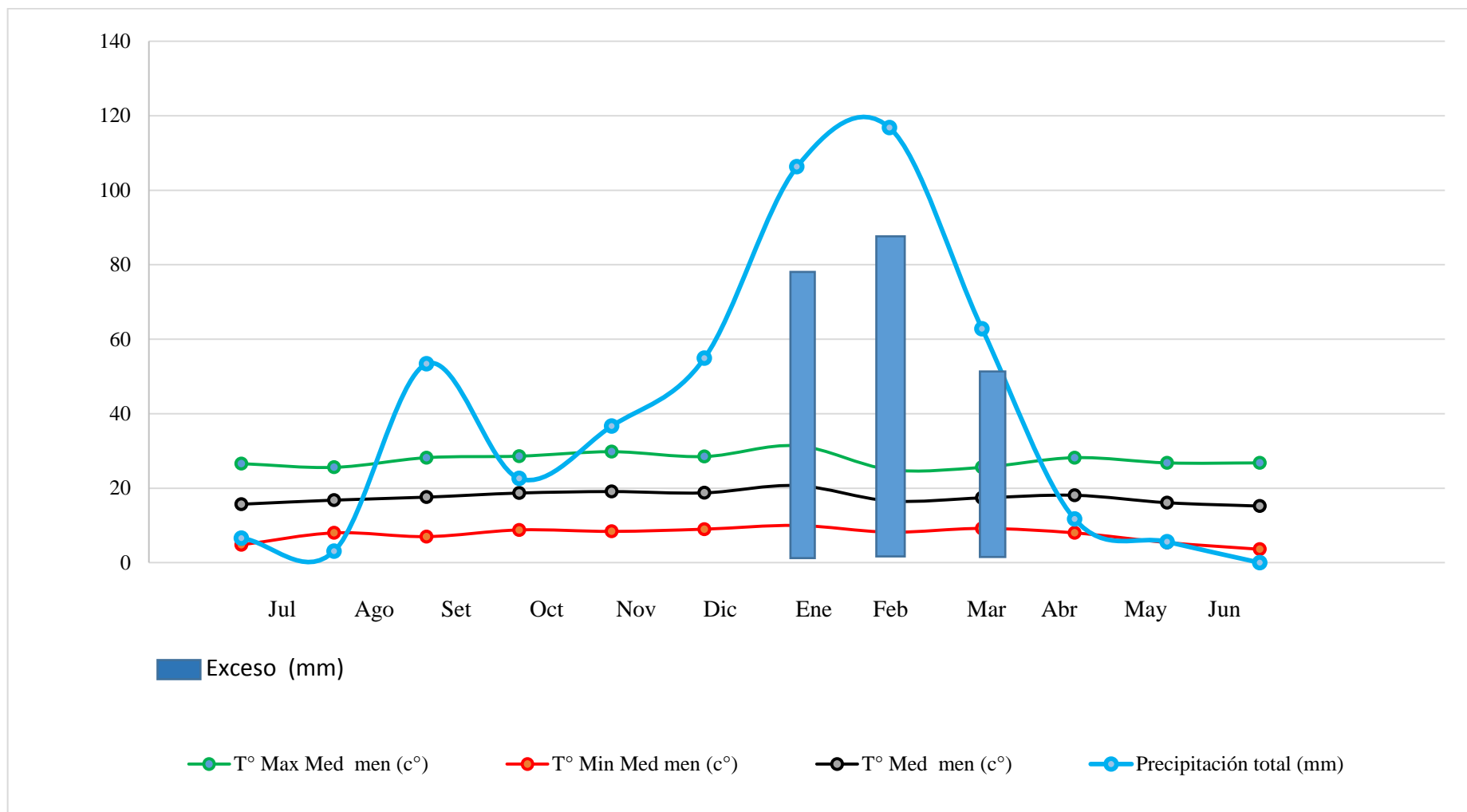


Figura 2.2. Temperaturas ombrotérmicas y balance hídrico, correspondiente a la campaña agrícola 2018 - 2019. Estación Meteorológica de Canaán INIA - Ayacucho.

## **2.7. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES EN ESTUDIO**

En el experimento se utilizó la variedad de betarraga Early Wonder Tall Top, cuyas características principales según Guasch semillas (2020) se detallan a continuación:

### **Variedad de betarraga Early Wonder Tall Top**

- Esta variedad se destaca por permitir utilizar tanto la raíz como las pencas (que tienen el sabor similar al de la acelga o espinaca).
- Tiene mejor comportamiento en siembras de primavera temprana. Madura en 35 días para cosechar sus hojas y según la zona en 60/70 días se cosecha la raíz.
- Las hojas que produce son grandes y de color verde esmeralda, muy buenas para el consumo en fresco. Las pencas son rojas y comestibles.
- Las raíces son de 8 cm de diámetro, levemente aplanadas en los polos y de excelente sabor muy dulce. La piel es un color rojo oscuro y la carne de un profundo rojo con zonas ligeramente más claras.

## **2.8. VARIABLES INDEPENDIENTES**

Las variables independientes y sus indicadores considerados en la investigación son:

### **2.8.1. Niveles de guano de islas (G)**

$$g_1 = 1 \text{ t. ha}^{-1}$$

$$g_2 = 2 \text{ t. ha}^{-1}$$

### **2.8.2. Niveles de potasio (K)**

$$k_1 = 0 \text{ kg. ha}^{-1}$$

$$k_2 = 60 \text{ kg. ha}^{-1}$$

$$k_3 = 120 \text{ kg. ha}^{-1}$$

$$k_4 = 180 \text{ kg. ha}^{-1}$$

## **2.9. VARIABLES DEPENDIENTES Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

Las variables dependientes se evaluaron en campo considerando los siguientes criterios:

### **2.9.1. Variables morfológicas**

Al momento de la cosecha, en cada parcela, se evaluó una muestra de 10 plantas competitivas, evitando las plantas del inicio y cabecera para evitar el efecto de borde.

**a) Altura de planta**

En cada parcela se midieron en 10 plantas competitivas, con una cinta calibrada, la altura desde el cuello de la planta (corona) hasta el ápice de la hoja más larga. La evaluación se realizó un día antes de la cosecha de las plantas.

**b) Número de hojas por planta**

En las mismas 10 plantas competitivas, se contaron el número de hojas por planta.

**2.9.2. Variables de rendimiento**

**a) Diámetro de raíz**

Utilizando un vernier se midió el diámetro de la raíz en la parte ecuatorial en cm, de las mismas 10 plantas competitivas, al inicio de la cosecha.

**b) Longitud de raíz engrosada**

Utilizando el vernier se midió en cm la distancia entre el cuello de la planta (corona) y la base de la raíz donde termina el engrosamiento, al momento de iniciar la cosecha. Se tomaron para la evaluación las mismas 10 plantas competitivas elegidas por cada parcela.

**c) Peso de la raíz**

Luego de cosechar las plantas de betarraga con maduras comercial, se tomó una muestra representativa de 10 plantas en las que se separaron las hojas a la altura del cuello (corona) y luego se pesaron en una balanza calibrada, y luego se obtuvo el promedio correspondiente.

**d) Rendimiento de la raíz (kg. ha<sup>-1</sup>)**

Luego verificar en el campo que más del 80 % de plantas de betarraga se encontraba en estado de madurez comercial (raíces con más de 8 cm de diámetro ecuatorial) se procedió a extraer las plantas maduras de cada parcela, dejando los extremos para evitar el efecto de borde. A continuación, luego de cortar las hojas se procedió de pesar las raíces en una balanza digital calibrada de 30 kg, las mismas que se extrapolaron a una hectárea para expresar el rendimiento en kg. ha<sup>-1</sup>.

## 2.10. TRATAMIENTOS

Tabla 2.5. Descripción de los tratamientos

Código	Descripción
T <sub>1</sub>	1.0 t G/ha* 0 K /ha
T <sub>2</sub>	1.0 t G/ha*60 K /ha
T <sub>3</sub>	1.0 t G/ha*120 K /ha
T <sub>4</sub>	1.0 t G/ha*180 K/ha
T <sub>5</sub>	2.0 t G/ha*0 K /ha
T <sub>6</sub>	2.0 t G/ha*60 K/ha
T <sub>7</sub>	2.0 t G/ha*120 K /ha
T <sub>8</sub>	2.0 t G/ha*180 K/ha

## 2.11. METODOLOGÍA PROCEDIMENTAL

### 2.11.1. Diseño experimental

El experimento se realizó en el C. E. de Canaán de la FCA; se utilizó como planta indicadora la betarraga “Early Wonder Tall Top”, donde se midió el efecto de cuatro niveles de potasio y dos niveles de guano de islas en el rendimiento de raíces. El tipo de investigación es experimental, nivel aplicado y método inductivo. Para la distribución de las unidades experimentales en el campo se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completamente Randomizado con arreglo factorial de 2G\*4K con ocho tratamientos, con 3 repeticiones. Se evaluó el rendimiento comercial de raíces de betarraga. La unidad experimental tuvo una dimensión de 3.50 m \* 2.40 m, y el distanciamiento entre surcos fue 0.80 m y entre plantas fue 0.20 m. El análisis estadístico consistió en realizar el Análisis de Varianza (ANVA) y regresión para determinar el modelo que mejor se ajusta en la influencia del abonamiento potásico y guano de islas en el rendimiento de raíces de betarraga. El modelo de ANVA se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 2.6. ANVA de niveles de Guano de Isla y Potasio (K) en el rendimiento de Betarraga.

F.V.	G.L.
Bloque	2
Guano de Isla	1
Potasio (K)	3
Guano de Isla * Potasio (K)	3
Error	14
Total	23

### **2.11.2. Características del campo experimental**

Las dimensiones de campo experimental son:

#### **a) De las parcelas experimentales**

- Ancho de parcela : 2.4 m.
- Largo de parcela : 3.5 m
- Área de parcela : 8.4 m<sup>2</sup>
- Distanciamiento entre surcos : 0.80 m
- Distanciamiento entre golpes : 0.20 m
- Número de plantas por golpe : 1.0 plantas
- Número de parcelas : 24.0

#### **b) De los bloques:**

- Ancho del bloque : 3.5 m.
- Largo del bloque : 19.2 m
- Área de cada bloque : 67.20 m<sup>2</sup>
- Número de bloques : 3
- Número de parcela por bloque : 8

#### **c) Campo experimental:**

- Ancho : 12.5 m.
- Largo : 19.2 m
- Área total del experimento : 240 m<sup>2</sup>

### 2.11.3. Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos

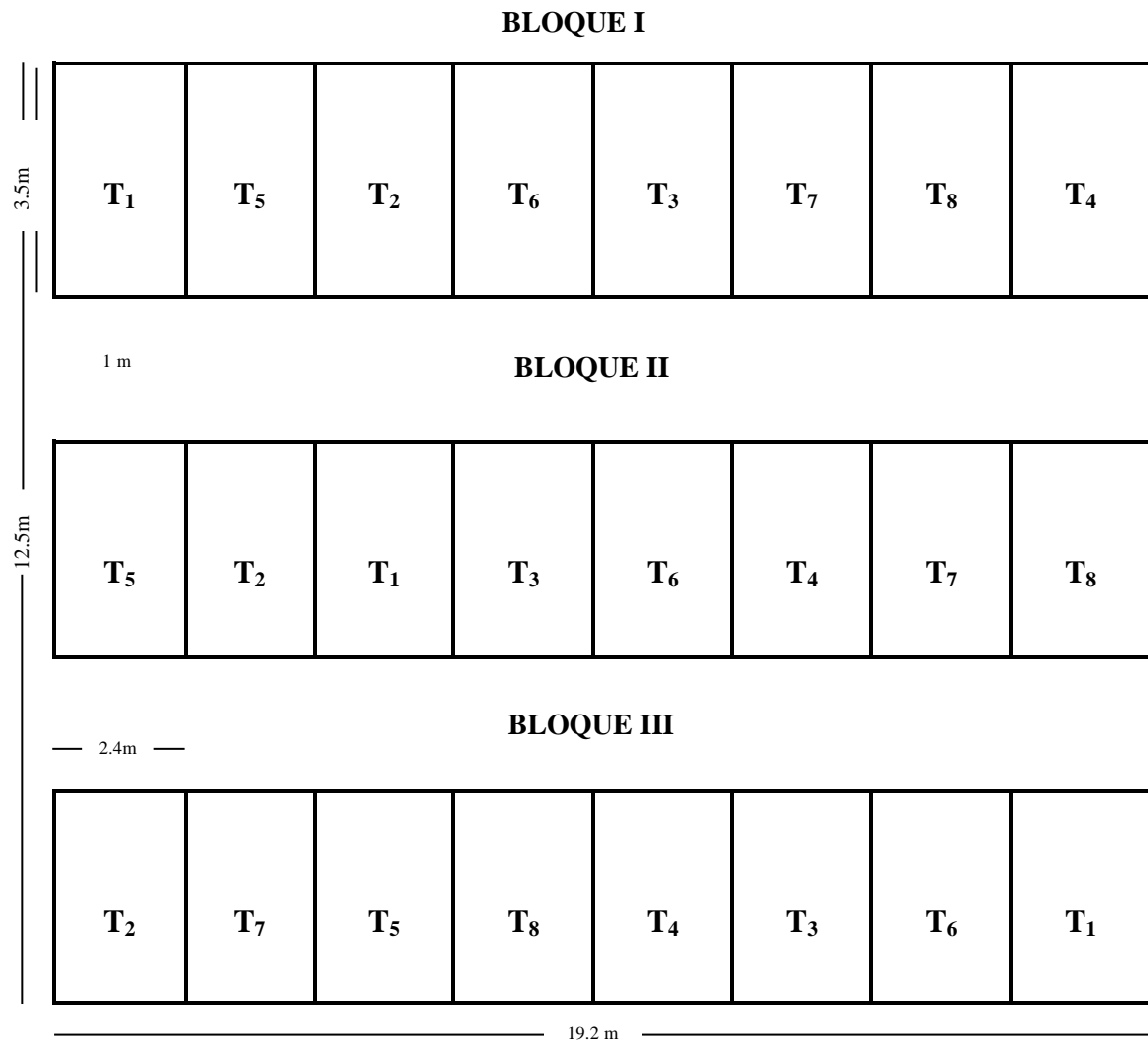


Figura 2.3. Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos

### 2.11.4. Instalación y conducción del experimento

#### a) Limpieza y preparación del terreno

La preparación del terreno fue bajo labranza mínima, que consistió en intervenir lo menos posible al suelo, con la finalidad de prevenir la compactación del suelo de Canaán, dejar cierta cantidad de rastrojos sobre la superficie del suelo que establece una barrera que provoca una reducción de la tasa a la que el agua se evapora desde el suelo, ya que la época que condujo el proyecto fue calorosa y ahorrar el combustible. Se realizó una semana antes de la siembra con el fin de controlar malezas utilizando la segadera y azadones a continuación, se realizó la remoción del terreno en la línea del surco, con ayuda de arado manual.

**b) Demarcación y estacado del campo experimental**

Para la demarcación del campo experimental se utilizó estacas y yeso, wincha y cordel según el croquis experimental.

**c) Trazado de surcos**

Luego de la demarcación, se realizó la apertura de surcos a un distanciamiento de 80 cm y a una profundidad de 15 cm.

**d) Abonamiento**

Se aplicó el fertilizante de arranque y las dosis de cloruro de potasio y guano de isla en el fondo del surco.

**e) Siembra**

La siembra se llevó a cabo en forma directa depositando 3 semillas de betarraga por golpes, variedad Early Wonder Tall Top, modo de siembra en surcos mellizos. Las semillas se enterraron 1cm de profundidad; en golpes a 20 cm y surcos a 80 cm.

**f) Instalación de suministros de riego presurizado**

Para garantizar la dotación hídrica a los cultivos, se instalaron mangueras y cintas de riego por goteo para garantizar la dotación de agua durante el periodo vegetativo del cultivo, en función a sus necesidades hídricas.

**g) Raleo - trasplante**

Se llevó a cabo a los 15 días después de la siembra dejando una planta por golpe (el de mayor vigor); en los golpes donde no crecieron las plántulas, se hizo el trasplante con plantas provenientes del raleo; el trasplante se realizó sobre suelo húmedo, así mismo después del trasplante se hizo el correspondiente riego.

**h) Control de malezas**

Se ejecutó en forma manual utilizando azadones con el fin de evitar la competencia de las malezas con el cultivo.

**i) Control de plagas**

Para controlar algunas plagas como Diabrotica, Epitrix y otros que se presentaron en el

cultivo, se fumigo las plantas con Ciperklin (10 ml por cada 15 litros de agua), la primera aplicación se realizó a los 30 días después de la siembra y dos meses después de la siembra.

**j) Cosecha**

La cosecha de las plantas se realizó a los 90 días después de la siembra, cuando más del 80 % de plantas se encontraban en madurez comercial (diámetro de raíz de más de 7 cm) y con raíces que sobresalen en la superficie del suelo. Esta labor consistió en extraer las raíces manualmente tomando las plantas por las hojas.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. CARACTERES DE PLANTA

##### 3.1.1. Altura de planta

Tabla 3.1. Análisis de variancia de altura de planta (cm) de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

F.V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	60.03	30.01	8.41	0.0040
Tratamiento	7	352.01	50.29	14.09	0.0000
Guano de Isla (G)	1	109.40	109.40	30.66	0.0001
Potasio (K)	3	215.86	71.95	20.17	<0.0001
Potasio Lineal	1	147.45	147.45	41.33	<0.0001
Potasio Cuadrático	1	60.67	60.67	17.01	0.0010
Potasio Cúbico	1	7.73	7.73	2.17	0.1631
Guano x Potasio (G x K)	3	26.75	8.92	2.50	0.1020
Error	14	49.95	3.57		
Total	23	461.98			

CV (%) = 5.17; Promedio = 36.56 cm

El análisis de variancia para la altura de planta de betarraga (tabla 3.1), muestra que existe diferencia significativa en las fuentes de variación bloque, tratamiento, efecto principal de guano de islas y efecto principal cuadrático para el potasio; no se encontró significación para los efectos de interacción guano x potasio. El coeficiente de variación fue de 5.17 %. Se estudiaron las diferencias entre tratamientos, efecto principal de guano de isla y la regresión cuadrática de altura de planta en dosis de potasio.

Tabla 3.2. Prueba de Tukey de la altura de planta (cm) de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Guano de Isla t. ha <sup>-1</sup>	Potasio Kg. ha <sup>-1</sup>	Altura de planta cm	N	Tukey			
2	120	43.47	3	a			
2	180	40.72	3	a	b		
2	60	36.89	3		b	c	
1	120	36.57	3		b	c	
1	60	35.67	3		b	c	
1	180	35.37	3		b	c	d
2	0	33.70	3			c	d
1	0	30.10	3				d

DSM = 5.44

Los tratamientos de 2 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas con 120 y 180 kg.ha<sup>-1</sup> de potasio (Tabla 3.2.), alcanzaron mayor altura de planta (43.47 y 40.72 cm), mientras que los tratamientos con menor altura de planta son: 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas con 180 kg.ha<sup>-1</sup> de potasio, 2 t.ha<sup>-1</sup> con 0 kg.ha<sup>-1</sup> de potasio y 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas con 0 kg.ha<sup>-1</sup> de potasio (35.37, 33.70 y 30.10 cm, respectivamente). Este resultado demuestra el efecto positivo del potasio en la altura de planta, más que la aplicación de guano de islas. Se observa también que la combinación de 2 t.ha<sup>-1</sup> con potasio tiene mayor influencia en la altura de planta de betarraga.

Tabla 3.3. Prueba de Tukey de la altura de planta (cm) de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Guano de Isla t.ha <sup>-1</sup>	Altura de planta cm	N	Tukey
2	38.70	12	A
1	34.43	12	b

En la Tabla 3.3. de la prueba de Tukey de altura de planta con niveles de guano de isla, se aprecia superioridad de la dosis 2 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas frente a 1 t.ha<sup>-1</sup> con 38.70 cm, frente a 34.43 cm con 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas. El resultado obtenido se podría asumir que se debe al contenido de nutrientes, especialmente de nitrógeno por parte de la dosis 2 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas, que pudo influir en el mayor crecimiento de la planta de betarraga.

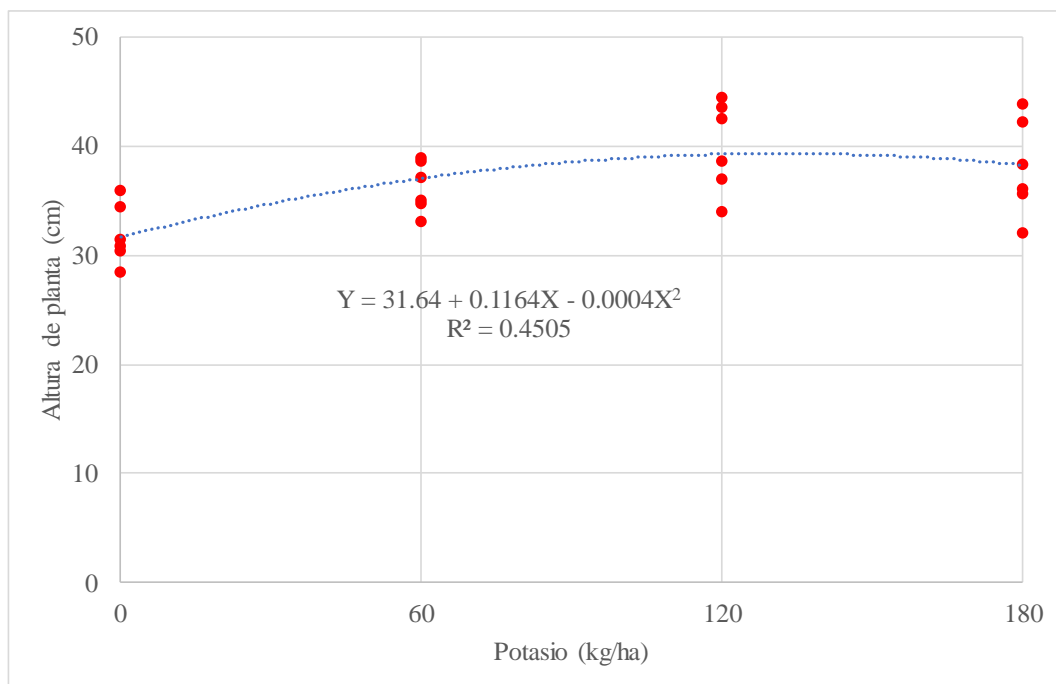


Figura 3.1. Regresión de la altura de planta (cm) sobre niveles de potasio (kg.ha-1) en betarraga (*Beta vulgaris* L.). Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

En la figura 3.1. De la regresión cuadrática de altura de planta con niveles de potasio, que resulta significativa, graficada por la ecuación  $Y = 31.64 + 0.1164X - 0.0004X^2$  donde se obtiene la máxima altura con 145.5 kg. ha<sup>-1</sup> de potasio aplicado al cultivo de betarraga, la máxima altura es 40.11cm.

Se aprecia que existe un efecto positivo del potasio hasta el nivel de potasio 145.5 kg. ha<sup>-1</sup>, lo que implica que al recibir dosis de potasio la planta de betarraga estar tiene mejor balance hídrico y un mayor desarrollo de la planta.

Los resultados coinciden con Israel (2006) e Ifran (2017) que mencionan que adecuadas cantidades de potasio son importantes en la adaptación del cultivo a los factores bióticos y abióticos, como estrés por sequía, la transpiración, como consecuencia, de ello las plantas desarrollaron mejor, y alcanzaron mayor altura.

### 3.1.2. Número de hojas

Tabla 3.4. Análisis de variancia del número de hojas de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	7.78	3.89	4.02	0.0416
Tratamiento	7	17.66	2.52	2.60	0.0607
Guano de Isla (G)	1	9.63	9.63	9.97	0.0070
Potasio (K)	3	4.55	1.52	1.57	0.2411
Guano x Potasio (G x K)	3	3.48	1.16	1.20	0.3452
Error	14	13.52	0.97		
Total	23	38.96			

CV (%) = 6.99; Promedio = 14.06

El análisis de variancia de número de hojas de betarraga (tabla 3.4), muestra que existe diferencia significativa en las fuentes de variación de bloque y efecto principal de guano de islas; no se encontró significación en dosis de potasio y en la interacción guano de islas x potasio. El coeficiente de variación fue 6.99 %. Este resultado permite el estudio de los niveles de guano de islas.

Tabla 3.5. Prueba de Tukey del número de hojas de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Guano de Isla (t/ha)	Número de hojas	N	Tukey
2	14.69	12	a
1	13.43	12	b

DSM = 0.86

El efecto principal significativo del guano de islas se aprecia en la tabla 3.5, donde 2 t.ha<sup>-1</sup> supera con 14.69 hojas a 1 t.ha<sup>-1</sup> con 13.43 hojas.

La respuesta claramente demuestra que el mayor nivel de guano de isla al contener mayor cantidad de nutrientes, especialmente nitrógeno, han generado en la planta la formación de mayor número de hojas en comparación con la dosis de 1 t.ha<sup>-1</sup> que contiene la mitad de nutrientes.

Tal como señala Guerrero (1993) y Proabonos (2008) el guano de islas tiene un alto contenido de N, P y K , que lo convierten en una gran fertilizante, lo que permite crecer a las plantas fuertes y vigorosa, ayudando en el metabolismo y desarrollo de raíces, tallos y hojas.

## 3.2. CARACTERES DE RENDIMIENTO

### 3.2.1. Longitud de raíz

Tabla 3.6. Análisis de variancia de la longitud de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.976	0.488	5.27	0.0196
Tratamiento	7	5.462	0.780	8.39	0.0004
Guano de Isla (G)	1	0.886	0.886	9.57	0.0079
Potasio (K)	3	4.047	1.349	14.58	0.0001
Potasio Lineal	1	3.310	3.310	35.77	<0.0001
Potasio Cuadrático	1	0.373	0.373	4.03	0.0645
Potasio Cúbico	1	0.364	0.364	3.94	0.0673
Guano x Potasio (G x K)	3	0.529	0.176	1.91	0.1752
Error	14	1.295	0.093		
Total	23	7.732			

CV (%) = 5.46; Promedio = 5.57

El análisis de variancia para la longitud de la raíz de planta de betarraga de la tabla 3.6, muestra que existe diferencia significativa en las fuentes de variación bloque, tratamiento, efecto principal de guano de islas y efecto principal lineal para el potasio, no se encontró significación para los efectos de interacción guano de islas x potasio. El coeficiente de variación fue de 5.46 %. Se estudiarán las diferencias entre tratamientos, efecto principal de guano de isla y el efecto principal de regresión lineal de longitud de raíz de planta sobre niveles de potasio.

Tabla 3.7. Prueba de Tukey de la longitud de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Guano de Isla t/ha	Potasio kg/ha	Longitud de raíz Cm	N	Tukey	
2	180	6.18	3	a	
2	60	5.85	3	a	
1	180	5.82	3	a	
2	120	5.71	3	a	
1	120	5.69	3	a	
1	60	5.54	3	a	
2	0	5.32	3	a	b
1	0	4.47	3		b

DSM = 0.88

Los tratamientos de 2 t.ha<sup>-1</sup> y 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas con 180, 120 y 60 kg.ha<sup>-1</sup> de potasio, tienen el mayor promedio de longitud de raíz (6.18 y 5.54 cm), los de menor promedio fueron para los tratamientos con 0 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas – 0 kg.ha<sup>-1</sup> de potasio, en el mismo orden 2 – 0 y 1 – 0 de guano de Islas – potasio (5.32 y 4.47 cm).

Tabla 3.8. Prueba de Tukey de longitud de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Guano de Isla t/ha	Longitud de raíz cm	N	Tukey
2	5.77	12	a
1	5.38	12	b

DSM = 0.27

El efecto principal significativo del guano de islas se puede apreciar en la tabla 3.8, siendo el mayor promedio de longitud de raíz para el nivel de 2 t.ha<sup>-1</sup> con promedio de 5.77 cm y en segundo lugar para 1 t.ha<sup>-1</sup> con 5.38 cm.

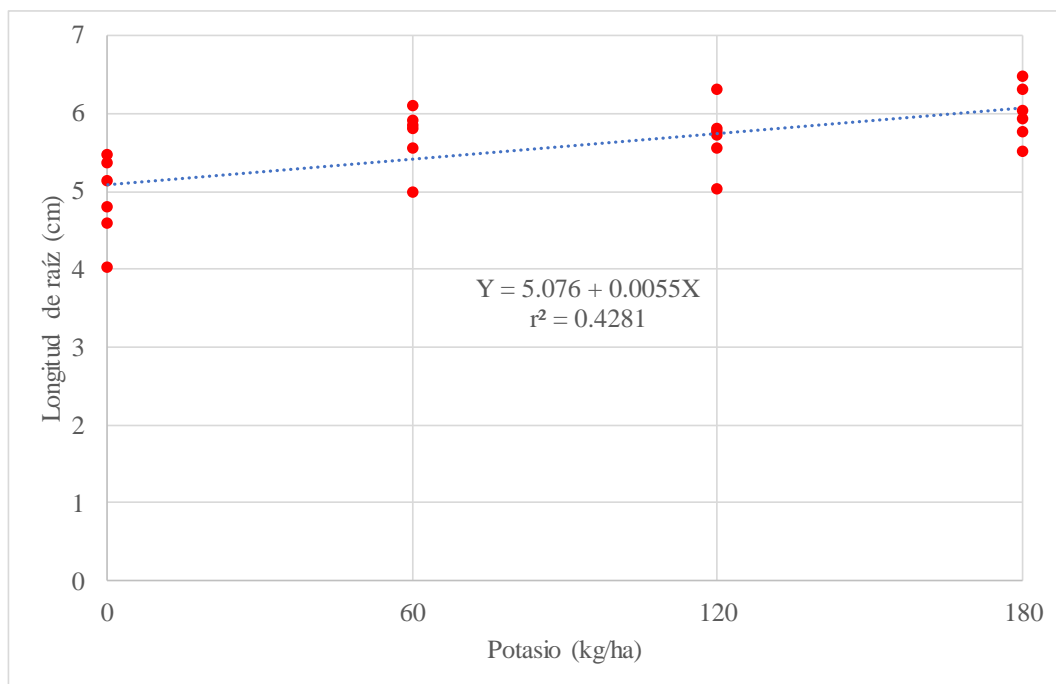


Figura 3.2. Regresión de la longitud de raíz sobre niveles de potasio (kg. ha-1) en betarraga (*Beta vulgaris* L.). Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Se tiene un efecto principal lineal significativo para el potasio (figura 3.2), obteniendo la primera derivada de la ecuación  $Y = 5.076 + 0.0055X$ , se tiene que al agregar 100 kg. ha<sup>-1</sup> de potasio se incrementa 0.55 cm de longitud de raíz.

### 3.2.2. Diámetro de raíz

Tabla 3.9. Análisis de variancia del diámetro de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho

F.V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	1.996	0.998	6.11	0.0123
Tratamiento	7	5.830	0.833	5.11	0.0047
Guano de Isla (G)	1	0.282	0.282	1.73	0.2101
Potasio (K)	3	4.843	1.614	9.89	0.0009
Potasio Lineal	1	4.055	4.055	24.85	0.0002
Potasio Cuadrático	1	0.660	0.660	4.04	0.0640
Potasio Cúbico	1	0.128	0.128	0.79	0.3907
Guano x Potasio (G x K)	3	0.705	0.235	1.44	0.2734
Error	14	2.285	0.163		
Total	23	10.110			

CV (%) = 6.26; Promedio = 6.46

El análisis de variancia para el diámetro de raíz de betarraga de la tabla 3.9, muestra que existe diferencia significativa en las fuentes de variación bloque, tratamiento, efecto principal de potasio y efecto principal lineal para el potasio, no se encontró significación para el efecto principal de guano de isla y efecto de interacción guano x potasio. El coeficiente de variación fue de 6.26 %. Se estudiarán las diferencias entre tratamientos y el efecto principal de regresión lineal de diámetro de raíz sobre niveles de potasio.

Tabla 3.10. Prueba de Tukey del diámetro de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

<b>Guano de Isla</b> <b>t/ha</b>	<b>Potasio</b> <b>kg/ha</b>	<b>Diámetro de raíz</b> <b>cm</b>	<b>N</b>	<b>Tukey</b>		
2	180	7.01	3	a		
2	60	6.87	3	a	b	
1	120	6.86	3	a	b	
1	180	6.74	3	a	b	c
2	120	6.56	3	a	b	c
1	60	6.20	3	a	b	c
2	0	5.82	3		b	c
1	0	5.59	3			c

DSM = 1.16

Los tratamientos de 2 y 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas con 60,120 y 180 kg.ha<sup>-1</sup> de potasio, tuvieron mayor diámetro de raíz (7.01 a 6.20 cm), los de menor promedio fueron para los tratamientos con 2 y 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas, pero sin potasio (5.82, 5.59 cm).

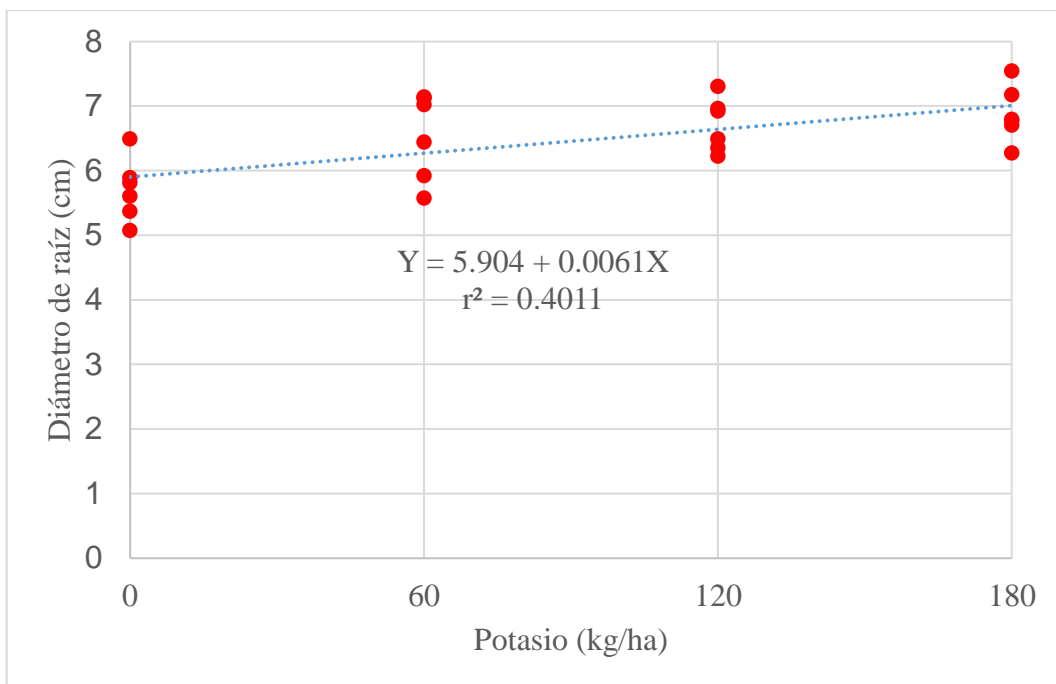


Figura 3.3. Regresión del diámetro de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.) sobre niveles de potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Se tiene un efecto principal lineal significativo del diámetro de raíz para el potasio (figura 3.3), corresponde la ecuación  $Y = 5.904 + 0.0061X$ , se tiene un incremento de 0.61 cm de diámetro de raíz cuando se aplica 100 kg/ha de potasio.

El potasio es un nutriente fundamental para las plantas, ya que activa una enzima llamada ATPasa que se encarga de transportar a través de floema los fotoasimilados desde las hojas hacia la raíz y frutos.

### 3.2.3. Rendimiento

Tabla 3.11. Análisis de variancia del rendimiento de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

F.V.	GL	SC	CM	F	P-valor
Bloque	2	65929935	32964967	3.54	0.0572
Tratamiento	7	395775671	56539382	6.06	0.0021
Guano de Isla (G)	1	5546413	5546413	0.60	0.4534
Potasio (K)	3	376228301	125409434	13.45	0.0002
Potasio Lineal	1	313350480	313350480	33.61	<0.0001
Potasio Cuadrático	1	60285475	60285475	6.47	0.0234
Potasio Cúbico	1	2592345	2592345	0.28	0.6062
Guano x Potasio (G x K)	3	14000957	4666986	0.50	0.6879
Error	14	130532982	9323784		
Total	23	592238587			

CV (%) = 12.96; Promedio = 23,588.86

El análisis de variancia para el rendimiento de raíces de betarraga en la tabla 3.11, muestra que existe diferencia significativa en las fuentes de variación bloque, tratamiento y efecto principal cuadrático para el potasio, no se encontró significación para efecto principal de guano de isla y para los efectos de interacción guano x potasio. El coeficiente de variación fue de 12.96 %. Se estudiarán las diferencias entre tratamientos, efecto principal de regresión cuadrática de rendimiento de raíz sobre dosis de potasio.

Tabla 3.12. Prueba de Tukey del rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Guano de Isla t/ha	Potasio kg/ha	Rendimiento kg/ha	N	Tukey	
1	180	27,125	3	a	
2	180	26,813	3	a	
1	120	26,396	3	a	
2	120	26,242	3	a	
2	60	24,375	3	a	
1	60	23,563	3	a	b
2	0	18,729	3	a	b
1	0	15,229	3		b

DSM = 8,797.54

En la tabla 3.12, los tratamientos de 1 y 2 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas con 60, 120, 180 kg.ha<sup>-1</sup> de potasio, produjeron los mayores rendimientos de raíces (27,125 a 23,563 kg.ha<sup>-1</sup>), los de menor promedio de rendimiento de raíces fueron para los tratamientos con 2 y 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano de islas – 0 kg.ha<sup>-1</sup> de potasio, en el mismo orden 2 – 0 y 1 – 0 de guano de islas – potasio (18,729 y 15,229 kg.ha<sup>-1</sup>).

Los resultados muestran que hubo efecto visible del potasio, en el rendimiento de raíces. Los niveles de guano de islas tuvieron poca influencia, aunque numéricamente, la dosis de 1 t. ha<sup>-1</sup> tuvo mayor rendimiento.

Quintero (2006) menciona que el rendimiento de betarraga oscila entre 25 a 3 tn/ha.

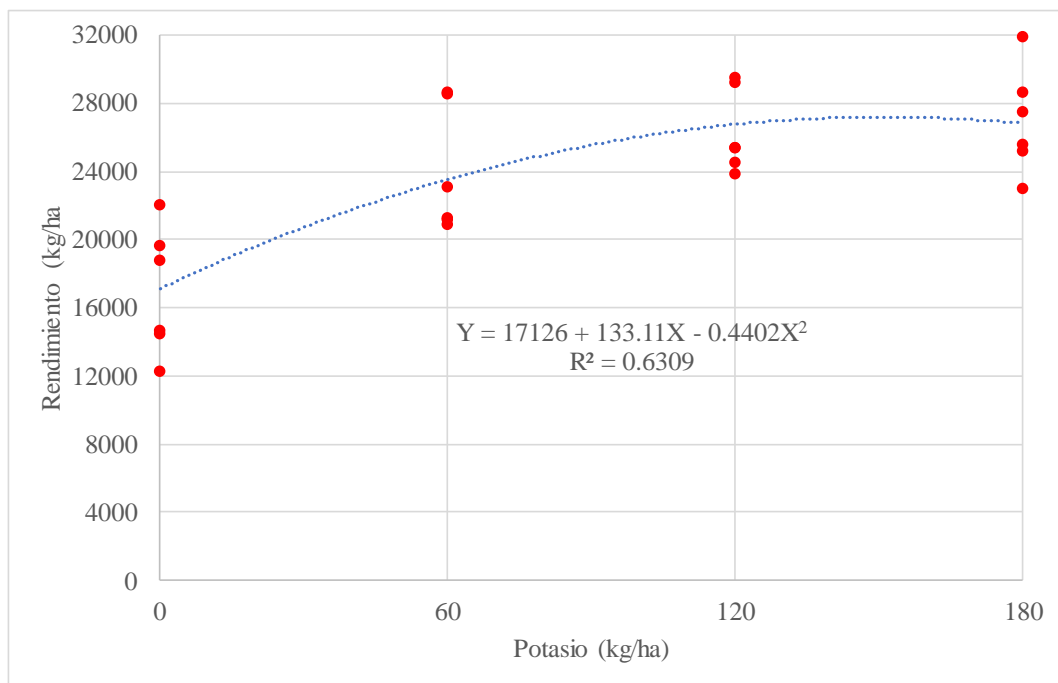


Figura 3.4. Regresión del rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.) sobre niveles de potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Se tiene un efecto principal cuadrático significativo del rendimiento de raíces para el potasio (figura 3.4), obteniendo la primera derivada de la ecuación  $Y = 17,126 + 133.11X - 0.4402X^2$ , se tiene que el nivel de potasio que produce el máximo rendimiento de raíces de betarraga es 151.19 kg. ha<sup>-1</sup>, el máximo rendimiento es de 27,100 kg. ha<sup>-1</sup>.

Tabla 3.13. Prueba de contraste del rendimiento de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.) con niveles de guano de islas y potasio. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
G1 VS G2	1	5546412.8	5546412.8	0.59	0.4534
R. lineal K/G1	1	222578190.1	222578190.1	23.87	0.0002
R. cuadr K/G1	1	43367513.0	43367513.0	4.65	0.0489
R. cubic K/G1	1	1729752.6	1729752.6	0.19	0.6732
R.lineal K/G2	1	102312041.7	102312041.7	10.97	0.0051
R. cuadr K/G2	1	19316718.8	19316718.8	2.07	0.1720
R. cubic K/G2	1	925041.7	925041.7	0.10	0.7574

CV (%) = 12.96; Promedio = 23,558.85

La prueba de contraste para el rendimiento de raíces de betarraga en la tabla 3.13, muestra que existe una alta diferencia significativa para los efectos de interacción principal lineal potasio por 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano isla, diferencia significativa para los efectos de interacción principal cuadrática de potasio por 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano isla y existe una alta diferencia significativa para los efectos de interacción principal lineal potasio por 2 t.ha<sup>-1</sup> de guano isla; no se encontró significación para efecto principal de 1 t.ha<sup>-1</sup> guano de isla por 2 t.ha<sup>-1</sup> de guano de isla, para los efectos de interacción principal cubica potasio por 1tn de guano isla, para los efectos de interacción principal cuadrática potasio por 2 t.ha<sup>-1</sup> de guano isla y para los efectos de interacción principal cubica potasio por 1tn de guano isla. El coeficiente de variación fue de 12.96 %.

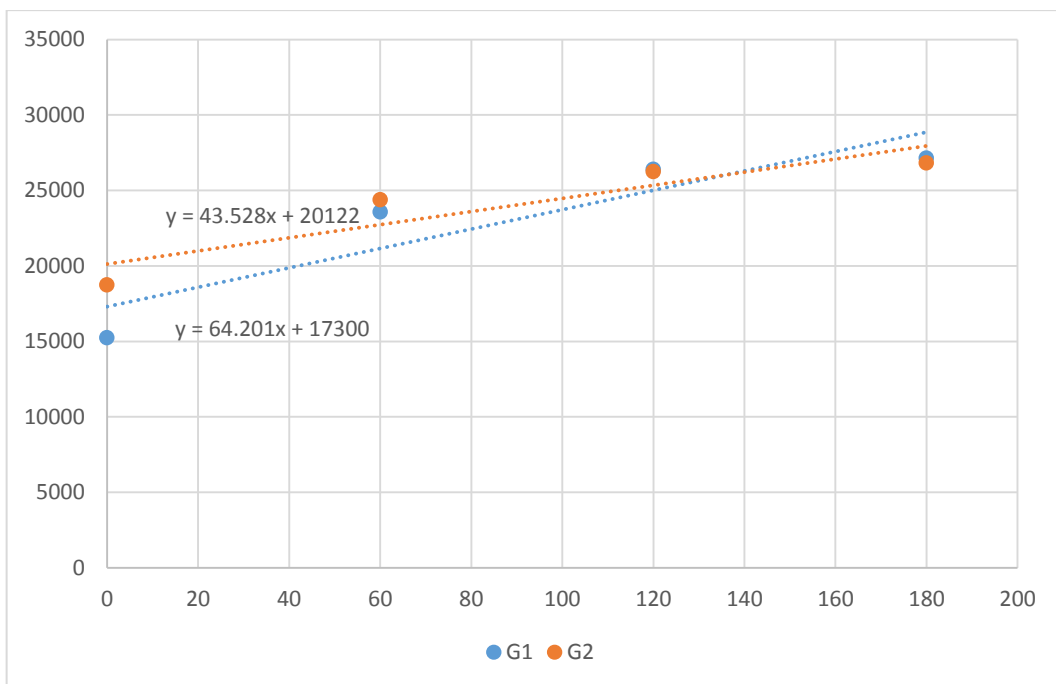


Figura 3.5. Regresión lineal del rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.) sobre niveles de potasio y guano de isla. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Se tiene un efecto principal lineal significativo del rendimiento de raíz betarraga para el potasio (figura 3.5), corresponde a la primera ecuación  $Y = 17,300 + 64.201X$ , se tiene un rendimiento de raíces de betarraga de 64.201 kg. ha<sup>-1</sup> cuando se aplica 1.0 kg. ha<sup>-1</sup> de potasio más 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano de isla y la segunda ecuación  $Y = 20,122 + 43.528X$  se tiene un rendimiento de raíces de betarraga de 43.528 kg. ha<sup>-1</sup> cuando se aplica 1.0 kg. ha<sup>-1</sup> de potasio más 2 t.ha<sup>-1</sup> de guano de isla.

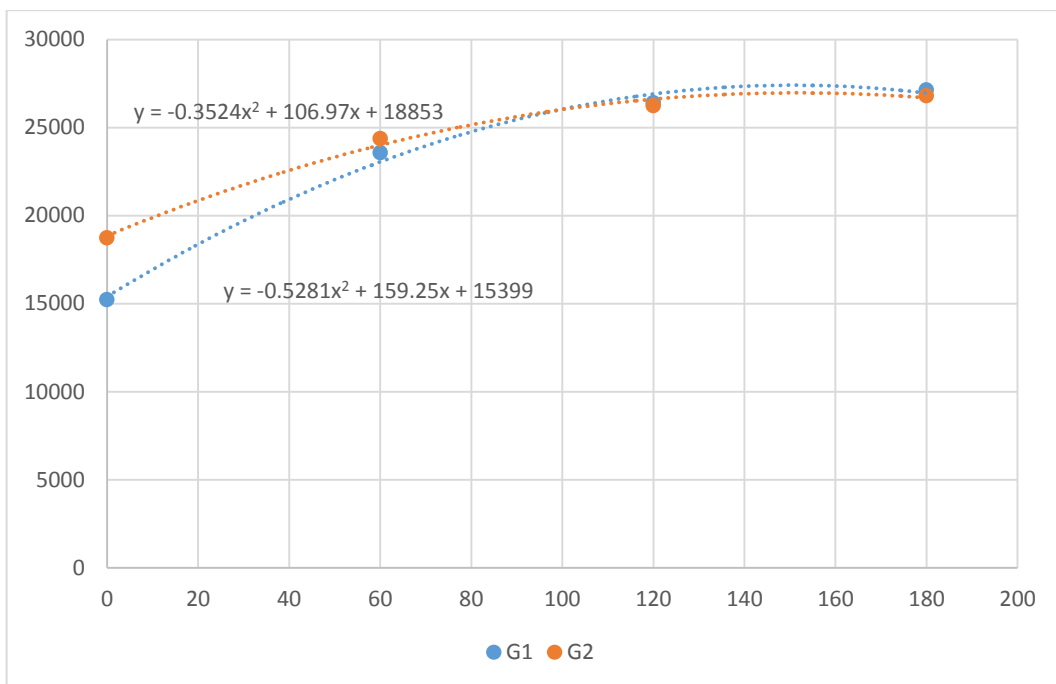


Figura 3.6. Regresión del rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.) sobre niveles de potasio y guano de isla. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

Se tiene un efecto principal cuadrático significativo del rendimiento de raíces de betarraga para el potasio (figura 3.6), obteniendo la primera derivada de la ecuación  $Y = 18,835 + 106.97X - 0.3524X^2$ , se tiene que el nivel de potasio de 151.77 kg.ha<sup>-1</sup> que produce el máximo rendimiento de raíces de betarraga con 2t.ha<sup>-1</sup> de guano de isla, el máximo rendimiento es de 26,900 kg.ha<sup>-1</sup>, la segunda derivada de la ecuación  $Y = 15,399 + 159.25X - 0.5281X^2$ , se tiene que el nivel de potasio de 150.77 kg.ha<sup>-1</sup> que produce el máximo rendimiento de raíces de betarraga más con 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano de isla, el máximo rendimiento es de 27,400 kg.ha<sup>-1</sup>.

Los resultados muestran que hubo mayor rendimiento de raíces de betarraga con un nivel de 150.77 kg. ha<sup>-1</sup> de potasio más 1 t.ha<sup>-1</sup> de guano de isla frente a un nivel de potasio 151.77 kg. ha<sup>-1</sup> más 2 t.ha<sup>-1</sup> de guano de isla.

Las respuestas encontradas en la investigación, se respaldan en los resultados encontrados por Martínez y Garcés (2010) que hallaron una respuesta favorable, incluyendo producción, cuando aplicaron 360 mg L<sup>-1</sup> de K. Por lo cual, 360 mg L<sup>-1</sup> de K es la dosis más recomendable para el cultivo de lechuga var. Romana bajo condiciones de invernadero de cubierta plástica.

Huacho (2010) obtuvo un rendimiento de 36 000 kg. ha<sup>-1</sup> de Papa de Variedad Amarilis Inia, con un nivel de 240 kg. ha<sup>-1</sup> de potasio en el Distrito de Pocollay Tacna.

INTAGRI (2017), Imas (2020) de las investigaciones que realizó, así como Torres (2009) y Flórez (2009) concluyen que el potasio es esencial en la agricultura moderna, pues los cultivos absorben K igual o más que el nitrógeno. La aplicación de K trae aparejados productos agrícolas de alto valor y máximos rendimientos económicos para los agricultores. Juega un rol importante en la fotosíntesis, activa más de 60 sistemas enzimáticos, promueve la síntesis, traslocación y el almacenamiento de carbohidratos y optimiza la regulación hídrica en los tejidos vegetales. Estas múltiples funciones vitales del potasio hacen que sean numerosos los efectos positivos de la fertilización potásica: promoción de crecimiento radicular, aumento de la resistencia a la sequía y a las heladas, disminución de la incidencia de plagas y enfermedades, etc.

El incremento del rendimiento de betarraga podría estar asociado a la disponibilidad del K en el suelo. Al respecto, Israel (2006) e Ifran (2017) menciona que la fertilización foliar con K, Ca y B evidencia un efecto positivo sobre la nutrición, con incrementos significativos de estos nutrientes en planta de mandarina 'Nova', esto debido a que el potasio (K) se caracteriza por la gran movilidad y solubilidad en el interior de los tejidos, ejerce una gran influencia en la permeabilidad de las membranas celulares y en la hidratación de los tejidos. Interviene en la economía hídrica de la planta, regulando la absorción y la pérdida por transpiración.

La respuesta a mayores dosis que 128 kg/ha de potasio estaría asociado a el antagonismo con otros nutrientes lo que afectaría el rendimiento de betarraga como menciona INTAGRI (2017) que afirma que el potasio presenta antagonismos con el magnesio, aunque también puede darse un “consumo de lujo”, cuando las plantas se desarrollan en suelos con abundante potasio.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados del experimento y bajo las condiciones donde se ejecutaron, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los niveles de potasio tuvieron un efecto principal cuadrático en altura de planta, siendo el nivel  $145.5 \text{ kg. ha}^{-1}$  de potasio produciendo la mayor altura de (40.11 cm); no tuvo efecto en el número de hojas por planta; en longitud y diámetro de raíz tuvo un efecto principal lineal; en rendimiento de raíces de betarraga los niveles de potasio tuvieron un efecto principal cuadrático, siendo el nivel  $151.19 \text{ kg. ha}^{-1}$  de potasio la que alcanzó el máximo rendimiento de raíces de betarraga ( $27,100 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) y la interacción de efecto principal cuadrático, siendo el nivel  $150.77 \text{ kg. ha}^{-1}$  de potasio con  $1 \text{ t. ha}^{-1}$  de guano de isla la que alcanzó el máximo rendimiento de raíces de betarraga ( $27,400 \text{ kg. ha}^{-1}$ ).
2. Los niveles de guano de islas de  $2 \text{ t. ha}^{-1}$  reporta la mayor altura (38.70 cm), mayor número de hojas (14.69 hojas), mayor longitud de raíz (5.77 cm) y mayor diámetro de raíz (6.56 cm), sin embargo, no tuvo respuesta en el rendimiento de raíces de betarraga.

## **RECOMENDACIONES**

- Utilizar en el cultivo de betarraga, en Canaán y condiciones similares, niveles de potasio de hasta 128.47 kg. ha<sup>-1</sup> y 1 t. ha<sup>-1</sup> de guano de islas para obtener mejores y mayores rendimientos de betarraga.
- Repetir el experimento en Canaán y otros lugares similares para obtener mayor confianza en los resultados y en otras épocas de siembra.
- Paralelamente, realizar estudios sobre la calidad de la raíz de betarraga para demostrar los beneficios del potasio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AREX-Asociación Regional de Exportadores de Lambayeque (2013). Perfil comercial de betarraga. Disponible en: Consultado: 06 febrero 2019.
- Azcón-Bieto, J. y Talón M. (2008). Fundamentos de fisiología vegetal. Capítulo 29: Fisiología de las plantas y el estrés. Segunda edición. Interamericana-Mc Graw Hill. Madrid. España, 597-597.
- Casseres, E. (1980). Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-IICA. San José, Costa Rica.
- Chávez, V. (2015). El efecto en el cultivo de lechuga del guano de islas y de la roca fosfórica incubada en microorganismos. Tesis de maestría en gestión y Auditoria Ambientales. Universidad de Piura. Piura, Perú.
- Domínguez, A. (2004). Tratado de fertilización. 2º edición revisada y ampliada - Madrid.
- FAO. (2011). Requerimientos Edafoclimáticos del cultivo de remolacha. Boletín técnico
- Flores Serrano, Javier. (2009). Agricultura Ecológica. Editorial Mundi prensa, España, 64.
- García, L. A.; Quinke, A. (2012). El Potasio (K) en la Producción de Cultivos de Invierno. Serie Actividad de Difusión No. 677. INIA. Argentina, 9-14.
- Gonzales, R. (2013). Influencia de musgo descompuesto Sphagnum y tres abonos orgánicos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) en condiciones de Acobamba. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú.
- Guasch - Semillas. (2020). Remolacha Ealy Wonder. Disponible en: <https://guasch.com.ar/GuaschSemillas%C2%AE/Hortalizas/Remolachas/Remolacha/EarlyWonder/Caracteristicas/334/Especies/317/2/#:~:text=Early%20Wonder%20Tall%20Top%20tiene,pencas%20son%20rojas%20y%20cometibles>. Revisado: 20 de octubre de 2020.
- Guerrero, J. (1993). Abonos orgánicos. Red de Acción en Agricultura Alternativa-RAAA. Lima, Perú.
- Higueta, F. (2006). Manual Práctico de Hortalizas. Sexta Ed. Santafé de Bogotá, Colombia.

- Huacho V. (2010). Respuesta de dos Variedades de Papa Mejorada (*Solanum Tuberosum* L.) a Tres Niveles de Potasio en el Distrito de Pocollay. Tesis ing. Agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna.
- Huahuachampi, Y. (2015). Dos niveles de guano de islas en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), bajo manejo orgánico en el distrito de Chiguata, Región Arequipa. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.
- Ifran, M, Chabbal, M., Píccoli, A., Giménez, L., Rodríguez, V. y Martínez, G. (2017). Fertilización foliar con potasio, calcio y boro. incidencia sobre la nutrición y calidad de frutos en mandarina ‘nova. Cultivos Tropicales, 2017, vol. 38, no. 4, pp. 22- 29. Ministerio de Educación Superior. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cuba.
- Imas, Patricia (2020). El potasio: nutriente esencial para aumentar el rendimiento y calidad de las cosechas. Disponible en:  
<http://www.hopelchen.tecnm.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r116848.PDF>  
 F. Revisado: 20 de noviembre de 2020.
- INIA. (2014). Cultivo de betarraga. Consultado el 04 de marzo de 2020. Disponible:  
<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40725.pdf>.
- INTAGRI. (2017). Criterios para la fertilización potásica en cultivos. Serie Nutrición Vegetal. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- INTAGRI. (2017). Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal Núm. 100. Artículos Técnicos de INTAGRI. México.
- Jorge, A. (2011). Cultivo de betarraga. Disponible en: Consultado: 20 – 12 – 2018, 22:06 pm. Lima, Perú.
- López, I., L. Nieves, E. Elizalde y W. Avilán. (1998). Respuesta del cultivo del maíz a la fertilización potásica en suelos ácidos en función de algunas propiedades que afectan su disponibilidad. Agronomía Tropical. Vol. 48. No. 4. Fondo Internacional de Investigaciones Agropecuarias. Venezuela.
- Martínez y Garcés (2010). Crecimiento y Producción de Lechuga (*Lactuca Sativa* L. Var Romana) bajo diferentes dosis de potasio. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas – Vol 4 -N° 2. Disponible en:  
[https://revista.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/index](https://revista.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/index). Revisado: 13 de octubre de 2020.

- Mikkelsen, R. (2015). Manejo del potasio para la producción de cultivos orgánicos. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/profile/RobertMikkelsen2/publication/238102868\\_MANEJO\\_DEL\\_POTASIO\\_PARA\\_LA\\_PRODUCCION\\_DE\\_CULTIVOS\\_ORGANICOS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/RobertMikkelsen2/publication/238102868_MANEJO_DEL_POTASIO_PARA_LA_PRODUCCION_DE_CULTIVOS_ORGANICOS.pdf). revisado: 08 de octubre de 2020
- Morales, J. (1995). Cultivo de Remolacha. Boletín Técnico N° 22. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. Santo Domingo, República Dominicana.
- Navarro, G. y Navarro, S. (2003). Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Mundi prensa, 251 – 269.
- PROABONOS. (2008). Características del Guano. Disponible en:  
<http://www.agrojunin.gob.pe/opds/proabonos/caracteristicas.php>. Revisado: 02 enero. 2019).
- Quintero, J. (2006). Cultivo extensivo de la remolacha de mesa; Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- Ramírez, D. (1999). Consumo de fertilizantes en el Perú. Disponible: [http://www.fao.org/agl/agll/gateway/recursos\\_nutrientes.pdf](http://www.fao.org/agl/agll/gateway/recursos_nutrientes.pdf). Revisado: 12 febrero de 2019.
- Rebaza, O. (2015). Efecto del guano de islas en el rendimiento de Lactuca sativa L. var. Dark Green Boston en Santiago de Chuca, La Libertad. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Robles Sánchez, R. (1985). Producción de Granos y Forrajes 4ta Ed. Editorial Limusa, impreso en México s. A de C.V., p.159.
- Rondinel, R. (2014). Rendimiento en vaina verde de tres variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) en tres modalidades de siembra bajo el sistema de agricultura de conservación. Canaán a 2750 msnm- Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Ruiz, S. R.; Sadzawka R. A. (2005). Nutrición y Fertilización Potásica en Frutales y Vides. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Chile.
- Sanabria, H. (2005). Solo el amor supera al Potasio. Productores de Hortalizas.
- Scherer, E. E. (1999). Respuesta de la soya a la fertilización potásica en un Latosol Húmico Distrófico en un período de 12 años. Inf. Agronómicas. No. 34. INPOFOS, 14-15.
- Terranova, D. (2014). Comportamiento agronómico del cultivo de remolacha (*Beta vulgaris* L.), variedad “Tall Top Early Wonder Agf” sembrada en diferentes

distanciamientos, en la zona de Babahoyo. Tesis ing. Agrónomo. Universidad técnica de Babahoyo. Ecuador.

Torres D. (2009). Ciclo del Potasio en Agroecosistemas y Reacción de los Fertilizantes Potásicos en el Suelo. Tecnoagro SRL y Comité de Fertilidad y Nutrición Vegetal-Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS).

Valadez, A. (1996). Producción de Hortalizas. Editorial UTEHA. Quinta Edición. México. 258p

Vavilov, N. I. (1951). The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. New York. Roland Press. U.S.A.

Wikipedia. (2021). Labranza mínima.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Labranza\\_m%C3%ADnima](https://es.wikipedia.org/wiki/Labranza_m%C3%ADnima)

# ANEXOS

## Anexo 1. Análisis del suelo de Canaán, 2750 msnm-Ayacucho.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA  
**LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR**  
 Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 RPM # 966942996  
 Ayacucho – Perú  
 “Año del Dialogo y la Reconciliación Nacional”

Región : Ayacucho  
 Provincia : Huamanga  
 Distrito : Andrés A. Cáceres D.  
 Localidad : C. E. Canaán Bajo  
 Proyecto : Tesis  
 Solicitante : Srta. Delia B. Huamán escate

HR. 00358

### ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra	Análisis mecánico (%)			Clase Textural	pH (H <sub>2</sub> O) 1:2.5	C. E. (dS/m.) 1:1	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)		Cationes cambiabiles (Cmol(+)/Kg)						C. I. C. (Cmol(+)/Kg)
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	
01	44.9	18.3	36.8	Fr-Ar	7.65	1.808	0.5	1.83	0.09	25.8	169.7	8.04	3.98	0.85	0.78	0.0	0.0	17.6

Ayacucho, 24 de Diciembre del 2018.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS  
 PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES  
 RESPONSABLE  
  
 Juan B. Girón Molina  
 C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenosos; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrAr: Franco arcillosos; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

**Anexo 2. Altura de plantas (cm) de las 10 muestra evaluadas.**

Tratamientos/Bloques	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
<b>T1</b>	30	27	26
	35	32	30
	30	31	24
	28	29	29
	32	28	30
	32	32	31
	34	30	30
	30	29	27
	34	36	25
	30	30	32
<b>PROMEDIO</b>	<b>31.50</b>	<b>30.40</b>	<b>28.40</b>
<b>T2</b>	34	42	27
	32	41	37
	38	39	32
	36	41	33
	36	40	39
	34	37	37
	32	39	37
	38	35	32
	38	34	32
	33	39	34
<b>PROMEDIO</b>	<b>35.10</b>	<b>38.70</b>	<b>34.00</b>
<b>T3</b>	35	42	27
	30	41	37
	42	39	32
	33	41	33
	39	40	39
	46	37	37
	36	39	37
	35	35	32
	33	34	32
	41	39	34
<b>PROMEDIO</b>	<b>37.00</b>	<b>38.70</b>	<b>34.00</b>
<b>T4</b>	32	44	42
	38	41	37
	30	38	34
	33	38	35
	32	39	43
	32	33	37
	30	38	31
	34	36	33
	28	38	31
	32	38	34
<b>PROMEDIO</b>	<b>32.10</b>	<b>38.30</b>	<b>35.70</b>

<b>T5</b>	36	33	34
	32	30	34
	37	34	26
	36	32	26
	33.9	36	33
	39	34	31
	38	37	30
	34	36	33
	34	35	30
	39	37	31
<b>PROMEDIO</b>	<b>35.89</b>	<b>34.40</b>	<b>30.80</b>
<b>T6</b>	40.5	36	38
	36.5	38	34
	37	35	33
	38.6	39	35
	38.2	43	29
	40	47	32
	40	34	29
	39	44	32
	42	38	29
	34	36	40
<b>PROMEDIO</b>	<b>38.58</b>	<b>39.00</b>	<b>33.10</b>
<b>T7</b>	42	46	42
	46.2	42	45
	48	44	40
	46	49	46
	41	42	41
	42	42	42
	43	48	40
	42	38	42
	48	39	48
	46	45	39
<b>PROMEDIO</b>	<b>44.42</b>	<b>43.50</b>	<b>42.50</b>
<b>T8</b>	40	46	40
	44	44	36
	43.1	42	36
	45.2	48	33
	44.2	44	38
	44	41	36
	40	40	34
	45	44	32
	41	46	42
	35	44	34
<b>PROMEDIO</b>	<b>42.15</b>	<b>43.90</b>	<b>36.10</b>

**Anexo 3. Numero de hojas de las 10 muestra evaluadas.**

<b>Tratamientos/Bloques</b>	<b>BLOQUE I</b>	<b>BLOQUE II</b>	<b>BLOQUE III</b>
<b>T1</b>	13	12	14
	14	15	14
	11	10	13
	12	13	16
	11	16	11
	16	14	13
	12	13	15
	13	14	13
	14	12	15
	11	13	13
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.70</b>	<b>13.20</b>	<b>13.70</b>
<b>T2</b>	13	14	16
	11	12	15
	12	13	21
	11	12	17
	14	10	14
	17	13	23
	12	10	17
	12	10	16
	14	14	18
	11	17	16
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.70</b>	<b>12.50</b>	<b>17.30</b>
<b>T3</b>	12	15	14
	16	10	15
	13	11	11
	12	14	15
	13	18	16
	12	14	15
	11	18	14
	14	13	19
	14	13	17
	10	11	14
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.70</b>	<b>13.70</b>	<b>15.00</b>
<b>T4</b>	13	13	17
	12	12	12
	10	16	14
	12	14	15
	13	16	16
	12	17	15
	13	11	14
	11	16	11
	14	15	15
	11	11	15
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.10</b>	<b>14.10</b>	<b>14.40</b>

<b>T5</b>	10	11	12
	15	12	14
	14	11	13
	13	14	14
	15	12	16
	15	11	12
	13	15	15
	18	16	13
	16	12	13
	13	15	14
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.20</b>	<b>12.90</b>	<b>13.60</b>
<b>T6</b>	18	13	19
	18	14	17
	13	15	16
	15	12	16
	17	15	13
	14	19	13
	14	15	21
	16	17	11
	14	15	11
	16	4	21
<b>PROMEDIO</b>	<b>15.50</b>	<b>13.90</b>	<b>15.80</b>
<b>T7</b>	13	17	13
	12	13	12
	16	12	13
	17	16	17
	15	12	15
	14	13	14
	13	13	13
	17	16	15
	13	21	13
	18	14	14
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.80</b>	<b>14.70</b>	<b>13.90</b>
<b>T8</b>	13	15	21
	15	13	18
	13	15	19
	18	15	24
	13	14	18
	17	14	16
	13	15	19
	16	15	18
	13	14	13
	12	15	16
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.30</b>	<b>14.50</b>	<b>18.20</b>

**Anexo 4. Altura de raíz (cm) de las 10 muestra evaluadas.**

Tratamientos/Bloques	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
<b>T1</b>	4.10	5.10	3.50
	3.70	3.60	5.00
	4.20	5.60	3.80
	5.30	4.80	5.90
	3.60	4.00	5.30
	4.70	5.20	5.40
	3.40	3.60	4.00
	3.30	3.90	5.10
	3.90	4.50	5.00
	4.10	5.60	5.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>4.03</b>	<b>4.59</b>	<b>4.80</b>
<b>T2</b>	5.00	3.90	7.00
	4.80	4.70	5.30
	4.40	4.50	7.20
	5.30	4.90	5.80
	5.20	5.90	5.40
	7.00	4.70	5.30
	4.10	5.40	5.50
	4.50	5.20	6.50
	5.00	6.50	5.50
	4.50	9.90	7.40
<b>PROMEDIO</b>	<b>4.98</b>	<b>5.56</b>	<b>6.09</b>
<b>T3</b>	6.10	5.50	5.40
	4.40	5.20	6.00
	5.10	5.90	5.90
	4.60	5.30	6.50
	4.90	7.30	6.20
	4.90	5.50	7.10
	5.50	5.50	6.00
	4.40	6.40	8.20
	5.40	4.60	6.40
	5.10	6.00	5.40
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.04</b>	<b>5.72</b>	<b>6.31</b>
<b>T4</b>	6.20	6.00	7.00
	6.00	5.50	5.60
	4.30	5.10	7.10
	5.30	5.90	5.80
	6.50	8.50	5.50
	5.20	4.70	5.50
	5.40	5.80	5.10
	6.20	5.10	6.00
	5.60	5.90	5.50
	4.40	7.80	6.20
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.51</b>	<b>6.03</b>	<b>5.93</b>

<b>T5</b>	6.20	6.10	5.60
	6.00	5.30	4.10
	6.00	5.80	4.20
	5.20	6.10	4.70
	5.00	4.50	5.30
	4.90	4.80	4.90
	4.20	5.30	5.80
	4.10	5.90	5.80
	7.10	5.50	5.00
	4.90	5.40	5.90
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.36</b>	<b>5.47</b>	<b>5.13</b>
<b>T6</b>	5.80	5.60	5.90
	5.60	5.80	5.80
	5.60	6.50	4.10
	5.40	5.50	6.00
	5.80	5.20	6.00
	5.80	7.10	7.50
	8.00	5.70	6.50
	5.00	4.90	5.20
	7.20	6.60	4.40
	4.90	5.10	7.10
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.91</b>	<b>5.80</b>	<b>5.85</b>
<b>T7</b>	5.60	5.90	5.60
	6.20	5.80	5.50
	5.10	5.00	5.10
	6.10	7.60	6.10
	4.80	6.90	4.80
	5.80	5.50	5.80
	4.50	5.10	5.00
	8.60	6.00	7.00
	4.60	5.20	4.60
	6.40	5.10	6.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.77</b>	<b>5.81</b>	<b>5.55</b>
<b>T8</b>	5.10	6.40	7.10
	6.20	5.80	6.80
	6.80	6.00	4.80
	6.20	7.00	8.50
	5.90	5.40	8.10
	5.20	6.40	6.50
	4.90	8.40	5.50
	5.20	4.70	6.80
	5.90	6.80	5.60
	6.30	6.10	5.10
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.77</b>	<b>6.30</b>	<b>6.48</b>

**Anexo 5. Diámetro de la raíz de las 10 muestra evaluadas.**

<b>Tratamientos/Bloques</b>	<b>BLOQUE I</b>	<b>BLOQUE II</b>	<b>BLOQUE III</b>
<b>T1</b>	5.40	5.00	6.00
	3.30	4.70	6.00
	6.30	5.70	5.80
	5.40	5.50	6.90
	4.60	5.00	6.00
	6.00	7.40	5.20
	5.40	5.90	6.60
	4.40	5.70	4.50
	5.00	6.00	6.70
	4.90	7.20	5.20
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.07</b>	<b>5.81</b>	<b>5.89</b>
<b>T2</b>	6.00	5.60	7.20
	6.20	5.30	6.30
	4.10	5.50	7.60
	6.20	4.30	7.20
	6.00	6.30	7.20
	6.20	5.40	6.60
	6.20	6.20	7.00
	5.40	6.00	7.50
	4.30	6.80	7.50
	5.10	7.80	7.10
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.57</b>	<b>5.92</b>	<b>7.12</b>
<b>T3</b>	7.90	6.50	6.90
	7.10	6.50	6.90
	6.60	7.20	7.30
	6.10	6.90	7.40
	6.00	7.90	7.90
	5.90	6.00	7.80
	6.50	7.20	8.30
	4.80	8.50	6.00
	5.80	5.30	7.60
	6.80	7.20	6.90
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.35</b>	<b>6.92</b>	<b>7.30</b>
<b>T4</b>	5.90	6.80	7.00
	6.40	6.60	6.50
	5.40	8.50	6.30
	6.50	6.00	6.90
	5.60	7.90	5.90
	6.90	7.80	6.90
	6.00	6.90	8.00
	7.00	5.30	7.10
	6.50	8.60	5.70
	6.50	7.30	7.40
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.27</b>	<b>7.17</b>	<b>6.77</b>

<b>T5</b>	6.00	5.10	6.40
	6.10	6.10	4.70
	6.10	7.20	6.00
	5.30	9.70	5.70
	4.10	6.50	7.00
	5.40	5.40	5.20
	5.30	6.20	3.90
	5.80	6.80	4.00
	6.00	6.00	4.80
	5.90	5.90	6.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>5.60</b>	<b>6.49</b>	<b>5.37</b>
<b>T6</b>	5.90	5.50	6.80
	5.70	5.90	7.20
	5.90	7.80	6.80
	7.10	7.10	7.50
	6.20	6.60	6.80
	5.80	8.20	8.20
	8.50	8.40	5.90
	7.10	7.20	6.80
	7.00	8.50	7.00
	5.20	6.20	7.20
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.44</b>	<b>7.14</b>	<b>7.02</b>
<b>T7</b>	7.10	7.00	7.10
	7.90	7.20	6.00
	5.90	5.70	5.80
	6.30	6.90	6.30
	5.70	8.60	5.70
	5.70	6.30	5.70
	6.40	6.20	6.40
	7.30	8.80	7.30
	5.70	6.50	5.70
	6.90	6.40	6.20
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.49</b>	<b>6.96</b>	<b>6.22</b>
<b>T8</b>	5.80	5.80	7.20
	6.90	7.80	7.40
	6.00	7.70	6.90
	7.80	8.00	6.80
	6.40	8.00	7.30
	7.10	7.30	6.10
	6.60	8.90	6.50
	6.20	6.50	6.80
	7.80	7.10	6.80
	6.40	8.30	6.10
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.70</b>	<b>7.54</b>	<b>6.79</b>

**Anexo 6. Peso de raíz (kg) de las 10 muestra evaluadas.**

<b>Tratamientos/Bloques</b>	<b>BLOQUE I</b>	<b>BLOQUE II</b>	<b>BLOQUE III</b>
<b>T1</b>	0.115	0.145	0.080
	0.090	0.120	0.130
	0.125	0.215	0.110
	0.135	0.155	0.180
	0.080	0.135	0.115
	0.125	0.255	0.085
	0.075	0.140	0.145
	0.055	0.135	0.075
	0.080	0.175	0.165
	0.100	0.220	0.085
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.098</b>	<b>0.170</b>	<b>0.117</b>
<b>T2</b>	0.165	0.100	0.220
	0.180	0.115	0.150
	0.120	0.090	0.310
	0.195	0.100	0.250
	0.190	0.165	0.180
	0.245	0.115	0.250
	0.150	0.145	0.195
	0.160	0.135	0.235
	0.130	0.220	0.235
	0.140	0.320	0.260
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.168</b>	<b>0.151</b>	<b>0.229</b>
<b>T3</b>	0.285	0.160	0.160
	0.220	0.185	0.195
	0.195	0.185	0.215
	0.160	0.160	0.270
	0.165	0.315	0.275
	0.190	0.150	0.280
	0.230	0.215	0.275
	0.125	0.335	0.245
	0.160	0.090	0.260
	0.230	0.240	0.165
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.196</b>	<b>0.204</b>	<b>0.234</b>
<b>T4</b>	0.185	0.245	0.290
	0.220	0.180	0.170
	0.150	0.235	0.200
	0.200	0.185	0.175
	0.190	0.300	0.165
	0.215	0.180	0.205
	0.220	0.220	0.225
	0.250	0.110	0.185
	0.220	0.290	0.145
	0.165	0.255	0.235
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.202</b>	<b>0.220</b>	<b>0.200</b>

<b>T5</b>	0.165	0.135	0.170
	0.180	0.170	0.080
	0.185	0.185	0.110
	0.145	0.360	0.115
	0.120	0.150	0.185
	0.125	0.125	0.090
	0.125	0.160	0.075
	0.145	0.190	0.090
	0.235	0.155	0.120
	0.150	0.130	0.125
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.158</b>	<b>0.176</b>	<b>0.116</b>
<b>T6</b>	0.145	0.130	0.170
	0.140	0.165	0.175
	0.140	0.295	0.190
	0.195	0.180	0.250
	0.160	0.180	0.185
	0.225	0.375	0.320
	0.330	0.260	0.190
	0.190	0.200	0.185
	0.225	0.360	0.140
	0.100	0.150	0.225
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.185</b>	<b>0.230</b>	<b>0.203</b>
<b>T7</b>	0.210	0.260	0.210
	0.260	0.265	0.190
	0.170	0.115	0.180
	0.165	0.320	0.165
	0.125	0.385	0.125
	0.135	0.180	0.135
	0.168	0.155	0.170
	0.325	0.340	0.200
	0.140	0.175	0.140
	0.210	0.165	0.190
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.191</b>	<b>0.236</b>	<b>0.171</b>
<b>T8</b>	0.115	0.125	0.225
	0.210	0.240	0.290
	0.170	0.285	0.165
	0.285	0.310	0.160
	0.175	0.265	0.280
	0.185	0.230	0.180
	0.160	0.390	0.200
	0.135	0.135	0.190
	0.235	0.270	0.195
	0.170	0.300	0.160
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.184</b>	<b>0.255</b>	<b>0.205</b>

**Anexo 7. Promedios ordenados para el procesamiento estadístico.**

BLOQUE	GI	K	ALTP	HOJAS	LONGR	DIAMR	PESOR	RDTO	RDTOHA
1	1	0	31.50	12.70	4.03	5.07	0.098	0.980	12250.00
1	1	60	35.10	12.70	4.98	5.57	0.168	1.675	20937.50
1	1	120	37.00	12.70	5.04	6.35	0.196	1.960	24500.00
1	1	180	32.10	12.10	5.51	6.27	0.202	2.015	25187.50
1	2	0	35.89	14.20	5.36	5.60	0.158	1.575	19687.50
1	2	60	38.58	15.50	5.91	6.44	0.185	1.850	23125.00
1	2	120	44.42	14.80	5.77	6.49	0.191	1.908	23850.00
1	2	180	42.15	14.30	5.77	6.70	0.184	1.840	23000.00
2	1	0	30.40	13.20	4.59	5.81	0.151	1.505	18812.50
2	1	60	37.20	12.50	5.56	5.92	0.170	1.695	21187.50
2	1	120	38.70	13.70	5.72	6.92	0.204	2.035	25437.50
2	1	180	38.30	14.10	6.03	7.17	0.220	2.200	27500.00
2	2	0	34.40	12.90	5.47	6.49	0.176	1.760	22000.00
2	2	60	39.00	13.90	5.80	7.14	0.230	2.295	28687.50
2	2	120	43.50	14.70	5.81	6.96	0.236	2.360	29500.00
2	2	180	43.90	14.50	6.30	7.54	0.255	2.550	31875.00
3	1	0	28.40	13.70	4.80	5.89	0.117	1.170	14625.00
3	1	60	34.70	14.30	6.09	7.12	0.229	2.285	28562.50
3	1	120	34.00	15.00	6.31	7.30	0.234	2.340	29250.00
3	1	180	35.70	14.40	5.93	6.77	0.200	2.295	28687.50
3	2	0	30.80	13.60	5.13	5.37	0.116	1.160	14500.00
3	2	60	33.10	15.80	5.85	7.02	0.171	1.705	21312.50
3	2	120	42.50	13.90	5.55	6.22	0.203	2.030	25375.00
3	2	180	36.10	18.20	6.48	6.79	0.205	2.045	25562.50

## Anexo 8. Panel fotográfico



Foto 1. Limpieza de restos de cosecha y malezas



Foto 2. Preparación del terreno con el Arado Manual (Labranza mínima)



Foto 3. Delimitación y surcado



Foto 4. Pesado de guano de isla y cloruro de potasio para cada tratamiento



Foto 5. Semilla de beterraga variedad Early Wonder Tall Top



Foto 6. Abonamiento y siembra



Foto 7. Control de Diabrotica con (Ciperklin)



Foto 8. Primer deshierbo



Foto 9. Cultivo de betarraga a los 70 días después de la siembra



Foto 10. Cultivo de betarraga a los 90 días después de la siembra



Foto 11. Cosecha de betarraga



Foto 12. Diez plantas tomadas al azar de cada tratamiento





**UNSCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
**AGRARIAS**

---

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias, deja constancia que el trabajo de tesis titulado;

**“Fertilización potásica y guano de islas en el rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.), bajo labranza mínima. Canaán, 2750 msnm- Ayacucho, 2019”**

Autor : Delia Benidicta Huamán Escate

Asesor : Walter Augusto Mateu Mateo

Ha sido sometido al análisis del sistema antiplagio TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de 21 % de similitud.

Por lo que, de acuerdo al porcentaje establecido en el Artículo 13 del Reglamento de originalidad de trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, es procedente otorgar la Constancia de Originalidad.

Ayacucho, 23 de octubre de 2021

---

**Ing. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO**  
**Presidente de comisión**

# Fertilización potásica y guano de islas en el rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.), bajo labranza mínima. Canaán, 2750 msnm- Ayacucho, 2019

*por* Delia Huamán Escate

---

**Fecha de entrega:** 23-oct-2021 08:55p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1682121751

**Nombre del archivo:** TESIS\_DELIA\_HE\_15102021.doc (16.86M)

**Total de palabras:** 18155

**Total de caracteres:** 91660

# Fertilización potásica y guano de islas en el rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.), bajo labranza mínima. Canaán, 2750 msnm- Ayacucho, 2019

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

21 %

FUENTES DE INTERNET

0 %

PUBLICACIONES

8 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	10 %
2	<a href="https://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	2 %
3	<a href="https://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
4	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	1 %
5	<a href="http://www.buenastareas.com">www.buenastareas.com</a> Fuente de Internet	1 %
6	<a href="https://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
7	<a href="https://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	1 %
8	<a href="http://www.iclfertilizers.com">www.iclfertilizers.com</a> Fuente de Internet	1 %

9	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	1 %
10	guasch.com.ar Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1 %
12	scielo.sld.cu Fuente de Internet	<1 %
13	www.agrobeta.com Fuente de Internet	<1 %
14	www.puc.cl Fuente de Internet	<1 %
15	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	www.intagri.com Fuente de Internet	<1 %
17	www.soccolhort.com Fuente de Internet	<1 %
18	www.repositorio.uaaan.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words