

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto de la aplicación de dos dosis de potasio y silicio en el
rendimiento del cultivo de culantro (*Coriandrum sativum*) en
condiciones de Yanahuanca**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autor:

Bach. Natalia Natali BERNARDO ESPINOZA

Asesor:

Mg. Josué Hernán INGA ORTIZ

Cerro de Pasco – Perú – 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto de la aplicación de dos dosis de potasio y silicio en el
rendimiento del cultivo de culantro (*Coriandrum sativum*) en
condiciones de Yanahuanca**

Sustentada y aprobada ante los miembros de los jurados:

**Mg. Fernando James ALVAREZ RODRÍGUEZ
PRESIDENTE**

**Mg. Fidel DE LA ROSA AQUINO
MIEMBRO**

**Ing. Alfredo Exaltación CÓNDROR PÉREZ
MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 046-2024/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
BERNARDO ESPINOZA, Natalia Natali

Escuela de Formación Profesional
Agronomía - Pasco

Tipo de trabajo
Tesis

Efecto de la aplicación de dos dosis de potasio y silicio en el rendimiento del cultivo de culantro (*Coriandrum sativum*) en condiciones de Yanahuanca

Asesor
Mg. Inga Ortiz, Josué Hernán

Índice de similitud
10%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti plagio.

Cerro de Pasco, 13 de abril de 2024



Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por haberme brindado la oportunidad de llegar hasta aquí y por mantener mi salud, lo cual me ha permitido alcanzar mis metas con su amor y generosidad infinita. Igualmente, reconozco a mis padres como la base fundamental de mi formación tanto académica como personal, gracias a su apoyo incondicional a lo largo del tiempo. También agradezco a mis hijos y a mi esposo, ya que sin ellos este logro no habría sido posible.

Natalia

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento al Mg. Sc. Josué Hernán Inga Ortiz por su valiosa orientación en mi tesis. Además, reconozco y agradezco sinceramente a los miembros del jurado de tesis: Mg. Fernando Álvarez Rodríguez, Mg. Fidel de la Rosa Aquino e Ing. Alfredo Exaltación Cóndor Pérez, por sus sugerencias y la revisión exhaustiva de mi trabajo.

Asimismo, aprovecho esta oportunidad para dar las gracias a la destacada plana docente de la Escuela de Agronomía sede Yanahuanca de la UNDAC, cuyos conocimientos y experiencias han sido fundamentales para mi desarrollo académico y la culminación de mis estudios.

No puedo dejar de mencionar mi aprecio hacia mis colegas y el personal administrativo de mi institución educativa, quienes han contribuido significativamente a mi trayectoria académica.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de Yanahuanca, provincia de Daniel Alcides Carrión, región Pasco en condiciones de campo. Los objetivos de la investigación fueron: Evaluar el efecto de la aplicación de dos dosis de potasio y silicio en el rendimiento del cultivo de culantro (*Coriandrum sativum.*) en condiciones de Yanahuanca, determinar las características agronómicas de los tratamientos en estudio, evaluar la precocidad de cada uno de los tratamientos en estudio. El diseño estadístico utilizado fue de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones, las evaluaciones fueron periódicas y permanentes, para la fertilización del cultivo se realizó análisis de suelo y se obtuvieron datos meteorológicos del ministerio de agricultura. Los resultados fueron los siguientes: En cuanto al rendimiento por hectárea el T6 (Potasio 200 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O) tuvo el mayor rendimiento con 13833.7 kg/ha de peso fresco. En cuanto a las características agronómicas no hubo diferencia en el porcentaje de prendimiento, la mejor altura de planta lo tuvo el tratamiento T6 (Potasio 200 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O) con 1.04 m, para la longitud de hoja no hubo diferencia entre los tratamientos, así mismo el mayor peso fresco y el mayor peso en seco lo tuvo el T6. El T6 (Potasio 200 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O) fue la que mostró menor días al inicio de floración por lo que se afirma que la interacción de silicio más potasio influye de manera positiva en el inicio de floración es decir en la precocidad del cultivo.

Palabras clave: culantro, rendimiento, silicio, potasio.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the town of Yanahuanca, province of Daniel Alcides Carrión, Pasco region under field conditions. The objectives of the research were: Evaluate the effect of the application of two doses of potassium and silicon on the yield of culantro cultivation (*Coriandrum sativum*) under Yanahuanca conditions, to determine the agronomic characteristics of the treatments under study, to evaluate the precocity of each of the treatments under study. The statistical design used was Randomized Complete Blocks, with three repetitions, the evaluations were periodic and permanent, for the fertilization of the crop, soil analysis was carried out and the meteorological data of the Ministry of Agriculture were obtained. The results were the following: In terms of yield per hectare, T6 (Potassium 200 ml / 20 L H₂O + Silicon 200 ml / 20 L H₂O) had the highest yield with 13833.7 kg / ha of fresh weight. Regarding the agronomic characteristics, there was no difference in the percentage of capture, the best plant height was obtained with the T6 treatment (200 ml potassium / 20 L H₂O + 200 ml silicon / 20 L H₂O) with 1.04 m, for the leaf length there was no difference between the treatments, likewise the mayor fresh weight and the highest dry weight was the T6. T6 (Potassium 200 ml / 20 L H₂O + Silicon 200 ml / 20 L H₂O) was the first time that flowering was activated at the beginning of flowering say in the precocity of the crop.

Keywords: coriander, yield, silicon, potassium.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de culantro está creciendo gracias a avances en su manejo, nuevas variedades e híbridos, el uso eficiente de fertilizantes foliares y riego, junto con una mayor difusión. Esto ha aumentado la oferta para satisfacer la demanda global, ya que el culantro es popular como planta condimentaria y se cultiva en la mayoría de los países.

Yanahuanca tiene condiciones favorables para el cultivo de hortalizas como el culantro, pero los agricultores prefieren cultivar papa, maíz, habas, trigo y cebada. A pesar de ello, el suelo y el clima en Pasco también son adecuados para el culantro, según el último censo agropecuario. Aunque se siembran solo 0.1 hectáreas de culantro al año en Yanahuanca, su valor nutricional es reconocido por su aporte de vitaminas, minerales, fibras y otros beneficios para la salud (INEI, 1994).

El cultivo de culantro puede producir entre 4500 y 8000 kg/ha de hoja fresca. Los agricultores prefieren sembrarlo durante la época de lluvias para obtener mejores precios, pero a menudo los rendimientos son menores debido a problemas como el desconocimiento sobre abonos foliares, falta de información sobre la siembra, plagas y enfermedades. Por eso, se propone una investigación para promover el uso adecuado de abonos foliares de potasio y silicio, junto con una densidad de siembra óptima, con el objetivo de mejorar los rendimientos en el cultivo de culantro (Delgado de la Flor 2000).

Yanahuanca, debido a su ubicación geográfica y clima, ofrece un entorno propicio para fomentar el cultivo de hortalizas. Esto se debe a sus condiciones ecológicas favorables, lo que aumenta la producción local y diversifica la oferta alimentaria, reduciendo la necesidad de importar productos de lugares como Tarma y Lima a costos más altos. Además, se destaca la importancia económica de las hortalizas en otras regiones del país, como en los mercados costeros y selváticos, lo que resalta el potencial del cultivo de hortalizas para contribuir significativamente a la economía nacional.

El cultivo de culantro en zonas rurales proporcionará empleo a las familias campesinas, aumentará los ingresos de los agricultores y beneficiará su bienestar y salud gracias al consumo de esta planta. Este proyecto de investigación busca apoyar a los agricultores frente a este desafío. El cultivo de hortalizas en huertos familiares ha ganado relevancia nacional, destacando su importancia en la dieta humana según estudios de expertos y entidades de promoción agrícola.

Las verduras y hortalizas son esenciales en nuestra dieta diaria, ya que no solo aportan vitaminas y minerales como el fósforo y el potasio, sino que también son una valiosa fuente de carbohidratos y volumen. La cantidad de vitaminas en estos alimentos varía según la variedad, el cuidado del suelo y el clima. Al mejorar el manejo del suelo y el abono, algunas variedades de hortalizas aumentan su contenido vitamínico, mientras que disminuye si estas condiciones no se cumplen.

El culantro es altamente valorado en el mercado, junto con otras hortalizas, debido a su importancia en la alimentación humana. Además, la capacidad de industrialización de las hortalizas facilita la optimización de recursos materiales y humanos. Se nota que hay áreas pequeñas de cultivo de hortalizas en espacios limitados, como el culantro, posiblemente porque los campesinos no están familiarizados con las técnicas adecuadas de cultivo y manejo que podrían aumentar la producción.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación	1
1.3.	Formulación del problema.....	2
1.3.1.	Problema general	2
1.3.2.	Problemas específicos	2
1.4.	Formulación de objetivos	2
1.4.1.	Objetivo general	2
1.4.2.	Objetivos específicos	2
1.5.	Justificación de la investigación	2
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	5
2.2.	Bases teóricas - científicas	6
2.2.1.	Origen del culantro	6
2.2.2.	Clasificación Botánica	7
2.2.3.	Descripción general del cultivo	7

2.2.4.	Descripción botánica	8
2.2.5.	Valor nutricional	9
2.2.6.	Requerimiento del cultivo	10
2.2.7.	Tecnología de producción	11
2.2.8.	Labores culturales	14
2.2.9.	Plagas y enfermedades.....	15
2.2.10.	Cosecha y rendimiento.....	16
2.2.11.	Variedades.....	18
2.2.12.	El silicio en la planta	19
2.2.13.	El potasio en la planta	24
2.3.	Definición de términos básicos	26
2.4.	Formulación de hipótesis	27
2.4.1.	Hipótesis general.....	27
2.4.2.	Hipótesis específica	27
2.5.	Identificación de variables	27
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	28

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	29
3.2.	Nivel de investigación.....	29
3.3.	Métodos de investigación.....	29
3.4.	Diseño de investigación	30
3.5.	Población y muestra	31
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	32

3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	33
3.9.	Tratamiento estadístico	36
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	38

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción de trabajo de campo	39
4.1.1.	Ubicación geográfica.....	39
4.1.2.	Preparación del terreno experimental.....	39
4.1.3.	Fertilización.....	40
4.1.4.	Trasplante.....	40
4.1.5.	Aporque	40
4.1.6.	Control de malezas	40
4.1.7.	Riegos.....	40
4.1.8.	Control fitosanitario	40
4.1.9.	Cosecha.....	41
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	41
4.2.1.	Porcentaje de prendimiento (%).....	41
4.2.2.	Altura de planta a la cosecha (m)	42
4.2.3.	Longitud de hoja a la cosecha	43
4.2.4.	Días al inicio de floración	45
4.2.5.	Peso fresco por planta (g)	46
4.2.6.	Peso seco por planta (g)	47
4.2.7.	Rendimiento en peso fresco por hectárea (kg)	49
4.3.	Prueba de hipótesis.....	50
4.4.	Discusión de resultados	51

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valor nutricional del culantro por 100 g de peso fresco.	9
Cuadro 2. Culantro-superficie cosechada según región (ha).....	18
Cuadro 3. Culantro-rendimiento según región (kg/ha).....	18
Cuadro 4. Culantro-precio en chacra según región (s/./kg)	18
Cuadro 5. Esquema del análisis de varianza	31
Cuadro 6. Interpretación de análisis de suelo	34
Cuadro 7. Datos meteorológicos durante el desarrollo del trabajo de investigación Año 2017.....	35
Cuadro 8. Tratamientos en estudio	36
Cuadro 9. Análisis de varianza para porcentaje de prendimiento.....	41
Cuadro 10. Prueba de Tukey para el porcentaje de prendimiento.....	42
Cuadro 11. Análisis de varianza para altura de planta a la cosecha (m)	42
Cuadro 12. Prueba de Tukey para la altura de planta a la cosecha (m)	43
Cuadro 13. Análisis de variancia para longitud de hoja a la cosecha (cm)	44
Cuadro 14. Prueba de Tukey para longitud de hoja a la cosecha (cm)	44
Cuadro 15. Análisis de varianza para días al inicio de floración	45
Cuadro 16. Prueba de Tukey para días al inicio de floración	46
Cuadro 17. Análisis de varianza para peso fresco por planta (g)	46
Cuadro 18. Prueba de Tukey para el peso fresco por planta (g)	46
Cuadro 19. Análisis de varianza para el peso seco por planta (g).....	47
Cuadro 20. Prueba de Tukey para el peso seco por planta (g)	48
Cuadro 21. Análisis de varianza para el rendimiento por hectárea kg/ha	49
Cuadro 22. Prueba de Tukey para el rendimiento en peso fresco por hectárea (kg) .	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis del campo experimental	37
Figura 2. Preparación de terreno para la investigación	20
Figura 3. Demarcación del croquis experimenta	21
Figura 4. Prendimiento del cultivo	21
Figura 5. Evaluación de altura de planta	22
Figura 6. Evaluación de rendimiento por planta	22
Figura 7. Cosecha escalonada según maduración de los tratamientos.....	23
Figura 8. Campo cosechado según bloques	23
Figura 9. Evaluación de rendimiento por planta en fresco.....	24
Figura 10. Evaluación de rendimiento por planta en seco	24
Figura 11. Supervisión de los miembros del jurado de tesis y del asesor.....	25

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El cultivo de culantro es promisorio en la provincia Daniel Alcides Carrión ya que en la actualidad existe demanda por este cultivo por ser una planta medicinal y culinaria, con muchas bondades en la salud humana, también se puede comercializar como harina. Sin embargo, los agricultores desconocen el manejo agronómico y el suplemento del cultivo con abonos foliares a base de silicio y potasio, estos nutrientes brindan a la planta mayor resistencia a plagas y enfermedades y mejoran la calidad del cultivo de esa manera se mejora la producción. Para ayudar a resolver el problema agrícola mencionado, se ideó esta investigación con el objetivo de mejorar los rendimientos del cultivo de culantro en entornos de campo.

1.2. Delimitación de la investigación

El estudio se llevó a cabo en el área rural de Yanahuanca, ubicada en la provincia de Daniel Alcides Carrión. Las coordenadas del lugar son 10°29'29"S y 76°30'49"O, con una elevación de 3280 metros sobre el nivel del mar, específicamente en el Fundo Benavides. Este trabajo se realizó durante el año 2017.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo influye la aplicación de dos dosis de potasio y silicio en el rendimiento del cultivo de culantro (*Coriandrum sativum*) en condiciones de Yanahuanca?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cómo serán las características agronómicas de los tratamientos en estudio con la aplicación de silicio y potasio?

¿Cómo será la precocidad de cada una los tratamientos en estudio con la aplicación de silicio y potasio?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de dos dosis de potasio y silicio en el rendimiento del cultivo de culantro (*Coriandrum sativum*) en condiciones de Yanahuanca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características agronómicas de los tratamientos en estudio.
- Evaluar la precocidad de cada una los tratamientos en estudio.

1.5. Justificación de la investigación

a. Desde el punto de vista económico

Yanahuanca, debido a su ubicación geográfica única y las características de su clima, cuenta con un entorno propicio para fomentar el cultivo de hortalizas. Esto se debe a sus condiciones ecológicas favorables, que permiten una mayor producción local de hortalizas y una dieta más variada. Esto a su vez reduce la necesidad de importar hortalizas de otras regiones como Tarma y Lima, donde el costo es más alto. Además, es importante destacar que las hortalizas tienen un alto valor económico en diversas

partes del país, especialmente en las regiones costeras y selváticas. Por lo tanto, el cultivo de hortalizas en Yanahuanca puede contribuir significativamente a la economía nacional, brindando servicios económicos más sólidos y beneficiosos.

b. Desde el punto de vista social

El fomento del cultivo de culantro contribuirá a crear empleo en las comunidades rurales, lo que resultará en un aumento de ingresos para los agricultores y en una mejora de su bienestar y salud gracias al cultivo y consumo de esta planta. Con este proyecto de investigación, se busca brindar apoyo a los agricultores frente a este desafío.

c. Desde el punto de vista alimenticio

El cultivo de hortalizas en huertos familiares ha crecido en importancia a nivel nacional, según estudios de nutrición y organizaciones agrícolas. Estas investigaciones resaltan su valor nutricional por su riqueza en vitaminas y minerales, especialmente fósforo y potasio, siendo una fuente importante de carbohidratos y volumen en la dieta diaria. La cantidad de vitaminas en las hortalizas varía según la variedad, manejo del suelo y clima. La calidad nutricional puede aumentar con un buen manejo del suelo y fertilización adecuada. El culantro es especialmente apreciado en el mercado junto con otras hortalizas, debido a su uso común en la alimentación.

d. Desde el punto de vista tecnológico

Por otro lado, la sencilla transformación de las verduras en productos industriales fomenta el óptimo aprovechamiento de los materiales y del personal.

Se pueden ver pequeñas zonas dedicadas al cultivo de vegetales en áreas limitadas, como el culantro; las posibles causas son la falta de conocimiento

entre los agricultores sobre las técnicas adecuadas de cultivo y gestión, lo cual limita la obtención de mayores cosechas.

1.6. Limitaciones de la investigación

De acuerdo con los objetivos y la investigación realizada, se identificaron ciertas restricciones, como:

Restricciones de información: Ausencia de recursos en la biblioteca de la UNDAC y limitado acceso a la biblioteca digital.

Restricciones ambientales: El cambio climático impacta en las condiciones para el cultivo, y la aparición de plagas y enfermedades varía debido a esto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Liang (1999) investigando el efectos del silicio sobre la actividad enzimática y la concentración de sodio, potasio y calcio en cebada bajo estrés salino reporta que se cultivaron dos cultivares contrastantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.): Kepin No.7 (sensible a la sal) y Jian 4 (tolerante a la sal) en un sistema hidropónico que contenía 120 mol m⁻³ de NaCl solamente y 120 mol m⁻³ de NaCl con 1.0 mol m⁻³ Si (como silicato de potasio). En comparación con las plantas tratadas solo con sal, la actividad del superóxido dismutasa (SOD) en las hojas de la planta y la actividad H⁺ -ATPasa en las raíces de la planta aumentaron, y la concentración de malondialdehído (MDA) en las hojas de la planta disminuyó significativamente para ambos cultivares cuando se trató con sal y Si. También se encontró que la adición de Si reduce el sodio, pero aumenta las concentraciones de potasio en los brotes y raíces de cebada estresada con sal. La absorción de sodio y el transporte a los brotes desde las raíces se inhibió en gran medida por la adición de Si bajo condiciones de estrés salino. Sin embargo, la adición de Si mostró poco efecto sobre las concentraciones de calcio en brotes de cebada estresada con sal. Por lo tanto, la tolerancia a la sal mejorada con Si se atribuye a la absorción selectiva y al

transporte de potasio y sodio por las plantas. Los resultados del presente estudio sugieren que el Si está involucrado en los cambios metabólicos o fisiológicos en las plantas.

De la Cruz y Avitia (2012) menciona que se aplicaron dos niveles de fertilización foliar con K, Ca y Si a plantas de fresa 'Festival' y 'Jacona' para estudiar su impacto en la producción y calidad de la fruta. Se examinaron aspectos como las clorofilas, los azúcares solubles totales, el área foliar y el peso seco. También se analizó la concentración de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg y Si en la fruta y la planta. Los tratamientos consistieron en 1,000 y 2,000 mg-litro⁻¹ de K y Ca, 100 y 400 mg-litro⁻¹ de Si, utilizando diferentes fuentes como el Nitrato de Potasio y Phytophos-K para el K, y el Nitrato de Calcio y el Silicato de Potasio para Ca y Si, respectivamente. Estos tratamientos se aplicaron foliarmente cada 14 días. Los resultados mostraron que niveles más altos de K llevaron a frutos con mayor acidez y concentración de N, mientras que el Si contribuyó a una mayor concentración de Ca en la fruta y de Si en la planta.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Origen del culantro

Según Morales J. (1995), el culantro tiene su origen en el sur de Europa y el sur del Mediterráneo. Según registros históricos egipcios del año 1550 A.C., se empleaba como planta medicinal y condimento. Semillas de culantro se han descubierto en tumbas egipcias de los años 900 a 1100 A.C. Tanto los romanos como los egipcios la utilizaban con frecuencia.

De acuerdo a Morales et al (2011), el culantro es nativo del sur del Mediterráneo; desde el medio oriente se dispersó por Asia, Europa, y África. En el siglo VX se introdujo América proveniente desde Europa.

El valor de esta planta en México se deriva de sus hojas frescas, empleadas como condimentos en diversas preparaciones culinarias como

salsas, sazónadores, caldos, ensaladas, guisos, entre otros. Su cultivo abarca prácticamente todos los estados del país, destacando en Baja California Norte, México, Coahuila, Nuevo León, Sonora, Puebla, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas y Guanajuato (Neri, 1975; Hedrick, 1972).

2.2.2. Clasificación Botánica

Según Carrera R. (2010), el culantro presenta la siguiente clasificación:

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Orden : Apiales
Familia : Apiaceae (Umbelliferae)
Género: Coriandrum
Especie : sativum

Nombre científico: Coriandrum sativum L.

Nombre común: Coriandro, cilantro, culantro, Koriander (en alemán), coriandre (en francés) y coriander, coliander (en inglés).

2.2.3. Descripción general del cultivo

Tiene un ciclo de crecimiento que dura un año, es una planta herbácea que puede llegar a medir entre 40 y 60 centímetros. Sus tallos son cilíndricos y lisos, y tienden a ramificarse en la parte superior. Las hojas inferiores tienen forma de pecíolo y están divididas en segmentos en forma de cuña, mientras que las hojas superiores tienen una estructura bi-tripinnada con segmentos puntiagudos. Produce flores de color blanco o rosado agrupadas en umbelas en la parte superior de la planta. Las raíces son largas y ramificadas. De frutos de apariencia de globos contando con diez costillas primarias longitudinales y ocho secundarias, formadas por mericarpios duramente unidos, con una coloración amarillo-marrón. (Departamento de Ingeniería Agrónoma y Contenidos).

El sistema de raíces se caracteriza por ser axonomorfo, delgado y altamente ramificado. El tallo es dicotómico, herbáceo, hueco y erguido, alcanzando una longitud de hasta 90 cm. Las hojas son compuestas, con folíolos inferiores anchos y ovales con lóbulos dentados, y folíolos superiores divididos en cuatro o cinco segmentos estrechos. Tienen un color verde intenso y se presentan en una inflorescencia compuesta en forma de umbela, con flores hermafroditas y estaminadas. El fruto es un esquizocarpo con un diámetro de tres a cinco milímetros (Raymond y Reed citado por Hernández 2003).

2.2.4. Descripción botánica

La planta alcanza entre 60 y 90 cm de altura con un tallo vertical, ramificado y cilíndrico, finalizando en una umbela. Su sistema de raíces es simple y fino, con una raíz primaria delgada y pelos radiculares variables. Las hojas, de color verde intenso o amarillento, son aladas y desiguales; los folíolos inferiores son anchos y dentados, mientras que los superiores son largos y divididos. Las flores se agrupan en una umbela compuesta, de tonos blanco-grisáceos o ligeramente rosados. El cáliz consta de 5 sépalos, y los pétalos tienen forma de corazón en el vértice, siendo más grandes en la periferia. El período de viabilidad de las semillas de cilantro oscila entre 6 y 8 años. Para asegurar su germinación, es fundamental almacenarlas en un ambiente seco durante al menos 3 meses después de la cosecha, ya que no brotarán si se siembran de inmediato después de ser recolectadas. La semilla de cilantro requiere una temperatura de 15° C como óptimo para su germinación, ocurriendo este alrededor de los 10 a 21 días después de sembrarse (Pérez, 1936; Tamaro, 1951; Jethani, 1984). Fruto esférico, de color amarillo, que fresco tiene un olor repugnante, pero que seco huele muy bien (Peña, 1955 y Phalow, 1981). Corrientemente los frutos (semillas) se emplean en la industria confitera, en licorera y en la medicina (Lerena, 1975).

2.2.5. Valor nutricional

Según Morales J. (1995), se ha observado que las hojas son el principal punto de uso, aunque también se han utilizado las raíces. Las hojas recién cortadas son una fuente notable de caroteno y calcio. Respecto a su contenido en proteínas, vitaminas y minerales, se considera que está dentro de los estándares para estas especies.

Cuadro 1. Valor nutricional del culantro por 100 g de peso fresco.

Componentes	Cilantro
Agua	87.0 0%
Proteína	2.30 %
Grasas	0.60%
Carbohidratos	6.50%
Fibras	1.20%
Calcio	390.00%
Fósforo	60.00 %
Hierro	20.00 %
Vitamina A	3010.00UI
Tiamina	60.00 mg
Niacina	0.80 mg
Vitamina B6	0.20 mg

Fuente: Morales J. (1995)

Investigadores descubrieron que el dodecanal es más potente que la gentamicina, un antibiótico contra la salmonella. Sugieren usar el dodecanal como aditivo nutritivo sin alterar el sabor en conservas, además de prevenir intoxicaciones. También consideran su uso como capa protectora en carne procesada, limpiador multiuso y agente para higiene de manos. El compuesto del *Coriandrum* es efectivo para la prevención de enfermedades, puesto que destruye la membrana celular de las bacterias (Orendain C. 2012).

Funciona como depurador, diurético, antioxidante, incita el apetito, contiene propiedades antiespasmódicas, suele balancear el colesterol, mejora

el rendimiento mental, elimina el exceso de líquidos, descarta bacterias perjudiciales en la comida cruda, por ende, se lo utiliza en ensaladas, salsas y ceviche (García, 2015).

2.2.6. Requerimiento del cultivo

➤ **Altitud**

Acuña y colaboradores, según Simbaña (2012), mencionan que las altitudes destacadas oscilan entre 1000 y 1500 metros sobre el nivel del mar. Por otro lado, Pinto (2013) indica que la altitud varía de 1000 a 2800 metros sobre el nivel del mar, con una altitud óptima de 2200 m.s.n.m. El cultivo de culantro se adapta a diversos climas, aunque su utilidad se destaca especialmente en altitudes de 1000 a 1300 m.s.n.m., según Wil (2012). Es importante tener en cuenta que las altitudes pueden variar, especialmente en zonas tropicales, donde van desde los 600 hasta los 2500 metros sobre el nivel del mar. Así mismo en regiones de climas cálidos y frescos se obtienen altitudes de 1000 – 1700 msnm. (Acuña, 1998 citado por Vallejo y Estrada 2004).

➤ **Temperatura**

Coriandrum sativum L es una planta aromática que se adapta a una amplia gama de climas, incluyendo cálidos, frescos y fríos, aunque prefiere los climas templados. Su rendimiento es óptimo en temperaturas de 15° a 20° C, ya que en estas condiciones emite una mayor cantidad de aceite esencial (Pinto M. 2013). Durante el verano, el cilantro se desarrolla especialmente bien debido a las altas temperaturas y mayor exposición al sol, lo que provoca que florezca más temprano. La sensibilidad a la temperatura y la luz varía según la variedad de la planta. En general, el cilantro crece mejor a temperaturas entre 20° y 30° C (Morales et al. 2011). Aunque

el culantro puede adaptarse a diferentes climas, su rendimiento es especialmente bueno en zonas tropicales con temperaturas promedio de 27 a 19° C. En regiones de climas cálidos y frescos se obtienen temperaturas de 20 hasta 26°C, ya que esto favorece a un mayor desarrollo de follaje y se obtiene más producción de materia fresca (Acuña, 1998 citado por Vallejo y Estrada 2004).

➤ **Horas de luz y precipitación**

El culantro requiere una cantidad de lluvia entre 300 y 400 mm durante su período de crecimiento. Teniendo una luminosidad de 5-6 horas/sol/día. (Pinto M. 2013).

➤ **Suelo**

Los suelos aptos para el culantro son francos y franco arcillosos, teniendo en cuenta que sean bien drenados y con buena cantidad de materia orgánica, además tolera pH entre 5 y 7,5. (Wil 2012). Se adapta a diferentes tipos de suelo siendo estos fértiles teniendo un pH entre 6.5 y 7.5 (Morales et al. 2011). El suelo según Pinto M. (2013) es de tipo franco arenoso o franco arcilloso, bien drenado, rico en nutrientes y con materia orgánica, con un nivel de pH entre 6,5 y 7,5.

El suelo debe ser levemente ácido teniendo un pH 6,2, con una baja cantidad de materia orgánica. (Moniruzzaman M, et al. 2013).

2.2.7. Tecnología de producción

➤ **Preparación de terreno**

El culantro por ser un producto que se requiere durante todo el año, su ciclo agrícola predominante es el de Primavera-verano; sin embargo, el ciclo Otoño-invierno es representativo (Agrosíntesis, 1985). Se requiere para la siembra un promedio de semilla de 2 g/m² y una distancia entre hileras de 20-30 cm (Leñano, 1973). El sistema

de siembra que se utiliza en este cultivo es a chorrillo para cosecha de follaje y el sistema al voleo para producción de semilla (Fernández, 1988). Se pueden sembrar en los bordes de los campos y en espacios reducidos de siembra, utilizando los métodos de riego a chorrillo y al voleo, respectivamente. Acto seguido de la siembra, se cubre la semilla con una delgada capa de tierra mezclada con abono y se riega todo el cultivo (Montes, 1979). Gimsón (1986) reportó resultados con experimentos efectuados durante 5 años en culantro cultivado para follaje. Las densidades de siembra entre 50 y 55 kg/ha en surcos a 25 cm de separación produjeron los mejores rendimientos de follaje.

➤ **Siembra y densidad**

Simbaña (2012), menciona que en la siembra de cilantro se manejan algunas densidades como se indica a continuación: La siembra se hace directa, por semillas con una distancia entre surcos de 30 cm y 15 cm entre plantas, cuidando mantener el suelo húmedo; la germinación ocurre a los 10 ó 12 días después de siembra. Las semillas de cilantro se colocan en hileras con 30 cm de separación y a una profundidad de 1 cm para garantizar su germinación, ya que necesitan luz. Las plantas emergen después de tres semanas y se deben escardar cuando están crecidas, dejando 12 cm entre cada una. Es importante sembrarlas a pleno sol y a una profundidad de 1/4 a 1/2 pulgada cada pulgada en filas separadas por 12 pulgadas. Se debe mantener la humedad hasta la germinación, que ocurre en 7 a 10 días. Una densidad mayor de plantas compite mejor con las malezas y facilita la recolección al agruparse en el campo. Cada "semilla" de cilantro contiene dos embriones, lo que significa que si se plantan 10 "semillas" y todas germinan, se obtendrán 20 plantas

de cilantro. El cilantro por ser un producto que se requiere durante todo el año, su ciclo agrícola predominante es el de Primavera-verano; sin embargo, el ciclo Otoño-invierno es representativo (Agrosíntesis, 1985). Se requiere para la siembra un promedio de semilla de 2 g/m² y una distancia entre hileras de 20-30 cm (Leñano, 1973). El sistema de siembra que se utiliza en este cultivo es a chorrillo para cosecha de follaje y el sistema al voleo para producción de semilla (Fernández, 1988). También es posible plantar en los bordes de los campos agrícolas y en áreas de siembra reducidas, empleando los métodos de riego a chorro y dispersión, en ese orden. Acto seguido de la siembra, se cubre la semilla con una delgada capa de tierra mezclada con abono y se riega todo el cultivo (Montes, 1979).

Gimsón (1986) reportó resultados con experimentos efectuados durante 5 años en cilantro cultivado para follaje. Las cantidades de semillas de 50 a 55 kg por hectárea, con filas a 25 cm de separación, produjeron la mayor cantidad de follaje.

En el sur de Coahuila, los agricultores practican la siembra al voleo en áreas destinadas a la producción de semillas, mientras que para la producción de follaje, siembran en surcos separados por distancias de 22, 30 o 40 cm.

➤ **Fertilización**

El crecimiento de la cosecha fue exitoso gracias a la aplicación de una fórmula completa; además, se realizó una siembra inicial seguida de adelgazamientos utilizando nitrógeno y fertilizantes foliares en etapas posteriores. El cultivo parece responder a fertilizantes foliares con micronutrientes (Morales J. 1995).

Según Aristizábal y colaboradores, se observó mayor eficacia en el cultivo de culantro al utilizar fertilizantes químicos con una composición de 10-20-20; sin embargo, se sugiere realizar más investigaciones para evaluar su viabilidad económica. Por otro lado, los fertilizantes orgánicos se emplean generalmente como mejoradores del suelo para cubrir los requerimientos del cultivo. Estos incluyen la composta, el té de estiércol, los abonos verdes y los abonos orgánicos comerciales. Estos ayudan a mejorar la estructura del suelo y sueltan nutrimentos paulatinamente, siempre deben ser chequeados en la etapa de descomposición y luego curarlo antes de aplicarlo (Morales et al 2011).

2.2.8. Labores culturales

➤ **Cultivo**

Fernández (1988) trabajó con 12 genotipos de cilantro y reportó que los los genotipos de San Francisco del Rincón, Gto., Tepeaca, Puebla, y Fresnillo, Zacatecas, exhibieron los índices más elevados en términos de rendimiento, mientras que registraron los períodos más cortos de emergencia y ciclo vegetativo. Por su parte, Andrio (1989) evaluó el comportamiento de 15 colecciones de cilantro sembradas en verano. Se descubrió que dos grupos de plantas provenientes de San Francisco del Rincón, Gto., uno de Fresnillo, Zacatecas, y otro de Tepeaca, Puebla, mostraron potencial debido a su capacidad para florecer temprano. No obstante, la altura de las plantas en el momento de la cosecha varió entre 11.3 y 27.3 cm. En este mismo sentido, Flores (1992) evaluó la susceptibilidad / tolerancia a la floración de 44 genotipos de cilantro provenientes de diferentes partes de la República Mexicana. Los cultivares susceptibles tardaron en promedio 69 días en iniciar la floración,

mientras que los cultivares tolerantes necesitaron 110 días para comenzar a florecer.

2.2.9. Plagas y enfermedades

➤ **Control de plagas**

La aparición de plagas en el cultivo de cilantro es poco significativa debido a su escasa frecuencia; sin embargo, ocasionalmente pueden surgir algunas incidencias. Aunque no es muy común se pueden presentar problemas de plaga como:

Chicharrita (*Empoasca* sp), Mosquita blanca (*Trialeurodes* sp), Diabroticas, Pulga saltona, Chinchas, etc. Que causan lacrado de hojas lo cual baja la calidad del follaje del cultivo se recomienda la aplicación de Lucathion a razón de 1lt/ha con excelentes resultados para el control de chicharritas, mosquita blanca y diabroticas, etc. (Morales, 1987).

➤ **Control de enfermedades**

Aunque las plagas no son percibidas como un gran problema, si las condiciones del suelo y el clima, especialmente la humedad ambiental, la temperatura y la humedad del suelo, son favorables, podrían surgir problemas como Damping-off, manchas acuosas y enfermedades foliares causadas por hongos como Alternaría, Cercospora, Septoria, entre otros.

Se sugiere tratar la semilla con productos como Arazan, Captan o Benlate, o bien, realizar aspersiones de Benlate y Tecto una vez que aparezca la enfermedad. Srivastava (1972) llevó a cabo un estudio con tres tratamientos para evaluar la influencia de diferentes condiciones en la mortalidad causada por *Fusarium oxysporium* en cilantro. La interacción entre la temperatura del suelo (20 y 28° C), la humedad del suelo (35 y 69% de la capacidad de campo), el pH

del suelo (6.0 y 8.2), la presencia de abono orgánico (Compost en 0 y 200 rangos) y 16 variedades de cilantro fue analizada. Sin Compost, la infección fue severa al alcanzar el 100% a 28° C y pH 6.0. Al añadir Compost y aumentar el pH a 8.2, la mortalidad disminuyó al 50%. La combinación de alta humedad en el suelo (69%) con Compost y pH 6.0 resultó en el 100% de mortalidad, mientras que un nivel de humedad de 35% con Compost y pH 8.2 redujo la mortalidad al 28%. En todas las variedades la mortalidad fue menor a temperaturas de 20°C que a 28° C.

Srivastava y Sinha (1972) indican que el marchitamiento del culantro fue efectivamente reducido con la adición de mejoradores del suelo en suelos infectados artificialmente.

➤ **Control de malezas**

Las malezas deben ser eliminadas manualmente para evitar que afecten al cultivo, especialmente durante los primeros días de germinación cuando compiten por la luz solar. El culantro es resistente a plagas y enfermedades, por lo que se aconseja rotar los cultivos para mantener su salud (SENA, 1988).

2.2.10. Cosecha y rendimiento

Tiene un período de crecimiento de 90 a 150 días para generar una cosecha anual con alto rendimiento. Las hojas pueden ser recolectadas para el consumo directo o permitir que las plantas florezcan para obtener frutos secos y semillas (<http://www.actaf.co.cu/revistas/condimentos/Cilantro.pdf>).

De acuerdo con (Morales J. 1995), las hojas se pueden consumir desde el estado plántula. La recolección comercial de la planta ocurre cuando alcanza su altura máxima. Para las semillas, este proceso se lleva a cabo después de que las hojas se han secado y las semillas han alcanzado su madurez, aproximadamente de 90 a 120 días después de la siembra. Se aconseja

recolectar los frutos antes de que se sequen en el campo para evitar la pérdida de semillas. Luego, se golpean sobre una lona y se recogen, obteniendo un rendimiento de alrededor de 1,5 a 2,3 quintales por tarea (equivalente a 1.100 a 1.700 kg/ha). Según (Wil 2012), tiene un periodo vegetativo el culantro de aproximadamente de 45 días. Después de 60 días desde la siembra, se debe cosechar el culantro antes de que florezca para obtener una alta producción de hojas; alcanzar 8000 kg/ha se considera un resultado excelente. Según Ludeña G. (2014), la variedad Long Standing es la mejor opción debido a su mayor cantidad de materia prima. Además, la cosecha a los 55 días post siembra mostró una mayor producción de biomasa fresca y deshidratada. Según (Acuña, J et/al. 2004 y Simbaña A. 2012), el cultivo de culantro puede alcanzar rendimientos de follaje verde de 6000 a 8000 Kg/ha. Simbaña obtuvo 4937,5 kg/ha de hoja fresca, logrando 4312,5 kg/ha con fertilización orgánica y 4687,5 kg/ha con riego continuo. El rendimiento medio de culantro es de 3837,5 kg/ha de hoja fresca. El ensayo realizado en Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Universidad Agrícola (BSMRAU), utilizando diferentes variedades de culantro (Cs001; Cs002; Cs003; y Cs008), además se emplearon fertilizantes, se debe cosechar a 32 días después de la siembra, así mismo se obtuvo un rendimiento de follaje fresco de 11590 Kg/ha con la variedad Cs003. (Moniruzzaman M. et al 2013).

A continuación, se presentan datos del Ministerio de Agricultura del Perú, donde en el cuadro 2 se observa que la región que presenta mayor área cultivada es la región Lambayeque con 933 hectáreas seguido de la región Lima con 568 hectareas en ambos casos son reportes para el año 2016. (MINAGRI, 2016).

Cuadro 2. Culantro-superficie cosechada según región (ha)

Años	Superficie cosechada (ha)							
	Amazonas	Huánuco	Ica	Junín	La Libertad	Lambayeque	Lima	Pasco
2014	48	--	24	53	71	23	596	--
2015	48	--	22	40	39	17	970	--
2016	--	45	37	41	39	933	568	--

Fuente: Ministerio de Agricultura

En el cuadro 3 se muestra que Junín tuvo el mayor rendimiento en 2016 con 26527 kg/ha, seguido por La Libertad en 2015 con 24595 kg/ha. Por otro lado, la región Pasco no registró área cultivada para este tipo de verdura.

Cuadro 3. Culantro-rendimiento según región (kg/ha)

Años	Rendimiento (kg/ha)							
	Amazonas	Huánuco	Ica	Junín	La Libertad	Lambayeque	Lima	Pasco
2014	5094	--	6414	7374	21224	4174	6403	--
2015	5175	--	6317	7435	24595	3824	6221	--
2016	--	6110	7389	26527	3487	6266	24007	--

Fuente: Ministerio de Agricultura

En el Cuadro 4 se detallan los costos del cultivo de culantro según las diferentes regiones. Se destaca que Lambayeque tuvo el precio más alto en 2014, con 3.09 soles por kilogramo. No obstante, en 2016, La Libertad superó este precio, llegando a 2.71 soles por kilogramo.

Cuadro 4. Culantro-precio en chacra según región (s./kg)

Años	Precio en chacra (S./Kg)							
	Amazonas	Huánuco	Ica	Junín	La Libertad	Lambayeque	Lima	Pasco
2014	0.69	--	0.80	0.71	0.81	3.09	0.38	--
2015	0.71	--	0.79	0.80	0.82	2.94	0.35	--
2016	--	0.80	1.01	0.71	2.71	0.43	0.74	--

Fuente: Ministerio de Agricultura.

2.2.11. Variedades

De acuerdo con Morales J. (1995), en Estados Unidos, las empresas proveedoras de semillas de culantro seleccionaron materiales genéticos del sur del país. Estos materiales genéticos dieron origen a variedades como Long

Standing (alcanza hasta 0,75 m de altura al madurar las semillas a una temperatura de 15° C), Shepherd's (floración rápida, más rápida que Slow Bolt, con semillas inmaduras de fuerte olor y sabor), Slow Bolt (floración lenta) y Santo (floración tardía). Estas variedades se clasifican como de floración rápida o lenta, dependiendo de sus características de crecimiento según el autor mencionado.

2.2.12. El silicio en la planta

El silicio, el segundo elemento más común en la Tierra, se encuentra en el suelo a una concentración de 0.1 a 0.6 mol/m³, el doble que el fósforo. Desde 1840, estudios en laboratorios y campos han demostrado sus beneficios en cultivos como arroz, maíz, trigo, cebada, caña de azúcar y otros. Este elemento fortalece la protección de las plantas contra enfermedades, insectos y condiciones climáticas adversas, ofreciendo beneficios tanto en laboratorios como en entornos agrícolas. Segundo, optimiza la fertilidad del suelo mejorando sus propiedades hídricas, físicas y químicas, y mantiene los nutrientes en formas disponibles para la planta (Snyder et al., 2007).

Análisis de tejido de una amplia variedad de plantas mostró que las concentraciones de silicio varían de 1 a 100 g de Si/kg de materia seca, dependiendo de la especie (Epstein, 1999). La comparación de estos valores con los de otros elementos como N, P, Ca y otros, muestra que el silicio está presente en cantidades equivalentes a las de estos macronutrientes (Snyder et al., 2007).

La planta absorbe el silicio del suelo en forma de ácido monosilícico, también llamado ortosilícico (H₄SiO₄) (Lewin y Reimann, 1969; Yoshida, 1975). La mayor cantidad de silicio es absorbida por la caña de azúcar (300-700 kg de Si/ha), arroz (150-300 kg de Si/ha), y el trigo (50-150 kg de Si/ha) (Bazilevich, 1993). En promedio, las plantas absorben de 50 a 200 kg/ha de Si. Estas cantidades de silicio absorbidas no pueden ser completamente explicadas

por absorción pasiva (por ejemplo, la difusión o de flujo de masa), ya que los primeros 20 cm de la capa de suelo sólo contienen un promedio de 0.1 a 1.6 kg/ha de Si como ácido monosilícico (Matichenkov et al., 2002). Algunos resultados han demostrado que las raíces del arroz poseen capacidad específica para concentrar silicio de la solución externa (Takahashi, 1995). La sílice en las plantas se mueve de las raíces a los brotes a través del flujo de transporte en la xilema, llamado transpiración. Aston y Jones (1976) mencionaron que el ácido monosilícico puede ingresar pasivamente a las células a través de sus membranas. Sin embargo, el proceso activo de transporte de este ácido en las plantas ha recibido poca atención en términos de investigación.

Después de absorberse, el silicio se desplaza rápidamente a las hojas, gracias a la transpiración (Ma, 2003). En las hojas se concentra en el tejido epidérmico como una capa fina de membrana de sílice-celulosa, asociada con pectina y iones calcio (Waterkeyn et al., 1982). De este modo, la doble capa cuticular puede proteger y fortalecer mecánicamente las estructuras de la planta (Yoshida, 1965).

Se han encontrado interacciones entre el silicio y algunos metales tóxicos como el aluminio, manganeso y hierro formando silicatos poco solubles (Horiguchi, 1988; Lumsdon y Farmer, 1995), reduciendo su toxicidad para la planta (Barcelo et al., 1993; Foy, 1992). El anión del ácido monosilícico (H_4SiO_4) puede reemplazar el anión fosfato $[\text{HPO}_4]^{2-}$ del calcio, magnesio, aluminio, hierro y fosfatos (Matichenkov y Ammosova, 1996). El silicio puede sustituir al fosfato en las moléculas de ADN y ARN. Como resultado, la nutrición adecuada de silicio es responsable de aumentar la estabilidad de las moléculas de ADN y ARN (Aleshin, 1982; Voronkov et al., 1978). Se ha comprobado que aumenta la cantidad de clorofila por área en las hojas, lo que permite que las plantas toleren eficientemente niveles de luz variables, ya sean bajos o altos.

Por otra parte, se le hace responsable de producir concentraciones más altas de la enzima ribulosa bifosfato-carboxilasa en el tejido de la hoja (Adatia y Besford, 1986). Esta enzima regula el metabolismo de CO₂ y promueve su uso más eficiente por las plantas (Snyder et al., 2007).

El aumento en el contenido de azúcar en la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.) (Leibig, 1840) y caña de azúcar (Fox et al., 1967), como resultado de la aplicación de fertilizantes de silicio puede ser considerada como una influencia bioquímica del silicio. En naranja la nutrición con silicio resultó en un aumento significativo en los azúcares de la fruta (°Brix) (Matichenkov et al., 2002).

Se ha encontrado al silicio suprimiendo muchas enfermedades de las plantas como cenicilla, *Botrytis*, pudrición de raíz y ataques de insectos como *Spodoptera depravata* (Snyder et al., 2007). El efecto del silicio sobre la resistencia de las plantas a las plagas se atribuye tanto a la acumulación de silicio en el tejido epidérmico y a la expresión de patogénesis inducida como respuesta de defensa del huésped (Aleshin, 1988; Hodson y Sangster, 1988; Waterkeyn et al., 1982).

El silicio también podría formar complejos con compuestos orgánicos en las paredes celulares de las células de la epidermis, aumentando así su resistencia a la degradación por las enzimas liberadas por el hongo, como lo observado en el arroz con el hongo *Magnaporthe grisea* M.E. Barr (Volk, 1958). De hecho, el silicio puede estar asociado con complejos de carbohidratos-lignina en la pared celular de la epidermis de arroz (Inanaga et al., 1995). El silicio en las plantas ha sido estudiado por su posible función como activador y señalizador para la activación de respuestas defensivas contra enfermedades, según ciertas investigaciones. Se ha demostrado que estimula la actividad de la quitinasa y la rápida activación de peroxidasas y polifenoloxidasas después de la infección por hongos (Cherf et al., 1994).

Los depósitos de silicio en las paredes de los vasos de la xilema previenen la compresión de estos vasos durante la transpiración debido a la sequía o el estrés térmico. La membrana de silicio-celulosa en la epidermis también protege las plantas contra la excesiva pérdida de agua por transpiración (Emadian y Newton, 1989). Esta acción se produce debido a una reducción en el diámetro de poro de estomas (Efimova y Dokynchan, 1986) y, en consecuencia, a la reducción de la transpiración de la hoja (Aston y Jones, 1976).

El silicio puede aliviar el estrés salino en las plantas superiores (Liang y Shen, 1994). Hay varias hipótesis para este efecto: (a) mejora de la actividad fotosintética, (b) mejora de la selectividad K/Na, (c), el aumento de la actividad enzimática y (d) incremento en la concentración de sustancias solubles en la xilema, resultando en una absorción limitada de sodio por las plantas (Matichenkov 2002). La nutrición adecuada de silicio puede aumentar la resistencia de las plantas al frío (Matichenkov 2002); Sin embargo, este mecanismo sigue siendo poco conocido. La mejora de la nutrición con silicio conduce a un crecimiento mayor en masa y volumen de las raíces, lo que se traduce en un aumento global de la superficie disponible para la absorción. Como resultado de la aplicación de fertilizantes de silicio, el peso seco de la cebada aumentó en 21 y 54 % a los 20 y 30 días de crecimiento, respectivamente, en relación con las plantas que no recibieron suplemento de silicio (Kudinova, 1974). La fertilización con silicio aumenta la respiración de las raíces (Yamaguchi et al., 1995).

Un experimento de germinación con cítricos (*Citrus spp.*) demostró que al aumentar la concentración de ácido monosilícico en el agua de riego, el peso de las raíces aumentó más que la de los brotes. El mismo efecto se observó en el pasto bahía (*Paspalum notatum* Flüggé) (Matichenkov 2002).

El silicio juega un papel importante en la formación de cáscara en el arroz, y a su vez, parece influir en la calidad del grano (Savant et al., 1997). La cáscara de mala calidad y el color blanco lechoso de los cereales (granos) son generalmente por bajo contenido de silicio, que es directamente proporcional a la concentración de silicio en la paja de arroz (Aleshin et al., 1978).

Los granos de cebada que fueron cosechados de un área fertilizada con silicio tuvieron una mejor capacidad de germinación que las semillas de un suelo pobre en silicio disponible para la planta (Matichenkov, 2002). La mala nutrición de silicio tiene un efecto negativo sobre la floración en el jitomate (*Solanum lycopersicon*) (Miyake, 1993). Es importante señalar que la aplicación de fertilizantes de silicio acelera el crecimiento de los cítricos entre 30 y 80%, acelera la maduración del fruto de 2 a 4 semanas, y aumenta el número de frutos (Taranovskaia, 1939). Una aceleración similar en la maduración de las plantas con aplicación de fertilizantes de silicio se observó en maíz (Matichenkov, 2002).

Numerosos experimentos de campo en diferentes suelos y condiciones climáticas y con varias plantas demuestran claramente los beneficios de la aplicación de fertilizantes de silicio para la productividad y calidad de los cultivos (Snyder et al., 2007).

Wang y Galleta (1998) descubrieron que al aplicar silicio de forma foliar en plantas de fresa, se observa un aumento en la clorofila de las hojas, así como en los ácidos orgánicos y en los niveles de glico y fosfolípidos en los frutos. Esto favorece la fluidez de la membrana celular, promoviendo la expansión de las células y contribuyendo al crecimiento global de las plantas.

Sin embargo, no todos los estudios que se han realizado reportan efectos benéficos. Lieten et al. (2002) encontraron que altas concentraciones de silicio en el agua de riego o en la solución nutritiva incrementan el albinismo en frutos de fresa (disminución de antocianinas). El silicio, siendo el segundo elemento más común en la Tierra, se encuentra en el suelo en concentraciones

de 0.1 a 0.6 mol·m⁻³, el doble de la concentración de fósforo. Desde 1840, estudios en laboratorio, invernaderos y campos han mostrado sus beneficios en cultivos como arroz, maíz, trigo, cebada, caña de azúcar y otros. Este elemento fortalece la protección contra enfermedades, plagas e condiciones climáticas adversas en plantas y suelos. Segundo, optimiza la fertilidad del suelo mejorando sus propiedades hídricas, físicas y químicas, y mantiene los nutrimentos en formas disponibles para la planta (Snyder et al., 2007).

Análisis de tejido de una amplia variedad de plantas mostró que las concentraciones de silicio varían de 1 a 100 g de Si/kg de materia seca, dependiendo de la especie (Epstein, 1999). La comparación de estos valores con los de otros elementos como N, P, Ca y otros, muestra que el silicio está presente en cantidades equivalentes a las de estos macronutrimentos (Snyder et al., 2007).

2.2.13. El potasio en la planta

Martin Heinrich Klaproth (1743–1817) fue la primera persona en identificar el potasio en la savia de las plantas (Ostwald, 1984).

El potasio es el principal catión absorbido por las plantas en grandes cantidades, representando entre el 1.0% y el 5.0% del peso seco en tejidos foliares. A diferencia de otros nutrientes como el nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), hay una escasez de compuestos orgánicos que contengan potasio como constituyente. Este elemento se encuentra en concentraciones más altas en hojas jóvenes, pecíolos y tallos. Altas concentraciones de potasio pueden provocar deficiencias de nitrógeno (N), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Los cationes amonio (NH₄⁺) desempeñan un papel clave en el equilibrio de los cationes K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺. La forma de potasio disponible para la raíz es el catión K⁺. La absorción de potasio no se ve afectada significativamente por los niveles de calcio en el suelo, ya que este último se desplaza principalmente por flujo de masas, mientras que el potasio se desplaza por difusión, cuya velocidad

depende de la temperatura. El oxígeno del suelo tiene un gran efecto sobre la absorción de K (Jones, 2003).

El ión K⁺ es cofactor de más de 40 enzimas; algunas de ellas esenciales para la respiración y fotosíntesis, que también podrían ser activadas por otras especies de cationes univalentes con un tamaño similar, como el amonio (NH₄⁺), rubidio (Rb⁺) y cesio (Cs⁺) (Nitsos y Evans, 1969). Sin embargo, en circunstancias naturales, su influencia es limitada debido a las bajas concentraciones en los tejidos, las cuales no llegan al umbral necesario para su activación. La activación de las enzimas in vivo puede ocurrir a una concentración de K tan alta como se ve en experimentos in vitro, como se ha demostrado para la enzima ribulosa bifosfato carboxilasa/oxigenasa (Demmig y Gimmler, 1983).

El potasio (K) desempeña un papel crucial en la regulación del equilibrio hídrico de la planta, la presión interna de las células, el funcionamiento de los estomas, el equilibrio de iones y el control del pH. Es requerido para la acumulación y translocación de carbohidratos producto de la fotosíntesis (Marshner, 1995; Jones, 2003).

Los nutrientes producidos durante la fotosíntesis deben ser transportados de las hojas a los frutos. El potasio (K) facilita este transporte a través del floema. Cuando los nutrientes se acumulan en las hojas, la fotosíntesis se reduce, por lo que su rápida exportación mantiene una alta tasa fotosintética. El K también fortalece las plantas, aumentando el grosor de las paredes celulares y la firmeza de tallos y pecíolos, lo que mejora la resistencia a plagas y enfermedades. Además, optimiza el uso del nitrógeno (N), haciendo que las hojas sean menos susceptibles a patógenos al ser menos suculentas. Debido a que el K es un elemento móvil dentro de la planta, la deficiencia de este elemento causa amarillamiento de los márgenes de las hojas más viejas, luego estas áreas se necrosan y al aumentar la severidad del síntoma se

produce defoliación, los tallos son delgados y frágiles, los entrenudos se acortan, las frutas son pequeñas y de coloración desuniforme (Alcántar y Trejo, 2007).

Las carencias de potasio en las plantas de fresa se manifiestan en los bordes de las puntas de las hojas más viejas, donde se vuelven necróticas o rojizas, mientras que la base permanece verde, creando un patrón triangular. Otra señal es la pérdida de hojas, junto con la necrosis del pecíolo en hojas cercanas más jóvenes, extendiéndose hacia los bordes de las venas y luego al resto del folíolo. Además, la falta de potasio también provoca una disminución significativa en el crecimiento de las raíces iniciales (90%), un sistema radical más pequeño (80%) y estolones más pequeños (90%). Las flores son casi normales; los frutos son blandos y con sabor insípido (Maas, 1998).

Durante el desarrollo y maduración del fruto, a menudo la fertilización del suelo no es adecuada para cubrir la necesidad de potasio por parte de la fruta, en parte porque la absorción de potasio por las raíces es limitada en esa fase. Esto se debe a la competencia por fotosintatos entre frutos en desarrollo y órganos vegetativos, que finalmente podría limitar el desarrollo radical (Ho, 1988).

Una función probable del potasio es en la síntesis de polipéptidos en los ribosomas, ya que el proceso requiere una alta concentración de K (Wyn y Pollard, 1983). Hasta ahora, sin embargo, no está claro que enzima particular o sitio ribosomal es activado por el K. Hay evidencia indirecta de que la síntesis de proteínas requiere K (Koch y Mengel, 1974).

2.3. Definición de términos básicos

- Variedad: Asgrow 1995 define cada grupo dentro de ciertas especies de plantas y animales. Estos grupos se diferencian por características heredadas que se mantienen en el tiempo.

- Abono foliar: Huiguita (1971) y Rojas (2000) sostienen que los abonos foliares son sustancias inorgánicas que mejoran el crecimiento en los cultivos si son aplicados en el momento oportuno y a la dosis adecuada.
- Rendimiento: Según Delgado de la Flor en 2000, la producción varía de 40 a 80 mil kilogramos por hectárea logrados por cada unidad de superficie.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Existe al menos una dosis de potasio y silicio que tendrá efecto en el rendimiento del cultivo de culantro (*Coriandrum sativum*) en condiciones de Yanahuanca.

2.4.2. Hipótesis específica

- Las características agronómicas de los tratamientos en estudio mejoran con la aplicación de silicio y potasio foliar.
- La precocidad de cada uno de los tratamientos en estudio mejora con la aplicación de silicio y potasio foliar.

2.5. Identificación de variables

Variable dependiente: Rendimiento del cultivo de culantro

Variable independiente: Dosis de potasio y silicio foliar

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Variables	Sub variables	Indicadores
<p>Variable dependiente. Rendimiento del cultivo de culantro.</p> <p>Variable independiente Dosis de potasio y silicio foliar. .</p>	Componentes de rendimiento	<p>a. Porcentaje de emergencia (%)</p> <p>b. Número de hojas por planta</p> <p>c. Precocidad</p> <p>d. Altura de planta de culantro.</p> <p>e. Diámetro de planta.</p> <p>g. Registro de insectos plagas y enfermedades</p> <p>h. Peso por planta.</p> <p>i. Rendimiento por hectárea</p>
	Abonos foliares de silicio y potasio	Trafos Sinergy

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación se clasifica como experimental-aplicada debido a que se utiliza el conocimiento científico previo sobre el cultivo de culantro, así como sobre el uso de silicio y potasio en este contexto.

3.2. Nivel de investigación

En este estudio se exploró el impacto del silicio y potasio en el desarrollo del culantro a un nivel que describe y explica sus influencias.

3.3. Métodos de investigación

Los enfoques utilizados durante la investigación incluyeron:

El método científico, que aborda la formulación del problema, la elaboración del marco teórico, la implementación de procedimientos, la verificación de hipótesis y la elaboración de conclusiones.

El método documental o bibliográfico, que implicó la búsqueda de información en artículos científicos para respaldar el trabajo de investigación.

El método estadístico, que involucra la recolección, tabulación, análisis e interpretación de datos obtenidos de las evaluaciones muestrales.

Este estudio se clasifica como una investigación experimental, donde se utilizó una parcela de aproximadamente 192.2 m², cada una conteniendo diferentes variedades.

3.4. Diseño de investigación

Se utilizó el diseño de Bloques completamente al azar. Con ocho tratamientos y tres repeticiones.

Modelos estadísticos

Diseño Bloques Completos al Azar

Cuyo modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Dónde:

$i = 1, 2, 3, \dots$ (tratamientos)

$j = 1, 2, 3, \dots$ (Bloques o repeticiones)

Y_{ij} = Rendimiento de una unidad experimental de la i –ésimo tratamiento en el j –ésimo bloque.

μ = Media general.

T_i = Efecto del genotipo de la i –ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j –ésimo bloque.

E_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental asociado a Y_{ij}

Todos los datos se obtuvieron de la evaluación de los dos surcos centrales de las parcelas.

Análisis de varianza ANVA

A continuación, se muestran las fuentes de variación empleadas para calcular la suma de cuadrados, los cuadros medios y los componentes de varianza.

Cuadro 5. Esquema del análisis de varianza

Fuentes de Variación	de	Grados de Libertad	de	Suma de Cuadrados	de	Cuadrados Medios	F Calculado
Bloques		r-1		$\frac{\sum_j^n X_{.j}^2}{t} - T.C.$		$\frac{SC_{Bloques}}{G.L_{Bloques}}$	$\frac{C.M. \cdot_{Bloques}}{C.M. \cdot_{Error}}$
Tratamientos		t-1		$\frac{\sum_i^n X_{i.}^2}{r} - T.C.$		$\frac{SC_{Tratam}}{G.L_{Tratam}}$	$\frac{C.M. \cdot_{Tratam}}{C.M. \cdot_{Error}}$
Error Experimental		(r-1)(t-1)		Por Diferencia		$\frac{SC_{Error}}{G.L_{Error}}$	
Total		r t - 1		$\sum_{ij}^n X_{ij}^2 - T.C.$			

Prueba estadística

Para contrastar la hipótesis se usaron las pruebas estadísticas de Tukey.

Prueba de Tukey: $t_{\alpha} = [gl \times E_{exp}] \times sd$

Dónde:

$$sd = \sqrt{\frac{CME}{b}}$$

3.5. Población y muestra

Se sembraron 1440 plantas de culantro en una superficie de 192.2 m², distribuidas en parcelas experimentales de 60 plantas cada una. Se utilizó semilla de la variedad americana.

El muestreo consistió en seleccionar doce plantas por tratamiento en cada parcela, con cuatro repeticiones y considerando 4 golpes de los surcos centrales, dejando 1 golpe en la parte superior e inferior de cada parcela experimental.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se empleó el método de muestreo aleatorio simple, el cual supone que todas las unidades de muestra tienen igual probabilidad de ser seleccionadas.

Así, en cada evaluación, las plantas evaluadas tuvieron las mismas posibilidades de ser seleccionadas que las demás.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

a. Porcentaje de prendimiento

Después del trasplante, se examinó el porcentaje de éxito en la plantación, mediante el conteo de las plantas que lograron arraigar en cada tratamiento y bloque. Luego, se llevó a cabo el ajuste según los resultados obtenidos.

b. Altura de plantas

El dato se obtuvo de cuatro plantas por fila central, lo que suma un total de doce plantas por método, midiendo desde la base del tallo hasta la punta final de la panoja. Este proceso se llevó a cabo utilizando una regla, y la evaluación se ejecutó según lo establecido en el proyecto. La última evaluación se llevó a cabo al completar el desarrollo de las plantas.

c. Número de hojas por planta

Se tomó en cuenta la cantidad de hojas, esta medida se realizó al momento de la cosecha de las plantas, contando las hojas de cuatro plantas por cada tratamiento en cada bloque, resultando en un total de doce plantas evaluadas por tratamiento.

d. Longitud de hoja

Se midió la longitud de 12 hojas centrales de la planta de cada tratamiento cuatro de cada bloque, los datos se observan en la sección anexos. Se utilizó una regla y se consideró que la hoja del culantro es compuesta.

e. Peso en fresco por planta

Se tomaron muestras de doce plantas por cada grupo experimental, con cuatro plantas seleccionadas de cada bloque. Estas muestras se recolectaron cortando las plantas a nivel del suelo y se registraron los pesos utilizando una balanza precisa. Los resultados detallados se encuentran en la sección de anexos.

f. Evaluación de plagas y enfermedades

Se monitoreó regularmente la aparición de plagas y enfermedades desde la germinación de las plantas. En cuanto a las enfermedades, se analizó su frecuencia y gravedad, lo que nos permitió tomar las acciones adecuadas para su manejo.

g. Días a la floración

Se contó los días desde el transplante hasta que el 50 % de las plantas empezaron a florecer en cada tratamiento y en cada repetición, el inicio de floración es un indicativo de la acumulación de aceites esenciales en la planta lo cual influye en la calidad del cultivo y es una característica deseable de los consumidores.

h. Rendimiento en fresco por hectárea

Para calcular la productividad por unidad de área, se evaluó el peso de las plantas por unidad de superficie, lo que permitió representar gráficamente el rendimiento de la cosecha. La información detallada está disponible en la sección de anexos.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Análisis del suelo

Se obtuvieron 8 muestras en un área de 192.2 m², a una profundidad de 30 cm cada una, tomadas en diferentes puntos del terreno siguiendo un patrón de muestreo en zigzag. Posteriormente, se combinaron para formar una muestra de 1 kilogramo, la cual fue enviada al laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria Estación Experimental Santa Ana Huancayo (INIA) para su análisis, realizado el 19 de agosto de 2017. Los resultados se detallan en los anexos, indicando la recomendación máxima para el cultivo de 100-80-60 kg/ha de NPK.

Cuadro 6. Interpretación de análisis de suelo

	Valores	Interpretación del Análisis Químico
pH	7.6	Corresponde a un pH neutro
M.O	1.88 %	El contenido es bajo
P	3.03 ppm	Tiene un contenido medio
K	160 ppm	El contenido es medio
N	0.09 %	El contenido es bajo
Tipo de suelo		Franco arcilloso

Fuente: INIA Huancayo.

Los suelos aptos para el culantro son francos y franco arcillosos, teniendo en cuenta que sean bien drenados y con buena cantidad de materia orgánica, además tolera pH entre 5 y 7,5. (Wil 2012). El lugar elegido para llevar a cabo el experimento demostró ser idóneo, según los informes previamente mencionados.

Datos meteorológicos

Los datos fueron extraídos del SENAMHI y se calcularon para su interpretación, utilizando información de su página web.

Cuadro 7. Datos meteorológicos durante el desarrollo del trabajo de investigación Año 2017

Meses	Temperatura °C			Precipitación
	Extremos			Total mensual
	Mínima	Máxima	Media	(mm)
Agosto 2017	5.9	22.2	14.1	19.2
Setiembre 2017	6.1	21.5	13.8	119.2
Octubre 2017	6.4	21.6	14.0	74.8
Noviembre 2017	6.6	19.8	13.2	115.0
			Total pp	328.2

Fuente: SENAMHI Estación meteorológica Yanahuanca.

Interpretación de los datos meteorológicos

Durante la temporada de cultivo de culantro en 2017, se registraron temperaturas mínimas de 5.9 °C y máximas de 22.2 °C en agosto, junto con una precipitación total de 328.2 mm desde agosto hasta noviembre del mismo año, según los datos meteorológicos. Pérez (1936) reportó que el cilantro prospera en todas las épocas del año y se va cosechando conforme se necesita, si es para producción de follaje. Sergeeva y Sill'Chenco (1984) reportaron que el culantro resiste bajas temperaturas siendo críticas de - 8 a -9 °C para el sistema radicular y de -13 a -14 °C para el follaje. El rendimiento es considerable con temperaturas 15° a 20° C donde emite una mayor concentración de su aceite esencial, El cultivo de culantro prospera con una precipitación de 300 a 400 mm a lo largo de su ciclo, y requiere aproximadamente 5-6 horas de luz solar al día (Pinto M. 2013). Basándonos en esta información, podemos concluir que las condiciones climáticas en Yanahuanca son ideales para el cultivo de culantro.

3.9. Tratamiento estadístico

Los tratamientos corresponden a las dosis en estudio y se muestran a continuación:

Cuadro 8. Tratamientos en estudio

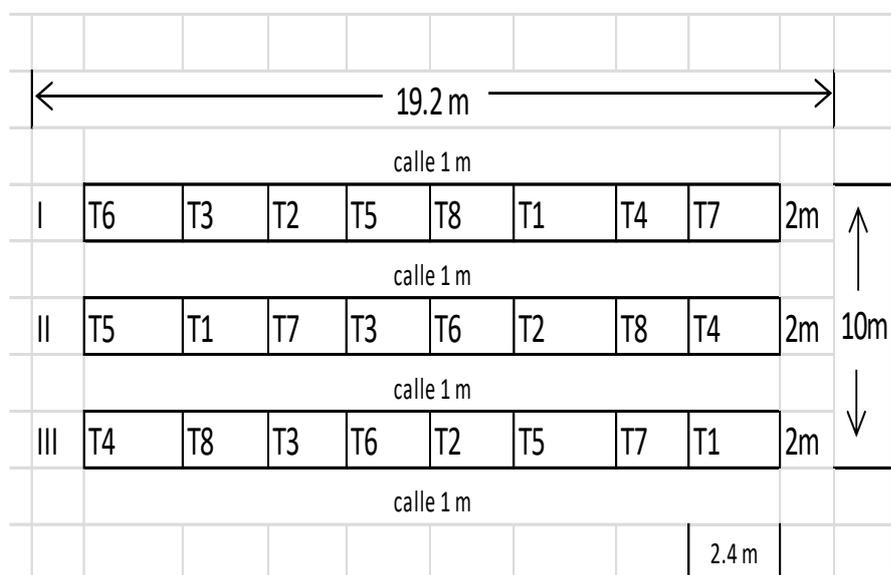
Tratamientos	Dosis de abonos foliares
T1	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O
T2	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O
T3	Silicio 100 ml/20 L H ₂ O
T4	Silicio 200 ml/20 L H ₂ O
T5	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 100 ml/20 L H ₂ O
T6	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O
T7	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O
T8	Sin nada testigo absoluto

Se utilizó la variedad americana, la cual es temprana con un ciclo vegetativo de 80 a 90 días. Esta variedad alcanza una altura de al menos 60 cm, tiene hojas verdes y entalladas, y es apreciada tanto por sus semillas aromáticas como por sus propiedades medicinales. Para suministrar silicio, se empleó Trafos Sinergy, un producto líquido a base de fosfito de potasio enriquecido con silicio, magnesio y calcio en forma quelatada. Este producto, al ser aplicado foliarmente, a través del fertirriego o inyección, facilita el ingreso de otros nutrientes a la planta. El aporte de silicio y calcio mejora la resistencia de las células, mientras que el magnesio favorece la fotosíntesis y el crecimiento. Asimismo, se usó Wuxal Potasio como fuente de potasio, un fertilizante concentrado en micronutrientes que corrige y previene deficiencias en los cultivos, mejorando la fertilización foliar gracias a sus aditivos bio-efectivos. Ambos productos se aplicaron según las dosis recomendadas, tres veces durante el ciclo vegetativo de las plantas.

Croquis del campo experimental

La distribución de los tratamientos en las parcelas se muestra a continuación:

Figura 1. Croquis del campo experimental



Características del experimento

Área del campo experimental

Largo : 19.2 m
 Ancho : 10 m
 Área total : 192.2 m²
 Área Experimental : 115.2 m²
 Área de caminos : 76,8 m²

Área de la parcela

Largo : 2.4 m
 Ancho : 2.0 m
 Área neta : 4.8 m²

Bloques

Largo : 19.2 m
 Ancho : 2.0 m
 Total : 38.4 m²

Nº de parcelas por bloque	: 8
Nº total de parcelas del experimento:	24
Surco	
Número de surcos/parcela	: 3
Número de surcos/ experimento	: 72
Número de surcos/bloque	: 24
Distancia entre surcos	: 0.8 m
Distancia entre plantas	: 0.2 m
Numero de surcos por tratamiento	: 3
Número de hileras por surco	: 2
Distanciamiento entre hileras	: 0.4 m
Número de plantas /hilera	: 10
Número de plantas /tratamiento	: 60
Número total de plantas del exp.	: 1440
Longitud de surcos	: 2,0 m
Ancho de parcela	: 2,4 m

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La responsabilidad del trabajo de investigación recae en Natalia Bernardo Espinoza como su autora. Se ha respetado la originalidad al incluir citas y textos de otros autores sin modificar su contenido, mencionándolos debidamente en la bibliografía. Además, se ha dado el reconocimiento adecuado a todas las fuentes utilizadas, sin alterar la información de los autores citados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de trabajo de campo

4.1.1. Ubicación geográfica

Este estudio tuvo lugar en el terreno del Fundo “Benavides” en el Distrito de Yanahuanca, situado en condiciones de campo en esa área específica.

Región : Pasco

Provincia : Daniel Alcides Carrión

Altitud : 3243 msnm

UTM Longitud : 8839837

UTM Latitud : 0334300

Características consideradas de la zona en estudio

El distrito de Yanahuanca tiene un clima mayormente frío con vegetación de baja altura. Las lluvias ocurren de diciembre a marzo, con temperaturas máximas entre 16 y 18 °C en septiembre y octubre, y mínimas de -7 a 10 °C de mayo a julio. El resto del año tiene un promedio de 12 °C.

4.1.2. Preparación del terreno experimental

La actividad se desarrolló siguiendo las prácticas tradicionales de preparación de tierras en las zonas montañosas. La preparación comenzó el 26 de agosto de 2017, iniciando con un riego de machaco, seguido de la roturación

del suelo con un pico. Después, se mulló la tierra, se niveló el terreno y se surcó con un pico. Se aplicó yeso para bloquear el terreno y se procedió a distribuir el material vegetal según se detalla en el anexo.

4.1.3. Fertilización

El cultivo precedente al ensayo fue alcachofa. Durante la preparación del suelo, se integraron los residuos de la cosecha anterior. Además, se utilizó una cantidad de 100-80-60 kg de NPK/ha en la siembra, de acuerdo con el análisis de suelo efectuado en INIA Santa Ana Huancayo.

4.1.4. Trasplante

El cultivo de culantro fue trasplantado manualmente en el surco el 31 de agosto de 2017. Se estableció una densidad de 0.8 metros entre surcos y 0.2 metros entre plantas. Antes del trasplante, se aplicó Benomil (Benlate) para evitar la chupadera fungosa.

4.1.5. Aporque

El cultivo de culantro fue aporcado 30 días después de ser trasplantado, específicamente a finales de agosto de 2017.

4.1.6. Control de malezas

Se llevó a cabo esta tarea de manera artesanal, aprovechando la humedad residual en el suelo tras el riego.

4.1.7. Riegos

La aplicación de riegos se realizó de manera gravitacional, según las necesidades específicas de cada cultivo.

4.1.8. Control fitosanitario

Se analizó la existencia de plagas y enfermedades a lo largo de todo el ciclo de crecimiento de las diferentes variedades estudiadas, y se llevó a cabo la correspondiente gestión de control.

4.1.9. Cosecha

La recolección se llevó a cabo según la etapa de maduración natural de las plantas. Las plantas de los surcos centrales de todas las parcelas fueron cortadas a nivel del suelo, y posteriormente se procedió a pesarlas. (Consulte el anexo para más detalles).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Porcentaje de prendimiento (%)

La cantidad de plantas que lograron sobrevivir después del trasplante fue observada en el terreno.

Cuadro 9. Análisis de varianza para porcentaje de prendimiento

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Tratamiento	7	1062.50	151.78	1.39	2.76 n.s.	4.28 n.s.
Bloques	2	1058.33	529.16	4.86	3.74 *	6.51 n.s.
Error	14	1525.00	108.92			
Total	23	3645.83				

CV: 11.65 % S= 10.43 \bar{x} : 89.58

Se evaluó el porcentaje de prendimiento diez días después del trasplante mediante un análisis de varianza. Los resultados muestran que no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos a niveles de significancia del 0.05 y 0.01. Sin embargo, se encontró una diferencia estadística significativa para la fuente de variación bloques a nivel de significancia del 0.05, pero no a nivel del 0.01. Además, el coeficiente de variabilidad fue del 11.65%, lo que sugiere que los datos son confiables. En términos generales, el prendimiento promedio fue del 89%.

Cuadro 10. Prueba de Tukey para el porcentaje de prendimiento

OM	Trat	Variedad	Promedio %	Sig. $\alpha=0.05$
1	T7	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	98.33	A
2	T6	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	96.66	A
3	T5	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	96.66	A
4	T4	Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	90.00	A
5	T1	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O	88.33	A
6	T2	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O	85.00	A
7	T8	Sin nada testigo absoluto	81.66	A
8	T3	Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	80.00	A

La prueba de Tukey indica que no hay diferencia estadística entre los tratamientos evaluados. No obstante, se concluye que la siembra directa es preferible para el cultivo de culantro debido a la alta mortalidad (hasta un 20%) causada por los hongos Rizoctonia y Fusarium, que provocan la "chupadera" radicular. Esto se debe a la sensibilidad del culantro al trasplante y a la contaminación del suelo, evitando así el estrés en las plántulas.

4.2.2. Altura de planta a la cosecha (m)

La medición de la altura se llevó a cabo durante la etapa de maduración del culantro, y los resultados obtenidos se detallan en el anexo de este documento.

Cuadro 11. Análisis de varianza para altura de planta a la cosecha (m)

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Tratamiento	7	0.50	0.072	8.46	2.76*	4.28 **
Bloques	2	0.01	0.006	0.77	3.74 ns	6.51 ns
Error	14	0.11	0.008			
Total	23	0.63				
CV: 11.48%		S= 0.09	\bar{x}= 0.80			

Después de analizar la variación en la altura de las plantas durante la cosecha, se concluye que no hay una diferencia estadísticamente significativa en la fuente de bloques ni en los tratamientos, a niveles de 0.05 y 0.01. Sin

embargo, se evidencia que el silicio y el potasio sí afectaron la altura de las plantas. Además, se determina que el coeficiente de variabilidad es del 11.48 %, lo cual se considera un valor bueno. En promedio, la altura de las plantas fue de 0.80 metros.

Cuadro 12. Prueba de Tukey para la altura de planta a la cosecha (m)

OM	Trat	Combinaciones	Promedio m	Sig. $\alpha=0.05$
1	T6	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	1.04	A
2	T7	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	0.93	A B
3	T4	Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	0.89	A B C
4	T3	Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	0.84	A B C
5	T5	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	0.79	A B C D
6	T2	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O	0.73	B C D
7	T1	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O	0.66	C D
8	T8	Sin nada testigo absoluto	0.55	D

La prueba de Tukey muestra que entre los tratamientos en estudio, T6, T7, T4, T3 y T5 no existe diferencia estadística en cuanto a la altura de planta a la cosecha, así mismo se observa que el tratamiento T6 (Potasio 200 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O) tuvo el mayor tamaño con 1.04 m y el T8 (testigo) es la que ocupa el último lugar con 0.55 m de altura.

Por los resultados afirmamos que hay una interacción positiva entre el potasio y el silicio e influyen favorablemente en la altura de planta, tanto a dosis alta como a dosis baja.

4.2.3. Longitud de hoja a la cosecha

Se midió desde la intersección con el tallo hasta el ápice de las hojas, se muestrearon hojas del tercio medio de la planta, los datos evaluados se presentan en la sección anexo.

Cuadro 13. Análisis de variancia para longitud de hoja a la cosecha (cm)

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Tratamiento	7	215.87	30.83	1.06	2.76 ns	4.28 ns
Bloques	2	270.56	135.28	4.66	3.74*	6.51 ns
Error	14	406.64	29.04			
Total	23	893.08				
CV: 13.54%		S= 5.38	\bar{x}= 39.79			

El análisis de variancia realizado para medir la longitud de la hoja al momento de la cosecha revela que no hay diferencia significativa entre los diferentes tratamientos utilizados. Sin embargo, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la variación entre los bloques, a un nivel de significancia del 0.05. Esto sugiere que el silicio y el potasio no tuvieron un impacto significativo en la longitud de las hojas. Además, se observó que el coeficiente de variabilidad fue del 13.54 %, lo cual se considera un valor aceptable. En resumen, el promedio general de longitud de hoja al momento de la cosecha fue de 39.79 cm.

Cuadro 14. Prueba de Tukey para longitud de hoja a la cosecha (cm)

OM	Trat	Combinaciones	Promedio cm	Sig. $\alpha=0.05$
1	T2	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O	43.08	A
2	T3	Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	42.50	A
3	T4	Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	41.16	A
4	T6	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	40.83	A
5	T1	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O	40.25	A
6	T8	Sin nada testigo absoluto	39.25	A
7	T5	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	38.41	A
8	T7	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	32.83	A

En el cuadro anterior se observa que no hay diferencia estadística en la longitud de hoja a la cosecha para los tratamientos en estudio sin embargo el T2 (Potasio 200 ml/20 L H₂O) alcanzó la mayor longitud con 43.08 cm y el T7 (Potasio 100 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O) alcanzó la menor longitud de hoja con 32.83 cm. Por los resultados podemos afirmar que el potasio influye de manera positiva en la longitud de hoja y la mezcla de potasio y silicio no influyen en la longitud de hoja.

4.2.4. Días al inicio de floración

Cuadro 15. Análisis de varianza para días al inicio de floración

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Tratamiento	7	319.33	45.61	7.57	2.76 *	4.28**
Bloques	2	5.58	2.79	0.46	3.74 ns	6.51 ns
Error	14	84.41	6.02			
Total	23	409.33				
		CV: 3.67%	S=2.45	$\bar{X}=66.83$		

Se encontró que no hay diferencia estadística en la fuente de bloques al analizar la varianza de los días al inicio de floración. Sin embargo, se observa una diferencia altamente significativa en la fuente de variación tratamientos, a niveles de significancia de 0.01 y 0.05. Esto sugiere que las variedades tienen momentos distintos de inicio de floración, lo que indica diferentes etapas de maduración en el cultivo de culantro. Además, se destaca un coeficiente de variabilidad del 3.67%, considerado bueno. En promedio, el inicio de floración ocurre a los 66 días después del trasplante, indicando la precocidad de los cultivos. Este momento es crucial ya que el cultivo de culantro presenta la mayor concentración de aceites esenciales en este período, lo que influye en su aroma y lo hace más deseable para los consumidores.

Cuadro 16. Prueba de Tukey para días al inicio de floración

OM	Trat	Combinaciones	Promedio días	Sig. $\alpha=0.05$
1	T8	Sin nada testigo absoluto	72.33	A
2	T1	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O	70.66	A B
3	T2	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O	69.66	A B C
4	T5	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	67.66	A B C D
5	T3	Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	66.00	A B C D
6	T4	Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	64.00	C D
7	T7	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	62.66	C D
8	T6	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	61.66	D

La prueba de Tukey muestra que no existe diferencia estadística entre T8, T1, T2, T5 y T3 y fueron las que necesitaron mayores días para inicio de floración, así mismo, T6 (Potasio 200 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O) fue la que mostró menor días al inicio de floración por lo que se afirma que la interacción de silicio más potasio influye de manera positiva en el inicio de floración.

4.2.5. Peso fresco por planta (g)

Cuadro 17. Análisis de varianza para peso fresco por planta (g)

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Tratamiento	7	6820.229583	974.318512	193.94	2.76 *	4.28 **
Bloques	2	21.105833	10.552917	2.10	3.74 ns	6.51 ns
Error	14	70.334167	5.023869			
Total	23	6911.669583				
CV: 2.87 %		S= 2.24	\bar{x}: 77.99			

El análisis de varianza en el cuadro 17 revela una diferencia altamente significativa en los tratamientos para el peso fresco por planta, tanto a niveles de 0.01 y 0.05. No hay diferencias en la variación de bloques. Además, se indica un coeficiente de variabilidad del 2.87%, considerado bueno según la escala de Calzada, y un promedio de peso fresco por planta de 77 gramos.

Cuadro 18. Prueba de Tukey para el peso fresco por planta (g)

OM	Trat	Combinaciones	Promedio g	Sig. $\alpha=0.05$
1	T6	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	110.66	A
2	T4	Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	94.66	B
3	T7	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	85.30	C
4	T3	Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	74.83	D
5	T5	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	71.10	D E
6	T2	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O	67.86	E
7	T1	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O	64.76	E
8	T8	Sin nada testigo absoluto	54.76	F

Realizada la prueba de Tukey para el peso fresco por planta se observa que el T6 (Potasio 200 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O) ocupó el primer lugar en el orden de mérito con 110.66 gramos de peso fresco por planta, superando estadísticamente a los demás tratamientos, el tratamiento que ocupó el último lugar es T8 (testigo) con 54.76 gramos de peso fresco por planta. Los resultados nos muestran que la mezcla entre potasio y silicio a dosis alta tienen un efecto favorable en el peso fresco por planta y supera a los reportes de otras latitudes.

4.2.6. Peso seco por planta (g)

Cuadro 19. Análisis de varianza para el peso seco por planta (g)

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Tratamiento	7	305.8129167	43.6875595	103.65	2.76 *	4.28 **
Bloques	2	1.4725000	0.7362500	1.75	3.74 ns	6.51 ns
Error	14	5.9008333	0.4214881			
Total	23	313.1862500				

CV: 4.21 %

S= 0.64

\bar{x} : 15.41

Se detectó una diferencia estadísticamente significativa en los tratamientos para el peso seco por planta, con niveles de significancia de 0.01 y 0.05, mientras que no hubo diferencia en los bloques. Esto sugiere que el potasio y el silicio afectan los resultados. El coeficiente de variabilidad fue del

4.21%, considerado aceptable, y el peso seco promedio por planta fue de 15.41 g.

Cuadro 20. Prueba de Tukey para el peso seco por planta (g)

OM	Trat	Combinaciones	Promedio g	Sig. $\alpha=0.05$
1	T4	Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	21.60	A
2	T6	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	20.26	A
3	T7	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	16.6	B
4	T3	Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	14.5	C D
5	T5	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	13.8	C D
6	T2	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O	13.2	C D
7	T1	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O	12.5	D
8	T8	Sin nada testigo absoluto	10.6	E

La prueba de Tukey muestra que, entre los tratamientos en estudio, T4 y T6 no existe diferencia estadística en cuanto al peso seco por planta con 21.60 y 20.26 gramos respectivamente y el T8 (Testigo) ocupó el último lugar con 10.6 gramos de peso seco por planta.

Por los resultados podemos afirmar que el culantro presenta entre 78 y 86 % de humedad, así como también que el T4 (Silicio 200 ml/20 L H₂O) acumula mayor masa seca con 21.6 y tiene menor humedad con 78.4. Por consiguiente, se afirma que el silicio influye de manera positiva en la acumulación de fotosintatos.

El T8 (Testigo) presenta mayor humedad con 86.4 % y un peso de 10.6 gramos. Esta característica es importante cuando el destino de la producción es para procesamiento o para venta en seco.

4.2.7. Rendimiento en peso fresco por hectárea (kg)

Cuadro 21. Análisis de varianza para el rendimiento por hectárea kg/ha

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01
Tratamiento	7	106636784.0	15233826.3	195.0	2.76 *	4.28 **
Bloques	2	332560.6	166280.3	2.13	3.74 ns	6.51 ns
Error	14	1093419.4	78101.4			
Total	23	108062764.0				
		CV: 2.86 %	S=279.4	\bar{x}: 9747.5		

Se ha completado el análisis de variabilidad del rendimiento por hectárea, mostrando diferencias significativas entre los distintos tratamientos a niveles de confianza del 0.01 y 0.05. No se encontraron diferencias entre los bloques. Además, se registró un coeficiente de variabilidad del 2.86 %, considerado aceptable, con un promedio general de rendimiento de 9747.5 kg/ha. Estas variaciones se atribuyen a la influencia única de cada tratamiento en el rendimiento.

Cuadro 22. Prueba de Tukey para el rendimiento en peso fresco por hectárea (kg)

OM	Trat	Combinaciones	Promedio kg/ha	Sig. $\alpha=0.05$
1	T6	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	13833.7	A
2	T4	Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	11833.7	B
3	T7	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 200 ml/20 L H ₂ O	10656.0	C
4	T3	Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	9354.7	D
5	T5	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O+ Silicio 100 ml/20 L H ₂ O	8885.3	D E
6	T2	Potasio 200 ml/20 L H ₂ O	8479.3	E
7	T1	Potasio 100 ml/20 L H ₂ O	8093.7	E
8	T8	Sin nada testigo absoluto	6844.0	F

Realizada la prueba de Tukey para el rendimiento por hectárea se puede observar que el T6 (Potasio 200 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O) tuvo el mayor rendimiento con 13833.7 kg/ha de peso fresco y los últimos lugares lo ocuparon T8 (testigo) y T1 (Potasio 100 ml/20 L H₂O) con 6844.0 y 8093.7 kg/ha respectivamente. Por los resultados podemos afirmar que hubo una interacción positiva entre silicio y potasio a dosis altas e influenciaron de manera positiva en el rendimiento en fresco por hectárea.

4.3. Prueba de hipótesis

Existe al menos una dosis de potasio y silicio que tendrá efecto en el rendimiento del cultivo de culantro (*Coriandrum sativum.*) en condiciones de Yanahuanca.

La hipótesis es respaldada por los resultados del estudio, los cuales indican que el cultivo de culantro tiene un mejor rendimiento cuando se aplica

potasio y silicio foliar. Estos hallazgos se basan en el análisis estadístico y la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05 de margen de error.

4.4. Discusión de resultados

a. Porcentaje de prendimiento (%)

En este estudio se llevó a cabo la germinación de plantas en bandejas utilizando un sustrato específico llamado "Sunshine" (que consiste en musgo más humus), lo que posibilita la obtención de plántulas de alta calidad en aproximadamente 30 días. Sin embargo, debido a los resultados observados, se concluye que este cultivo es altamente susceptible al proceso de trasplante.

b. Altura de planta a la cosecha (m)

Simonetti (1991) reporta altura de planta de culantro de hasta 0.90 m en condiciones de Nueva León México. El potasio influye en la apertura y cierre de estomas lo cual permite que haya mayor ingreso de CO₂ lo que repercute en la mayor actividad fotosintética y el crecimiento. El silicio previene el ataque de enfermedades, también brinda a la planta resistencia a condiciones adversas de heladas, sequias lo cual influye en el mejor desarrollo de la planta.

c. Longitud de hoja a la cosecha

La relevancia de esta cualidad radica en su impacto en la fotosíntesis de las plantas y en la producción de aceites esenciales en el cultivo de cilantro.

d. Días al inicio de floración

Dorantes (1992), aplicando extractos de algas marinas al cultivo de culantro reportó que la cosecha se realizó a los 80 días después de la siembra con una altura de planta entre 24 y 30 cm debido a la presencia del "punteamiento" prematuro. Hernandez (2003) estudiando el Crecimiento y Desarrollo del Culantro (*Coriandrum sativum* L) por Efecto del Fotoperiodo y la Temperatura y su Control con Fitoreguladores encontró que el inicio de

floración o punteamiento ocurre entre los 74 y 88 días. Lopez (1999) en Buenavista México, estudiando las Unidades Calor y Fotoperíodo en el Desarrollo del Cultivo de Cilantro (*Coriandrum sativum* L.) encontró que el inicio de floración se da a partir del día 76 hasta 94 días. Por los resultados y reportes de otras latitudes podemos afirmar que el cultivo de culantro es sensible a los factores ambientales y el inicio de floración varia sin embargo en la presente investigación se tuvo una interacción favorable del silicio y potasio.

e. Peso fresco por planta (g)

Fuentes (2014), estudiando el comportamiento agronómico del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), con dos densidades de siembra, utilizando tres tipos de bioles de residuos ganaderos, en la zona de Babahoyo reporta pesos de planta en fresco entre 12.3 y 28.3 g.

f. Peso seco por planta (g)

Fuentes (2014), estudiando el comportamiento agronómico del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), con dos densidades de siembra, utilizando tres tipos de bioles de residuos ganaderos, en la zona de Babahoyo reporta pesos de planta en seco entre 5.3 y 12.6 g.

Banda et al, (2011) estudiando la producción de semilla de culantro (*Coriandrum sativum* L.) bajo la incidencia de malezas y *Alternaria* Nees reporta 2.5 g/planta de peso seco.

g. Rendimiento en peso fresco por hectárea (kg)

Reyes (2000) reporta que en el norte de México en Coahuila y Nueva León el rendimiento en fresco de culantro llega hasta 13 800 kg/ha.

Arellano (1993) estudiando abonos orgánicos obtuvo rendimientos de planta en fresco de 38 ton/ha con la aplicación de 40 ton/ha de estiércol.

El cultivo parece responder a fertilizantes foliares con micronutrientes. (Morales J. 1995).

Cuenca (2015) en condiciones de Ecuador obtuvo rendimiento de 9111,79 kg/ha de tallo y hoja fresco estudiando la producción de culantro, (*Coriandrum sativum* L.) en suelos pesados en la granja experimental Santa Inés, como materia prima para elaboración de fitofármacos.

El cilantro produce diferentes cantidades de follaje según la temporada; en invierno, se cosechan entre 13 y 18 toneladas por hectárea, mientras que en verano, seis semanas después de la siembra, la cantidad es distinta. La brotación del tallo floral fue más temprano para la época de verano. (Lan, 1984).

Por los trabajos antes citados y por los resultados de la investigación afirmamos que el rendimiento es variable y depende de muchos factores sin embargo, el silicio y potasio favorecen el alto rendimiento.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que:

1. En cuanto al rendimiento por hectárea el T6 (Potasio 200 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O) tuvo el mayor rendimiento con 13833.7 kg/ha de peso fresco
2. En cuanto a las características agronómicas no hubo diferencia en el porcentaje de prendimiento, la mejor altura de planta lo tuvo el tratamiento T6 (Potasio 200 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O) con 1.04 m, para la longitud de hoja no hubo diferencia entre los tratamientos, así mismo el mayor peso fresco y el mayor peso en seco lo tuvo el T6.
3. El T6 (Potasio 200 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O) fue la que mostró menor días al inicio de floración por lo que se afirma que la interacción de silicio más potasio influye de manera positiva en el inicio de floración es decir en la precocidad del cultivo.

RECOMENDACIONES

1. Debido a los resultados obtenidos de rendimiento y otras características se recomienda la aplicación de Potasio 200 ml/20 L H₂O+ Silicio 200 ml/20 L H₂O, con tres aplicaciones durante la campaña empezando a los 30 días y repetir cada 15 días.
2. Realizar pruebas extensas en las tierras de los agricultores y fomentar el cultivo de cilantro como una opción a las cosechas convencionales.
3. Para fomentar el uso extensivo del culantro, se destaca su elevada concentración de aceites esenciales y vitaminas, así como su versatilidad en distintas aplicaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántar, G.G.; Trejo, T.L.I. 2007. Nutrición de Cultivos. Mundi-Prensa. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 438 p.
- Aleshin, N.E. 1982. The content of silicon in DNA of rice. *Doklady VASHNIL* 6:6–7.
- Andrio, E. E. 1989. Comportamiento de 15 Colecciones de Cilantro (*Coreandrum sativum* L.) en la Región de Ramos Arizpe, Coahuila. Mexico.
- Arellano, R. J. J. 1993. Respuesta del cilantro *Coriandrum sativum* L. a la aplicación de ácidos húmicos y estiércol bovino. Tesis Licenciatura.
- ASGROW 1995. Manual del cultivo de Hortalizas. Editorial Quebecorp. Lima-Perú.
- Aston, M.J.; Jones, M.M. 1976. A study of the transpiration surfaces of *Avena sterilis* L. var. algerian leaves using monosilicic acid as a tracer for water movement. *Planta* 130:121–129.
- Ayres, A.S. 1966. Calcium silicate slag as a growth stimulator for sugarcane on low-silicon soils. *Soil Sci.* 101:216–227.
- Banda L., Fuentes C. y Chavez V. 2011. Producción de semilla de culantro (*Coriandrum sativum* L.) bajo la incidencia de malezas y *Alternaria* Nees. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* - vol. 5 – N°. 2 - pp. 279-294.
- Barcelo, J.; Guevara, P.; Poschenrieder, C.H. 1993. Silicon amelioration of aluminum toxicity in teosintle (*Zea mays* L. ssp. mexicana). *Plant Soil* 154:249–255.
- Bazilevich, N.I. 1993. *The Biological Productivity of North Eurasian Ecosystems*. RAS Institute of Geography, Moscow: Nayka.
- Blanco, M. E. 1991. Uso de GA3 para Promover la Germinación en Semilla de Cilantro (*Corendrum sativum* L.). Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Cherf, M.; Menzies, J.G.; Ehret, D.L.; Bopgdanoff, C.; Belanger, R.R. 1994. Yield of cucumber infected with *Pythium aphanidermatum* when grown with soluble silicon. *HortScience* 29:896–897.

- Cuenca d. 2015. Producción de culantro, (*Coriandrum sativum* L.) en suelos pesados en la granja experimental Santa Inés, como materia prima para elaboración de fitofármacos. Universidad Técnica de Machala, Unidad académica de Ciencias Agropecuarias Escuela de Ingeniería Agronómica. Ecuador.
- Delgado de la Flor 2000. Horticultura datos básicos. UNALM Lima Perú.
- Demmig, B.; Gimmler, H. 1983. Properties of the isolated intact chloroplast at cytoplasmic K concentrations. I. Light-induced cation uptake into intact chloroplasts is driven by an electrical potential difference. *Plant Physiol.* 73:169–173.
- Dorantes G., A. L. P. 1992 Respuesta del cultivo del cilantro *Conandrum*
- Epstein, E. 1999. Silicon. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50:641–664.
- Fox, R.L.; Silva, J.A.; Younge, O.R.; Plucknett, D.L.; Sherman, G.D. 1967. Soil and plant silicon and silicate response by sugar cane. *Soil Sci. Soc. Am.* 31:775–779.
- Foy, C.D. 1992. Soil chemical factors limiting plant root growth. *Adv. Soil Sci.* 19:97–149.
- Fuentes, J. (2014). Comportamiento agronómico del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), con dos densidades de siembra, utilizando tres tipos de bioles de residuos ganaderos, en la zona de Babahoyo. Universidad Técnica de Babahoyo. Escuela de Ingeniería Agronómica Ecuador.
- García, Y. 2015. Beneficios del cilantro. Lindisima salud. Recuperado el 24 de enero del 2015, del sitio web: <http://www.lindisima.com/ayurveda/cilantro.htm>
- Gimson, P. 1987. Coriander. Oxfam veg. Projeet full of Eastern promise.
- Gráficas Grijelmo, S. A. Barcelona, España.
- Hernandez J. 2003. Crecimiento y Desarrollo del Culantro (*Coriandrum sativum* L) por Efecto del Fotoperiodo y la Temperatura y su Control con Fitoreguladores. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Agronomía división de estudios de posgrado. México.

- Ho, L.C. 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 39:355-378.
- Hodson, M.J.; Sangster, A.G. 1988. Silica deposition in the influence bracts of wheat (*Triticum aestivum*). 1 Scanning electron microscopy and light microscopy. *Can. J. Bot.* 66:829–837.
- Horiguchi, T. 1988. Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plant. IV. Effect of silicon on alleviation of manganese toxicity of rice plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 34:65–73.
- Hort. Abstr. 4:2723
- Huiguita, F. Rodríguez, E. 1971. Guía para la producción de apio; Bogotá, CO. ICA, Plegable de divulgación No 64.
- Inanaga, S.; Okasaka, A.; Tanaka, S. 1995. Does silicon exist in association with organic compounds in rice plant. *Japan J. Soil Sci. Plant Nutr.* 11:111–117.
- Jhetani, I, 1982, Revised Studies on the Seed Testing Procedures of Coriander. Hort. Abstr. (54) 8:5709.
- Jones, J. B. JR. 2003. Agronomic Handbook. Management of Crops, Soils, and Their Fertility. CRC Press. Boca Raton. FLA. 450 p.
- Koch, K.; MengeL, K. 1974. The influence of the level of potassium supply to young tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.) on short term uptake and utilisation of nitrate nitrogen (15N). *J. Sci. Food Agric.* 25:465–471.
- Kudinova, L.I. 1974. The effect of silicon on weight of plant barley. *Sov. Soil Sci.* 6:39–41.
- Lan, C. W. Busawon, M. A, e I. Rajkomar. 1984. Foliage yield and Bolting in Coriander at Different Times of Harvets. Technical Bulleting, Ministry of Agricultura, Fisheries And Natural Resources Mauritius. N°. 4:2427.
- Leñano F. 1973. Como se Cultivan las Hortalizas de Hoja. Editorial. Vencchi, S. A. Balmes, Barcelona.

- Lewin, J.; Reimann BEF. 1969. Silicon and plant growth. *Annual Review of Plant Physiology* 20, 289-304.
- Liang, Y.; Shen, Z. 1994. Interaction of silicon and boron in oilseed rape plants. *J. Plant Nutr.* 17:415–425.
- Liang, Y. Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant and Soil* 209, 217 (1999)
doi:10.1023/A:1004526604913
- Lieten, P.; Horvath, J.; Asard, H. 2002. Effect of silicon on albinism of strawberry. *Acta Hort.* 567:361-364.
- López, E. 1999. Estudio de las Unidades Calor y Fotoperíodo en el Desarrollo del Cultivo de Cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Tesis. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” División de Agronomía. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Ludeña G. 2014. Producción de culantro, (*Coriandrum sativum* L.) en la granja experimental Santa Inés, como materia prima para la elaboración de fitofármacos. Tesis de ingeniero agrónomo. Machala. Ecuador. 34; 42-45p.
- Lumsdon, D.G.; Farmer, V.C. 1995. Solubility characteristics of proto-imogolite sols: how silicic acid can detoxify aluminium solutions. *Eur. Soil Sci.* 46:179–186.
- Ma, J.F. 2003. Function of silicon in higher plants. *Prog. Mol. Subcell. Biol.* 33:127–147.
- Maas, J.L. (ed.). 1998. *Compendium of Strawberry Diseases*. Amer. Phytopath. Soc. St. Paul, Minnesota, USA. 138 p.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Ed. Academic Press Inc. San Diego, CA. 889 p.
- Matichenkov, V.V.; Bocharnikova, E.A.; Calvert, D.V. 2002. Response of citrus to silicon soil amendments. *Proc. Florida State Hortic. Soc.* 114:94–97. Mexicana, S. A. México 8 D. F. México. Saltillo, Coahuila, México. Comunicación Personal.
- Ministerio de Agricultura 2013 poro. Requerimientos Edafoclimáticos, Temperatura, relativa y suelo. Consultado: marzo 2017.

- Miyake, Y. 1993. On the environmental condition and nitrogen source to appearance of silicon deficiency of the tomato plant. Sci. Rep. of the faculty of Agriculture Okayama Univ., Japan 81:27–35.
- Moniruzzaman M, M. Rahman M, M. Hossain M, Sirajul Karim A y Q. A. KHALIQ Q, 2013 Effect of seed rate and sowing method on foliage production of different genotypes of coriander (*Coriandrum sativum* L.) * Bangladesh J, September. Recuperado el 02 de enero del 2015, del sitio web disponible en sitio web: file:///C:/Users/personal/Downloads/16970-61310-1-PB.pdf
- Morales J. 1995. Cultivo de cilantro, cilantro ancho y perejil. Boletín Técnico N° 25. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. Santo Domingo – República Dominicana. 1-8 p. Recuperado el 25 de noviembre del 2014, del sitio web: <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/cilantro.pdf>
- Morales. , M A. 1987. Respuesta sobre el Desarrollo y Producción de follaje de Cilantro (*Corendrum sativum* L.) a Programas de Riego, Fertilización Nitrogenada y Estiércol Bovino. Tesis de Maestría UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Morales Payán J. P, Brunner B, flores L. Y Martínez S. 2011. Proyecto de Agricultura Orgánica Z-NRCS-007. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. Estación Experimental Agrícola de Lajas. Recuperado el 25 de noviembre del 2014, del sitio web: <http://proorganico.info/cilantrillo.pdf>.
- Neri, F. 1975. Sanos y Jóvenes con las plantas Medicinales. Edit. De Vecchi, S.A. Barcelona, España.
- Nitsos, R.E.; Evans, H.J. 1969. Effects of univalent cations on the activity of particulate starch synthetase. *Plant Physiol.* 44:1260–1266.
- Orendain C. 2012. “El cilantro, la hierba más utilizada en el mundo”. Recuperado el 25 de enero del 2015, del sitio web: <http://www.cristinaarendain.com/2012/02/el-cilantro-la-hierba-mas-utilizada-en-el-mundo/>.
- Ostwald, W. 1984. In: G. Bugge, ed. Das Buch der grossen Chemiker: Weinheim Verlag Chemie, pp. 405–416.

- Peña, R. 1955. Horticultura y Fruticultura, Editorial Barcelona. Tercera Edición. Buenos Aires-Panamá.
- Pérez, R. 1936. El Cultivo de las plantas de Hortalizas Secretaría de Educación Pública. México.
- Phalow, M 1981. El Libro de las Plantas Medicinales. Editorial Everest
- Pinto M. 2013. El cultivo del culantro y el clima en el Ecuador. Estudios e Investigaciones Meteorológicas INAMHI – Ecuador. 07 de octubre. 1-2 p.
- Reyes, H. 2000. Productor y comercializador de cilantro en el noreste de
- Rojas G. F. (2000). Fisiología Vegetal Aplicada. 2 ed. Barcelona, España. Mundi-Prensa. pp. 52.
- sativum L. a diferentes dosis y formas de aplicación de algas marinas
- Savant, N.K.; Snyder, G.H.; Datnoff, L.E. 1997. Silicon management and sustainable rice production. *Adv. Agron.* 58:151–199.
- Sergeeva, D. S. y V. M. Sill'Chenco. 1984. Resistance of coriander to low.
- Simbaña, T. A. 2012. Evaluación agronómica del cultivo del cilantro (*Coriandrum sativum* L.), con tres densidades de siembra utilizando fertilización química, fertilización orgánica y sin fertilización en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia de Tumbaco.
- <http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/972/1/0.40%20AG.pdf>, pp. 5-6.
- Simonetti, G. 1991 Guía de hierbas y especias. Ed. Grijalvo, México.
- Snyder, G.H.; Matichenkov, V.V.; Datnoff, L.E. 2007. Silicon. p. 121-144. In: Handbook of Plant Nutrition. Barker, A.V. and Pilbeam, D.J. (eds.). Taylor & Francis Group. CRC Press. Boca Raton, FLA.
- Srivastava, V. S. 1972. Effect of Interaction of Factors on Will of Coriander (*Coriandrum Sativum* L.) caused by *Fusarium oxisporum* Schle Cht ex. Fr. F. *Corianderii* Kulkarni, Nikam and Joshi. *Indian Journal Agricultural Science.* (42) 7:618.
- Takahashi, E. 1995. Uptake mode and physiological functions of silica. *Japan J. Soil Sci. Plant Nutr.* 49:357–360.

- Tamaro, D. 1951. Manual de Horticultura, Cuarta Edición. Editorial Artes
- Taranovskaia, V.G. 1939. The silicification of subtropic greenhouse and plantations. Sov. *Subtropics* 7:32–37.
- Verano 1988. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Volk, R.J. 1958. Silicon content of the rice plant as a factor influencing its resistance to infection by the blast fungus *Piricularia oryzae*. *Phytopathology* 48:179–184.
- Voronkov, M.G.; Zelchan, G.I.; Lykevic, A.Y. 1978. *Silicon and Lie*. Riga: Zinatne.
- Wang, S.Y.; Galletta, G.J. 1998. Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. *J. Plant Nutrition*. 21(1): 157-167.
- Waterkeyn, L.; BientaiT, A.; Peeters, A. 1982. Callose et silice epidermiques rapports avec la transpiration cuticulaire. *La Cellule* 73:263–287.
- Wil 2012 Cultivo de cilantro Hortícola casera. Recuperado el 20 de enero, del sitio web: <http://agropecuarios.net/cultivo-de-cilantro.html>
- Wyn Jones, R.G.; Pollard, A. 1983. Proteins, enzymes and inorganic ions. In: A. Läuchli, R.L. Bielecki, eds. *Inorganic Plant Nutrition*. New York: Springer. pp. 528– 562.
- Yamaguchi, T.; Tsuno, Y.; Nakano, J.; Mano, P. 1995. Relationship between root respiration and silica:calcium ratio and ammonium concentration in bleeding sap from stem in rice plants during the ripening stage. *Jpn. J. Crop Sci.* 64:529–536.
- Yoshida, S. 1965. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. *Bull. Nat. Inst. Agric. Sci. Series B* 15:1–58.

ANEXO

Anexo 1. Instrumentos para recolección de datos

- Fichas de evaluación para recojo de datos
- Dispositivos mecánicos y electrónicos
- Cuaderno de campo
- USB, Celulares
- Cámara fotográfica
- Balanzas
- Wincha y vernier
- Software estadísticos como Excel e Infostat
- Observación y entrevista como técnicas para recojo de la información.
- Suposiciones o ideas
- Métodos de recolección de datos: métodos analíticos y métodos cuantitativos.

Anexo 2. Datos meteorológicos durante el desarrollo del trabajo de investigación Año 2017

Estación : YANAHUANCA , Tipo Convencional - Meteorológica												
Departamento : PASCO			Provincia : DANIEL ALCIDES CARRION			Distrito : YANAHUANCA			Ir : 2017-08 ▼			
Latitud : 10° 29' 22.57"			Longitud : 76° 30' 46.26"			Altitud : 3150						
Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Ago-2017	24.3	4.1	6.9	23.3	13	6.3	16.1	10	0	0	NE	2
02-Ago-2017	24.6	3.7	6.5	23.9	13	5.9	16.5	10	0	0	C	
03-Ago-2017	23.2	5.5	8	22.6	14	7.4	15.3	10.5	0	0	C	
04-Ago-2017	23.4	6	7.1	22.8	15.1	6.5	15.4	11.2	0	0	C	
05-Ago-2017	20	6.6	8	17.1	15	7.4	13.6	11.2	0	0	C	
06-Ago-2017	25	5	6.8	23.3	14.1	6.2	16	11	0	0	C	
07-Ago-2017	24.3	4.1	6.1	24	13.9	5.5	16.2	10.1	0	0	C	
08-Ago-2017	25	3.8	5.9	24.3	13.3	5.3	16.4	9.9	0	0	C	
09-Ago-2017	25.3	3.2	6	24.2	14	5.4	16.4	10.9	0	0	C	
10-Ago-2017	18.9	5.1	6.5	17.3	12.8	6	13	9.8	0	0	NE	6
11-Ago-2017	22.2	6	6.8	21	13.4	6.2	14.2	10	2.1	0	C	
12-Ago-2017	20	6.1	7.1	18.2	13	6.5	13.5	10.1	0	0	NE	4
13-Ago-2017	20.7	6.1	8.1	19	12.7	7.5	13.9	9.8	0	0	NE	4
14-Ago-2017	18.4	6.6	8.4	17.8	12.8	7.9	13	9.9	2.7	0	NE	6
15-Ago-2017	21.2	7	8.8	20.8	13.1	8.2	13.6	10	0	0	C	
16-Ago-2017	22.1	7.3	9	21.2	14.3	8.4	14.1	10.6	0	0	C	
17-Ago-2017	19.9	7.7	9.2	17.8	12.8	8.6	13.2	10	0	0	NE	6
18-Ago-2017	17.6	6.9	8.1	16.6	13.9	7.5	13	11	3.1	4	C	
19-Ago-2017	24.8	7	9	22	13.8	8.4	15.4	10.1	0	0	C	
20-Ago-2017	25	4.9	7	22.2	13.5	6.4	15.5	10.1	0	0	C	
21-Ago-2017	20.1	7.6	9.1	17.4	13.2	8.5	13	10	0	0	NE	6
22-Ago-2017	21.1	6.9	8.1	20.1	13.4	7.5	13	10	5.6	0	NE	6
23-Ago-2017	24.4	7.4	9	22.1	15	8.4	16.2	11.3	0	0	C	
24-Ago-2017	24.7	7	8.6	22.3	15	8	16.3	12.1	0	0	C	
25-Ago-2017	21.5	6.1	8.3	20.6	14.5	7.7	14.1	11.1	0	0	C	
26-Ago-2017	24.4	7	8.6	21.3	13.5	8	15	10.1	0	0	C	
27-Ago-2017	23.8	6.1	7.5	19.9	13.3	7	14	9.9	0	0	NE	6
28-Ago-2017	21.2	6	8.1	20	12.9	7.5	13.2	9.8	0	0	C	
29-Ago-2017	21.2	6.4	7.9	20.8	14	7.4	13.3	11.1	4.8	0	C	
30-Ago-2017	23.9	5.8	7.8	21.9	13.6	7.2	14.1	10	0	0	C	
31-Ago-2017	17.3	6.4	7.9	16.2	12.1	12	10	9.8	0	0	C	

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

Estación : YANAHUANCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PASCO Provincia : DANIEL ALCIDES CARRION Distrito : YANAHUANCA Ir : 2017-09 ▾
 Latitud : 10° 29' 22.57" Longitud : 76° 30' 46.26" Altitud : 3150

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Sep-2017	23.6	7	8.6	21.1	15.2	8	14	11.3	0	0	C	
02-Sep-2017	24.3	6.2	7.6	22.2	14.5	7	16.1	11	0	0	C	
03-Sep-2017	22.1	6.5	7.8	20.3	15.2	7.2	14.4	11.3	0	0	C	
04-Sep-2017	18.9	5.6	6.9	16.7	14.6	6.3	13.3	11.1	0	0	C	
05-Sep-2017	23.6	6	8.6	21.2	14	8	15.1	10.9	0	0	NE	4
06-Sep-2017	17.9	6.6	9	16.5	13.2	8.4	13.1	10	5.6	0	NE	4
07-Sep-2017	23.1	5.9	8.7	21.2	14.1	8.1	15.1	11.1	0	0	C	
08-Sep-2017	24.1	5.8	8	21.4	15.4	7.4	15	11.6	0	0	C	
09-Sep-2017	24.5	7	9	22	15.1	8.4	16	12	0	0	C	
10-Sep-2017	21.9	6.7	8.1	21	15.3	7.5	14.8	11.4	0	0	C	
11-Sep-2017	17.8	5.7	7.5	16.4	14.1	6.9	13.1	11.2	7.8	4.1	C	
12-Sep-2017	17.5	5.3	7	16.6	13	6.4	13.2	10.1	5.9	0	C	
13-Sep-2017	18.3	5	6.8	17.1	13	6.2	13.6	10	0	0	NE	6
14-Sep-2017	17.6	6.1	8	16.8	12.9	7.5	13.4	10	0	7.1	C	
15-Sep-2017	18.9	5.7	7.3	17	12.5	6.7	13.5	9.9	15.6	4.4	NE	4
16-Sep-2017	19.1	5.4	6.9	17.1	13	6.3	13.2	10	6.4	3.9	NE	6
17-Sep-2017	16.4	5.1	6.5	15.9	12.7	5.9	12.8	9.8	18.5	0	C	
18-Sep-2017	17.1	4.9	6.5	16	12.1	5.9	13	9.6	16.3	0	C	
19-Sep-2017	24.4	5.4	7.3	21.4	15.3	6.8	14.9	11.1	0	0	C	
20-Sep-2017	24.9	6.3	9	21.6	15.3	8.4	15.2	11.8	0	0	C	
21-Sep-2017	25	5.2	8	22	16	7.4	16.1	11.4	0	0	C	
22-Sep-2017	24.9	5	7	20.5	13.8	6.4	14.3	11.1	0	0	C	
23-Sep-2017	20.9	6.6	8.6	20.4	13.8	8	13.5	11.1	0	0	C	
24-Sep-2017	23.5	7	9.1	21.7	16.1	8.5	14.2	12.3	3.9	0	C	
25-Sep-2017	20.5	6.6	8.6	18.1	15.4	8	14	11.3	2.8	0	C	
26-Sep-2017	20.7	6.1	8.3	19.6	15.7	7.7	13.4	11.8	4.9	0	C	
27-Sep-2017	23.8	5.6	7.2	21.3	15.5	6.6	14	12	12	0	C	
28-Sep-2017	24.4	7.5	9	22.3	16	8.4	16.2	12	0	0	C	
29-Sep-2017	23.9	7	8.8	22	15.8	8.2	15.7	11.6	0	0	C	
30-Sep-2017	23.4	6.8	8.5	21.8	16.2	8	14.9	12.3	0	0	C	

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

Estación : YANAHUANCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PASCO Provincia : DANIEL ALCIDES CARRION Distrito : YANAHUANCA Ir : 2017-10
 Latitud : 10° 29' 22.57" Longitud : 76° 30' 46.26" Altitud : 3150

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitacion (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
01-Oct-2017	23.1	5.5	9.1	21.9	14.4	8.5	15.4	10.8	0	0	C	
02-Oct-2017	24.3	5.9	8.9	22.1	15.8	8.4	16	12.1	0	0	C	
03-Oct-2017	23.1	6.5	9.3	21.5	15.1	8.9	14.8	11.3	0	0	NE	6
04-Oct-2017	23.3	7.1	9.1	21.5	16	8.5	14.6	12.3	0	0	NE	3
05-Oct-2017	23.6	7.6	9.1	22	16.2	8.5	16.1	12.2	0	0	C	
06-Oct-2017	22.1	7.7	9.3	20.9	16.5	8.6	14.1	12.6	0	0	C	
07-Oct-2017	24.4	5.7	8.1	22.2	16.3	7.5	16.1	12.4	0	0	C	
08-Oct-2017	23.1	6.1	8.9	21.2	15.8	8.3	14.8	11.6	0	0	C	
09-Oct-2017	23.9	5.6	7.7	21.4	16	7.1	15	12.4	0	0	NE	2
10-Oct-2017	22.9	6.3	9.1	21.1	16.2	8.5	14.7	12.8	0	0	C	
11-Oct-2017	21.6	6	8.6	20.9	15.1	8	14.5	11.3	0	0	NE	6
12-Oct-2017	17.9	6.5	9.1	16.6	14.6	8.5	12.8	11	0	0	NE	6
13-Oct-2017	22.8	6.2	9	21.5	16.1	8.4	15.1	12	0	0	C	
14-Oct-2017	18.9	5.8	8.1	17.8	14.7	7.5	13.4	11.1	2.8	0	NE	6
15-Oct-2017	17.8	5.7	7.7	16.7	14	7.1	12.9	11.1	4.9	3.1	C	
16-Oct-2017	17.4	5.8	7	16.6	13.1	6.4	12.7	10	0	0	NE	6
17-Oct-2017	22.8	5.5	6.8	21.1	15	6.2	14.8	12.1	3.7	0	C	
18-Oct-2017	22.9	7	8	21.5	14.6	7.4	15	11	0	0	C	
19-Oct-2017	21.4	5.4	9	20.9	13.9	8.4	13.7	10.5	0	0	C	
20-Oct-2017	23.9	5.7	9.3	22.1	16.1	8.6	16	12.2	3.9	0	C	
21-Oct-2017	17.9	5.2	7.8	16.6	13.5	7.2	12.8	10	8.9	0	NE	4
22-Oct-2017	24.5	7.5	9.1	22.5	14.7	8.5	16.3	11.1	0	0	C	
23-Oct-2017	17.7	5.4	7.1	16.6	13.5	6.5	13	10.6	11.8	0	NE	6
24-Oct-2017	20.8	6.7	8.1	20.6	13	7.5	13.4	10	6.3	0	C	
25-Oct-2017	17.8	7	8.8	16.4	13.1	8.2	12.8	10	8.9	0	NE	6
26-Oct-2017	22.6	7.7	8.5	22.1	15	8.5	15.2	12.1	0	0	C	
27-Oct-2017	21.9	7.2	8.8	20.7	12.8	8.2	13.1	9.9	6.9	0	C	
28-Oct-2017	23.6	7.4	9	22.3	16.4	8.4	16.1	12	10.2	0	C	
29-Oct-2017	16.8	6.1	7.5	15.7	13	7	12.1	10	0	3.4	NE	6
30-Oct-2017	23.3	6.4	8.1	20.9	16.1	7.5	14	12.2	0	0	C	
31-Oct-2017	23	7.2	9	21.1	15.9	8.4	14	12.1	0	0	NE	2

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

Estación : YANAHUANCA , Tipo Convencional - Meteorológica

Departamento : PASCO Provincia : DANIEL ALCIDES CARRION Distrito : YANAHUANCA Ir : 2017-11 ▼
 Latitud : 10° 29' 22.57" Longitud : 76° 30' 46.26" Altitud : 3150

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Temperatura Bulbo Seco (°c)			Temperatura Bulbo Humedo (°c)			Precipitación (mm)		Direccion del Viento 13h	Velocidad del Viento 13h (m/s)
			07	13	19	07	13	19	07	19		
			01-Nov-2017	19	7.4	9	16.8	14.3	8.4	13		
02-Nov-2017	22.2	7.6	9.3	21.3	15.1	8.7	14.2	12	0	0	C	
03-Nov-2017	18.2	7.8	9.5	17.9	13.1	9	12.7	10	0	7.1	C	
04-Nov-2017	19.9	7	8.6	18.1	13.4	8	13	10.2	0	0	NE	4
05-Nov-2017	18.2	6.3	7.8	17.9	13	7.2	12.8	10	10.7	0	C	
06-Nov-2017	20.1	5.9	7.5	19.7	13.4	7	13.3	10	9.8	0	C	
07-Nov-2017	17.7	5.7	7.2	16.3	12.9	6.6	12.7	9.8	7.9	3.9	C	
08-Nov-2017	17.3	6.3	9.1	16	12.8	8.5	12.5	9.9	2.4	0	NE	8
09-Nov-2017	17.1	5.9	7.5	15.8	12.6	6.9	12.3	9.7	0	0	NE	6
10-Nov-2017	20.8	6.6	8	20.1	13.2	7.4	13.4	10.1	0	0	C	
11-Nov-2017	21.4	5.7	7.1	21	13.8	6.5	14.1	10	10.9	0	C	
12-Nov-2017	19.1	6.5	7.8	17.8	14	7.1	13	11.3	0	0	NE	4
13-Nov-2017	21.2	7.1	9	20.8	14	8.4	14.3	10.6	0	0	NE	2
14-Nov-2017	18.4	6	7.4	17.7	12.8	6.8	13.8	9.9	0	0	NE	4
15-Nov-2017	21.2	5.8	7	19.9	13.1	6.4	14.3	10	0	0	C	
16-Nov-2017	17.1	7.5	9.1	16.7	13	8.5	12.8	9.1	0	12.1	NE	6
17-Nov-2017	21.2	6.3	7.7	20.8	13.4	7.1	14	10.1	3.3	0	C	
18-Nov-2017	17.6	6	7.3	16.3	13	6.7	12.8	10.1	0	9.3	C	
19-Nov-2017	17.3	6.5	8.1	16	13	7.5	12.3	10	0	7.9	C	
20-Nov-2017	21.8	7.7	9	21.4	13.3	8.5	14	10	0	0	C	
21-Nov-2017	21.6	5.9	7	19	14.6	6.4	13.5	11.1	10.1	0	C	
22-Nov-2017	21.3	7	7.9	20.7	15	7.3	14	13.1	0	0	C	
23-Nov-2017	17.6	7.8	9.1	16.2	12	8.5	12.3	9.1	0	6.7	NE	6
24-Nov-2017	17.8	5.7	6.8	15.8	12	6.2	12	9	0	0	E	6
25-Nov-2017	22.8	7.6	9.1	20.6	14.5	8.5	13	11.1	0	0	C	
26-Nov-2017	23.6	6.1	8.1	22.2	15	7.5	16.1	12	0	0	C	
27-Nov-2017	22.3	7	8.1	20.9	12.6	7.5	13.6	9.9	0	0	C	
28-Nov-2017	17.3	5.7	6.9	15.8	12.1	6.3	12	9.8	9.1	3.8	C	
29-Nov-2017	21.1	5.4	6.7	21	13.1	6.1	13	10	0	0	C	
30-Nov-2017	21.9	7.6	8.8	21.1	15	8.2	15	12.1	0	0	C	

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

Anexo 3. Análisis de suelos



SERVICIO DE LABORATORIO

Laboratorio de servicio de Suelos:

Teléfono: 24-6206 y 24-7011

Nombre: UNDAC AGRONOMIA YANAHUANCA – NATALIA BERNARDO ESPINOZA

Localidad: YANAHUANCA, CERRO DE PASCO

RESULTADOS DE ANALISIS

Potrero	N° de laboratorio	Fecha
	681-2017	23.10.2017

pH	C.E	M.O	P	K	H°	N	D.a.	TEXTURA			
								Arena	Arcilla	Limo	Fr
7.06	mS/cm	%	(ppm)	(ppm)	%	%	Gr/cm ³	%	%	%	Arc
		1.88	3.03	160		0.09		39.2	36.8	24.0	

INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS

	Peligro	Normal		BAJO	MEDIO	ALTO
Acidez Extractable			% M.O.	X		
			Fosforo (P)		X	
Reacción del Suelo	X		Potasio (K)		X	
			Calcio (Ca)			
			Magnesio (Mg)			
			Zinc (Zn)			
Salinidad del Suelo			Manganeso (Mn)			
			% N.	X		

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES DEL LABORATORIO DE SUELOS

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
Mínimo	50	60	40						
Máximo	100	80	60						
Recomendaciones y observaciones especiales	Incorporar Materia Orgánica descompuesta, a razón de 2 a 4 TM/Ha.								

Cultivo Actual: TESIS (CULTIVO DE CULANTRO)

Recomendaciones de fertilizantes por el especialista.	Al tiempo del sembrío	El 50 % de N Todo el P ₂ O ₅ y el K ₂ O			
	Al aporque o macollaje	El 50 % de N			

INIA
Estación Experimental Agraria
Santa Ana - Huancayo
Ing. Msc. César Germán Córdova
Ingeniero Agrónomo

Anexo 4. Promedios generales

Porcentaje de prendimiento a los 10 días del transplante

TRAT	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T1	100	80	85	88.333
T2	100	85	70	85.000
T3	95	95	50	80.000
T4	95	95	80	90.000
T5	100	90	100	96.667
T6	100	95	95	96.667
T7	95	100	100	98.333
T8	95	80	70	81.667

ALTURA DE PLANTA A LA COSECHA (m)

TRA T	BLOQUES														
	I				PR O	II				PR O	III				PR O
T1	0.6 9	0.6 7	0.71	0.6 5	0.6 8	0.6 8	0.62	0.6 5	0.6 4	0.6 5	0.62	0.6 7	0.6 0	0.6 8	0.6 4
T2	0.7 2	0.7 5	0.68	0.7 7	0.7 3	0.7 3	0.76	0.7 0	0.7 4	0.7 3	0.77	0.7 6	0.7 1	0.6 8	0.7 3
T3	1.1 0	0.9 0	1.30	1.0 0	1.0 8	0.5 3	0.73	0.7 4	0.5 6	0.6 4	0.78	0.7 5	0.8 6	0.7 9	0.8 0
T4	0.9 3	0.9 5	0.94	0.7 0	0.8 8	1.0 0	0.88	0.8 2	0.8 7	0.8 9	0.94	0.9 6	0.8 5	0.8 6	0.9 0
T5	0.7 0	0.7 3	0.75	0.7 4	0.7 3	1.1 0	0.90	0.7 0	0.8 4	0.8 9	0.73	0.7 4	0.8 0	0.7 6	0.7 6
T6	1.0 7	1.2 0	0.95	0.8 9	1.0 3	1.0 4	1.06	0.9 5	0.9 0	0.9 9	1.20	0.9 0	1.3 0	0.9 8	1.1 0
T7	1.1 0	1.0 0	0.95	1.0 0	1.0 1	1.0 3	0.86	0.9 3	0.8 7	0.9 2	0.90	0.8 5	0.8 9	0.7 9	0.8 6
T8	0.5 4	0.5 6	0.60	0.5 3	0.5 6	0.5 7	0.59	0.6 1	0.5 2	0.5 7	0.50	0.5 4	0.5 9	0.5 3	0.5 4

LONGITUD DE HOJAS (cm)

TRAT	BLOQUES																
	I				PRO	II				PRO	III				PRO		
T1	5	5	60	4	45	50.00	48	8	44	30	40.00	3	5	30	28	30	30.75
T2	5	5	45	5	53	50.75	38	2	44	51	41.25	3	5	40	38	36	37.25
T3	6	0	55	4	40	50.00	40	8	32	42	38.00	3	7	39	40	42	39.50
T4	4	5	50	5	40	47.50	45	8	36	30	39.75	4	0	38	32	35	36.25
T5	3	0	40	3	35	33.75	55	2	38	36	42.75	4	2	48	35	30	38.75
T6	6	6	50	3	45	47.75	43	8	42	36	39.75	3	0	38	32	40	35.00
T7	4	0	35	3	25	34.50	38	4	38	40	39.00	3	0	25	20	25	25.00
T8	3	0	35	5	30	36.25	40	4	38	36	39.25	5	0	38	43	38	42.25

DIAS A LA FLORACION

TRAT	BLOQUES			
	I	II	III	Prom.
T1	71	71	70	70.67
T2	70	69	70	69.67
T3	67	65	66	66.00
T4	65	60	67	64.00
T5	68	68	67	67.67
T6	60	65	60	61.67
T7	60	60	68	62.67
T8	72	73	72	72.33

PESO DE PLANTA EN FRESCO (g)

TRAT	BLOQUES														
	I				PRO	II				PRO	III				PRO
T1	67	68	65	64	66.0	64	63	60	61	62.0	55	70	100	40	66.3
T2	68	67	70	65	67.5	69	65	63	70	66.8	70	71	68	68	69.3
T3	100	80	75	55	77.5	90	100	65	35	72.5	73	74	75	76	74.5
T4	110	105	70	105	97.5	100	90	105	85	95.0	91	92	90	93	91.5
T5	70	60	70	80	70.0	71	73	74	70	72.0	70	65	70	80	71.3
T6	105	90	140	125	115.0	95	135	115	85	107.5	108	109	110	111	109.5
T7	83	85	82	83	83.3	87	86	83	89	86.3	85	85	88	87	86.3
T8	58	57	55	58	57.0	55	54	53	52	53.5	53	52	54	56	53.8

PESO SECO/PLANTA g

TRA T	BLOQUES														
	I				PR O	II				PR O	III				PR O
T1	13. 4	12. 9	11. 7	13. 4	12. 9	12. 8	12. 0	10. 8	12. 8	12. 1	11. 0	13. 3	18. 0	8.4	12. 7
T2	13. 6	12. 7	12. 6	13. 7	13. 1	13. 8	12. 4	11. 3	14. 7	13. 0	14. 0	13. 5	12. 2	14. 3	13. 5
T3	20. 0	15. 2	13. 5	11. 6	15. 1	18. 0	19. 0	11. 7	7.4	14. 0	14. 6	14. 1	13. 5	16. 0	14. 5
T4	22. 0	20. 0	25. 0	22. 1	22. 3	22. 0	25. 7	21. 0	20. 0	22. 2	18. 2	20. 4	19. 2	23. 3	20. 3
T5	14. 0	11. 4	12. 6	16. 8	13. 7	14. 2	13. 9	13. 3	14. 7	14. 0	14. 0	12. 4	12. 6	16. 8	13. 9
T6	21. 0	17. 1	22. 0	26. 3	21. 6	19. 0	25. 7	18. 0	17. 9	20. 1	21. 6	19. 3	16. 7	18. 7	19. 1
T7	16. 6	16. 2	14. 8	17. 4	16. 2	17. 4	16. 3	14. 9	18. 7	16. 8	17. 0	16. 2	15. 8	18. 3	16. 8
T8	11. 6	10. 8	9.9	12. 2	11. 1	11. 0	10. 3	9.5	10. 9	10. 4	10. 6	9.9	9.7	11. 8	10. 5

RENDIMIENTO EN kg/ha

TRAT	BLOQUES														
	I				PRO	II				PRO	III				PRO
T1	8375	8500	8125	8000	8250	8000	7875	7500	7625	7750	6875	8750	12500	5000	8281
T2	8500	8375	8750	8125	8438	8625	8125	7875	8750	8344	8750	8875	8500	8500	8656
T3	12500	10000	9375	6875	9688	11250	12500	8125	4375	9063	9125	9250	9375	9500	9313
T4	13750	13125	8750	13125	12188	12500	11250	13125	10625	11875	11375	11500	11250	11625	11438
T5	8750	7500	8750	10000	8750	8875	9125	9250	8750	9000	8750	8125	8750	10000	8906
T6	13125	11250	17500	15625	14375	11875	16875	14375	10625	13438	13500	13625	13750	13875	13688
T7	10375	10625	10250	10375	10406	10875	10750	10375	11125	10781	10625	10625	11000	10875	10781
T8	7250	7125	6875	7250	7125	6875	6750	6625	6500	6688	6625	6500	6750	7000	6719



Toma de muestra de suelos



Preparación de terreno para la investigación



Demarcación del croquis experimenta



Prendimiento del cultivo



Evaluación de altura de planta



Evaluación de rendimiento por planta



Cosecha escalonada según maduración de los tratamientos



Campo cosechado según bloques



Evaluación de rendimiento por planta en fresco



Evaluación de rendimiento por planta en seco



Supervisión de los miembros del jurado de tesis y del asesor.