



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA AGRONOMÍA

**Proyecto de Investigación previo a
la obtención del título de Ingeniero
Agrónomo.**

Título del Proyecto de Investigación:

“EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE SILICIO SOBRE EL DESARROLLO Y
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ZANAHORIA (*Daucus carota*)”

Autor:

Johanna Elizabeth Sánchez Candelario

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos, MSc.

Mocache – Los Ríos - Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Johanna Elizabeth Sánchez Candelario**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Johanna Elizabeth Sánchez Candelario
C.I.: 120675066-1

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos M.Sc.** docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la egresada **Johanna Elizabeth Sánchez Candelario**, realizó el proyecto de investigación de grado titulado “**Efecto de diferentes dosis de silicio sobre el desarrollo y producción del cultivo de zanahoria (*Daucus carota*)**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo** bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos M.Sc.
Director del Proyecto de Investigación

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos M.Sc.**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Efecto de diferentes dosis de silicio sobre el desarrollo y producción del cultivo de zanahoria (*Daucus carota*)**”, pertenece a la estudiante **Johanna Elizabeth Sánchez Candelario**, certifica: el cumplimiento de los parámetros establecidos por la SENESCYT, y se evidencia al reporte de la herramienta de prevención y coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 4%.

| URKUND | |
|----------------|---|
| Documento | TESIS JOHANNA SANCHEZ.pdf (D149913500) |
| Presentado | 2022-11-16 13:31 (-05:00) |
| Presentado por | lIlerenaramos@uteq.edu.ec |
| Recibido | lIlerenaramos.uteq@analysis.orkund.com |
| Mensaje | Tesis Johanna Sanchez Mostrar el mensaje completo |
| | 4% de estas 11 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes. |

Ing. Luis Tarquino Llerena Ramos M.Sc.
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Efecto de diferentes dosis de silicio sobre el desarrollo y producción del cultivo de zanahoria (*Daucus carota*)”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniero Agrónomo

Aprobado por:

Dr. Fernando Abasolo Pacheco
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Carmen Victoria Marín Cuevas
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Dr. Pablo César Ramos Corrales
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Mocache – Los Ríos - Ecuador

2022

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de esta carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad.

A mis padres, por su comprensión, por ser ese pilar fundamental y por su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios, apoyando mis propósitos y metas, dándome los mejores consejos para ser una persona de bien, a mis hermanos Jasmín, Sergio y familiares más cercanos por su apoyo moral y estímulo constante, a mi esposo Jefferson Bravo Salvatierra por estar siempre a mi lado motivándome y por apoyarme en aquellos momentos de debilidad, a mis amigos Ing. Andrés Vergara, Jonathan Tovar, Sofia Arguello y José Valverde, quienes compartieron su apoyo y su amistad dentro y fuera de las aulas.

Agradezco infinitamente a mi Director, Ing. Luis Llerena Ramos, por haberme brindado su apoyo incondicional durante todo el proceso de investigación, por impartirme sus conocimientos como docente a lo largo de esta carrera universitaria y sobre todo por su paciencia y comprensión en la culminación de mi proyecto de investigación, que Dios le bendiga siempre.

Un especial agradecimiento al Econ. Flavio Ramos por haberme guiado con gran sabiduría en el desarrollo de mi proyecto de investigación y estar pendiente para que este pueda concluir con éxito.

A mis profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, por haberme instruido durante los 5 años de la carrera, porque sin sus conocimientos no hubiera podido emprender este proyecto. Agradezco a los operarios de campo, Sr Danny y Sr. Eugenio, quienes me brindaron su ayuda, conocimiento y amistad, a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por darme la oportunidad de formarme como profesional.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico con todo mi amor y cariño a mi madre Elida Candelario, eres la figura más importante de mi vida, por ser la mejor amiga y consejera. Me has enseñado a no rendirme a mitad del camino diciendo que Dios siempre estará conmigo, te dedico todo mi esfuerzo ya que todo lo que hoy soy es gracias a ti, ya que sin tu apoyo incondicional nada de esto hubiese sido posible; como en todos mis logros, en este has estado presente.

A mi hija Mía Antonella Bravo Sánchez, posiblemente en este momento no entiendas mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que te des cuenta de lo que significas para mí. Eres la razón que me levanta cada día a esforzarme por el presente y el mañana, eres mi principal motivación, Te Amo.

A mi compañero de vida Jefferson Bravo Salvatierra por la ayuda brindada, que ha sido sumamente importante, estando a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más difíciles, siempre apoyándome para que no desistiera de esta meta, no fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo, siempre fuiste muy motivador y esperanzador, diciéndome que lo lograría perfectamente, me ayudaste incluso más de hasta dónde te era posible. Muchas gracias, Amor.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de diferentes dosis de silicio sobre el desarrollo y producción en el cultivo de zanahoria. La investigación se llevó a cabo en el campus "La María". Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en el cual se aplicó diferentes concentraciones de silicio: T1: 22 kg/ha de silicio, T2: 28 kg/ha de silicio, T3: 34 kg/ha de silicio, T4: Testigo (control sin aplicación); durante las semanas 1 y 2 se evaluó la variable porcentaje de emergencia de plantas, con promedios entre 97 y 98% de emergidas; a los 30 y 60 días se evaluaron las variables de altura de planta y número de hojas, las cuales no presentaron significancia estadística; finalmente a los 93 días se analizó las características productivas; el tratamiento con la aplicación de 34 kg/ha presentó las raíces de mayor diámetro con un promedio 5.0 cm.; la mayor longitud de raíces 13.7 cm. se obtuvo con la aplicación de 34 kg/ha de silicio; el tratamiento con 34 kg/ha de silicio generó las raíces con más peso 197.6 gramos: con la aplicación de 34 kg/ha de silicio se consiguió el mejor rendimiento en cuanto a la relación raíz/ha con 30177.0 kg/ha estadísticamente superior a las dosis de 28 y 22 kg/ha. Por lo cual se concluyó que la dosis de 34 Kg/ha es la más adecuada para alcanzar rendimientos potenciales.

Palabras Claves: Desarrollo, Fertilización, Producción, Silicio.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of different doses of silicon on the development and production in carrot crops. The research was carried out in the campus "La María". A randomized complete block design (DBCA) was used in which different concentrations of silicon were applied: T1: 22 kg/ha of silicon, T2: 28 kg/ha of silicon, T3: 34 kg/ha of silicon, T4 : Witness (control without application); during weeks 1 and 2, the variable percentage of plant emergence was evaluated, with averages between 97 and 98% of emerged; At 30 and 60 days, the variables of plant height and number of leaves were evaluated, which did not present statistical significance; finally, at 93 days, the productive characteristics were analyzed; the treatment with the application of 34 kg/ha presented the roots with the largest diameter with an average of 5.0 cm; the greatest length of roots 13.7 cm. it was obtained with the application of 34 kg/ha of silicon; the treatment with 34 kg/ha of silicon generated the roots with more weight 197.6 grams: with the application of 34 kg/ha of silicon the best yield was achieved in terms of the root/ha ratio with 30177.0 kg/ha statistically higher than the doses of 28 and 22 kg/ha. Therefore, it was concluded that the dose of 34 Kg/ha is the most adequate to reach potential yields.

Keywords: Development, Fertilization, Production, Silicon.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| PORTADA | i |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS | ii |
| CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..... | iii |
| CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO..... | iv |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| DEDICATORIA..... | vii |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| TABLA DE CONTENIDO | x |
| CÓDIGO DUBLÍN..... | xvii |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO I..... | 2 |
| CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 2 |
| 1.1. Planteamiento del Problema | 3 |
| 1.2. Justificación..... | 4 |
| 1.3. Objetivos..... | 5 |
| 1.3.1. <i>Objetivo General</i> | 5 |
| 1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i> | 5 |
| CAPÍTULO II..... | 6 |
| FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN | 6 |
| 2.1. Marco Conceptual..... | 7 |
| 2.1.1. <i>Zanahoria</i> | 7 |
| 2.1.2. <i>Silicio</i> | 7 |
| 2.1.3. <i>El Silicio en la Agricultura</i> | 7 |
| 2.1.4. <i>El Silicio (Si) en las Plantas</i> | 8 |
| 2.2. Marco Referencial | 9 |
| 2.2.1. <i>Taxonomía de la zanahoria</i> | 9 |
| 2.2.2. <i>Descripción Botánica de la Especie</i> | 9 |
| 2.2.2.1. <i>Raíz</i> | 9 |
| 2.2.2.2. <i>Tallo</i> | 9 |
| 2.2.2.3. <i>Hojas</i> | 10 |

| | | |
|--------------------------------------|---|----|
| 2.2.2.4. | Flores..... | 10 |
| 2.2.2.5. | Semillas..... | 10 |
| 2.2.3. | <i>Condiciones para el Desarrollo del Cultivo</i> | 10 |
| 2.2.3.1. | Suelo..... | 10 |
| 2.2.3.2. | Clima..... | 10 |
| 2.2.3.3. | Humedad Relativa..... | 11 |
| 2.2.3.4. | Aireación..... | 11 |
| 2.2.3.5. | PH y Salinidad..... | 11 |
| 2.2.3.6. | Preparación del Terreno..... | 11 |
| 2.2.3.7. | Siembra..... | 11 |
| 2.2.3.8. | Densidad de Siembra..... | 12 |
| 2.2.3.9. | Control de Malezas..... | 12 |
| 2.2.3.10. | Aporque..... | 12 |
| 2.2.3.11. | Riego..... | 13 |
| 2.2.3.12. | Principales Plagas..... | 13 |
| 2.2.3.13. | Variedad..... | 13 |
| CAPÍTULO III..... | | 14 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | | 14 |
| 3.1. | Localización de la Investigación..... | 15 |
| 3.2. | Tipo de Investigación..... | 15 |
| 3.3. | Método de Investigación..... | 15 |
| 3.4. | Fuentes de Recopilación de Información..... | 15 |
| 3.4.1. | <i>Fuentes Primarias</i> | 15 |
| 3.4.2. | <i>Fuentes Secundarias</i> | 16 |
| 3.5. | Diseño de la Investigación..... | 16 |
| 3.5.1. | <i>Tratamientos</i> | 16 |
| 3.5.2. | <i>Diseño Experimental</i> | 16 |
| 3.5.3. | <i>Características de las Unidades Experimentales</i> | 17 |
| 3.6. | Instrumentos de Investigación..... | 18 |
| 3.6.1. | <i>Manejo del Experimento</i> | 18 |
| 3.6.1.1. | Preparación del Terreno..... | 18 |
| 3.6.1.2. | Siembra..... | 18 |
| 3.6.1.3. | Aplicación de Tratamientos de Silicio..... | 18 |
| 3.6.1.4. | Control de Malezas..... | 19 |

| | | |
|--------------------------------------|--|----|
| 3.6.1.5. | Riego. | 19 |
| 3.6.1.6. | Control de Insectos..... | 19 |
| 3.6.1.7. | Cosecha. | 19 |
| 3.6.2. | <i>Variables a Evaluar</i> | 19 |
| 3.6.2.1. | Porcentaje de Emergencia. | 19 |
| 3.6.2.2. | Altura de la Planta. | 20 |
| 3.6.2.3. | Número de Hojas por Planta. | 20 |
| 3.6.2.4. | Diámetro de la Raíz..... | 20 |
| 3.6.2.5. | Longitud de la Raíz. | 20 |
| 3.6.2.6. | Peso de la Raíz. | 20 |
| 3.6.2.7. | Rendimiento. | 20 |
| 3.7. | Tratamiento de los Datos | 21 |
| 3.8. | Recursos Humanos y Materiales | 21 |
| 3.8.1. | <i>Recursos Humanos</i> | 21 |
| 3.8.2. | <i>Material Vegetal</i> | 21 |
| 3.8.3. | <i>Materiales de Campo</i> | 21 |
| CAPÍTULO IV | | 22 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 22 |
| 4.1. | Resultados..... | 23 |
| 4.1.1. | <i>Porcentaje de Emergencia</i> | 23 |
| 4.1.2. | <i>Altura de Planta a los 30 y 60 Días</i> | 23 |
| 4.1.3. | <i>Número de Hojas</i> | 24 |
| 4.1.4. | <i>Diámetro de Raíz</i> | 24 |
| 4.1.5. | <i>Longitud de Raíz</i> | 25 |
| 4.1.6. | <i>Peso de Raíz</i> | 26 |
| 4.1.7. | <i>Rendimiento por Hectárea</i> | 27 |
| 4.2. | Discusión | 27 |
| CAPÍTULO V..... | | 30 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 30 |
| 5.1. | Conclusiones..... | 31 |
| 5.2. | Recomendaciones | 32 |
| CAPÍTULO VI | | 33 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 33 |
| 6.1. | Bibliografía..... | 34 |

| | |
|-------------------|----|
| CAPÍTULO VII..... | 37 |
| ANEXOS | 37 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. <i>Clasificación taxonómica de la zanahoria.</i> | 9 |
| Tabla 2. <i>Tratamientos de la investigación.</i> | 16 |
| Tabla 3. <i>Esquema del análisis de varianza.</i> | 17 |
| Tabla 4. <i>Características de las unidades experimentales.</i> | 17 |
| Tabla 5. <i>Altura de planta a 30 y 60 días de la siembra tratadas con diferentes dosis de silicio.</i> | 23 |
| Tabla 6. <i>Número de hojas a 30 y 60 días de la siembra, bajo el efecto de diferentes dosis de silicio en el cultivo de zanahoria (Daucus carota).</i> | 24 |
| Tabla 7. <i>Diámetro de la raíz, bajo el efecto de diferentes dosis de silicio en el cultivo de zanahoria (Daucus carota).</i> | 25 |
| Tabla 8. <i>Longitud de la raíz, bajo el efecto de diferentes dosis de silicio en el cultivo de zanahoria (Daucus carota).</i> | 26 |
| Tabla 9. <i>Peso de las raíces, bajo el efecto de diferentes dosis de silicio en el cultivo de zanahoria (Daucus carota).</i> | 26 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. <i>Rendimiento de raíz (kg/ha), bajo el efecto de diferentes dosis de silicio en el cultivo de zanahoria (Daucus carota).</i> | 27 |
|--|----|

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo A. Aplicación del silicio a los 15 días. | 38 |
| Anexo B. Limpieza y aporcado del cultivo de zanahoria..... | 39 |
| Anexo C. Toma de datos de la variable altura de planta (60días)..... | 40 |
| Anexo D. Cosecha a los 93 días. | 41 |
| Anexo E. Cosecha: parcela útil T1: 22 kg/ha de silicio. | 42 |
| Anexo F. Cosecha: parcela útil T2: 28 kg/ha de silicio. | 43 |
| Anexo G. Cosecha: parcela útil T3: 34 kg/ha de silicio..... | 44 |
| Anexo H. Cosecha: parcela útil T4: testigo sin aplicación. | 45 |
| Anexo I. Análisis de varianza | 46 |

CÓDIGO DUBLÍN

| | | | | |
|------------------------------|--|---------------|------------|---------|
| Título: | “Efecto de diferentes dosis de silicio sobre el desarrollo y producción del cultivo de zanahoria (<i>Daucus carota</i>)” | | | |
| Autor: | Sánchez Candelario, Johanna Elizabeth. | | | |
| Palabras clave: | Desarrollo | Fertilización | Producción | Silicio |
| Fecha de publicación: | | | | |
| Editorial | | | | |
| Resumen: | <p>Resumen: La investigación se realizó en el campus “La María”, para determinar el efecto de diferentes dosis de silicio sobre el desarrollo y producción en el cultivo de zanahoria, con un diseño de bloques completos al azar (DBCA) aplicando diferentes concentraciones de silicio, en las primeras semanas se evaluó el porcentaje de emergencia, con promedios entre 97 y 98% de plantas emergidas; a los 30 y 60 días se determinó la altura de planta y número de hojas, las cuales no presentaron significancia estadística; a los 93 días se evaluó características productivas; el tratamiento con la aplicación de 34 kg/ha resultó más adecuado para alcanzar rendimientos potenciales, ya que presentó las raíces de mayor diámetro, más longitud, más peso y mejor rendimiento.</p> <p>Abstract.- The research was carried out on the “La María” campus, to determine the effect of different doses of silicon on development and production in carrot crops, with a randomized complete block design (DBCA) applying different concentrations of silicon, in the first weeks the emergence percentage was evaluated, with averages between 97 and 98% of emerged plants; at 30 and 60 days the plant height and number of leaves were determined, which did not present statistical significance; at 93 days productive characteristics were evaluated; the treatment with the application of 34 kg/ha was more suitable to reach potential yields, since it presented the roots of greater diameter, more length, more weight and better yield.</p> | | | |
| Descripción | 61 hojas: dimensiones 29x21cm + CD ROM 6162. | | | |
| URI: | | | | |

INTRODUCCIÓN

Las zanahorias (*Daucus carota L.*) son alimentos ricos en humedad con un contenido de 90 g/100 g sobre una base húmeda. Es considerada una de las verduras más saludables debido a su valor nutritivo y beneficios para la salud, relacionados con sus propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antianémicas, cicatrizantes y sedantes (1), en nuestro país ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años, tanto en superficie como en producción ya que se trata de una de las hortalizas más conocidas en el mundo. Considerado como un excelente alimento desde el punto de vista nutricional, gracias a su contenido de vitaminas y minerales, fácil de cultivar, accesible a la economía familiar (2).

La zanahoria en el transcurso de los años se ha convertido en un cultivo de mucha importancia agrícola a nivel mundial, el sector agrícola se ha visto en la necesidad de optar por nuevos métodos los cuales además de ser benéfico con el medio ambiente nos ayuden en el incremento de la producción y así lograr obtener ganancias favorables en el ámbito económico (3). Esta hortaliza puede ser consumida cruda, exprimida para jugo o cocida entera o en trozos, acompañando a cualquier otro vegetal también suele utilizarse en sopas, ensaladas incrementando el valor nutritivo (4).

La fertilización en los cultivos representa uno de los factores más importantes dentro de la producción, siendo una actividad controlable que afecta directamente al rendimiento productivo y valor nutricional de las hortalizas, el silicio es un compuesto que ha demostrado tener efectos favorables al desarrollo de los tejidos vegetales proporcionándoles vitalidad en las plantas, mejorando así la productividad, por tanto, es importante evaluar su efecto en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*)(5).

El silicio cumple una importante función en la integridad estructural de las células vegetales, contribuyendo a las propiedades mecánicas, incluyendo rigidez y elasticidad; se encuentra presente en las plantas, principalmente como gel de sílice, en las paredes celulares y como ácido monosilícico en la savia de la xilema. El rol de silicio en las paredes celulares parece ser análogo a la lignina como un elemento de resistencia y mayor rigidez para la sustitución del agua entre las microfibrillas (6). El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de diferentes dosis de silicio sobre el desarrollo y producción en el cultivo de zanahoria.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

El uso indiscriminado de los fertilizantes químicos en los agroecosistemas provoca efectos nocivos en lo ambiental, daños a la salud de los consumidores y eleva considerablemente los costos de producción, por consiguiente, se hace necesario buscar nuevos métodos para remediar aquello. El uso del silicio en las plantas no es utilizado con frecuencia debido a que no se ha difundido todos sus beneficios y no se conocen metodologías adecuadas para su aplicación. Razón por la cual no hay un uso adecuado del silicio en la agricultura por ello es importante buscar por nuevas maneras de producción.

Diagnóstico del problema

La zanahoria es una de las hortalizas de mayor importancia en el Ecuador, por lo cual es necesario contribuir nuevas alternativas que beneficien al desarrollo agronómico del cultivo de zanahoria, optimizando mejorar la fertilización mediante la dosificación adecuada del silicio que mejoren su producción, resultando más económicas y saludables con el medio ambiente. La aplicación del silicio en el cultivo de zanahoria representa una de esas herramientas para conseguir una producción sustentable y sostenible.

Formulación del problema

¿Cuál de las dosis de silicio es más eficaz para el desarrollo y producción en el cultivo de zanahoria?

Sistematización del problema

¿Resulta favorable la aplicación de silicio sobre el cultivo de zanahoria para mejorar la producción?

¿Qué dosis de silicio presenta mayor incremento en el rendimiento del cultivo de zanahoria?

1.2. Justificación

En Ecuador el cultivo de zanahoria se ha convertido en una de las hortalizas de raíz más importante y con mayor producción, convirtiéndose en una de las principales fuentes de ingreso económico para los horticultores del país. El cultivo de zanahoria ha llegado a tener un elevado índice de consumo por ser un alimento en la dieta diaria por su alto contenido de vitaminas y minerales.

La aplicación de silicio incrementa el desarrollo y producción en plantas de zanahoria, disminuyendo el gasto económico en el proceso, lo que contribuye a generar nuevas alternativas ecológicas para la producción de cultivos hortícolas.

Con la presente investigación se pretende la optimización de la aplicación del silicio en diferentes dosis en el cultivo de zanahoria que permita establecer su eficacia y mejorar su producción y calidad.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de diferentes dosis de silicio sobre el desarrollo y producción en el cultivo de zanahoria.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Establecer los efectos de diferentes dosis de silicio en el desarrollo del cultivo de zanahoria.
- Determinar la dosis de mayor eficacia en la producción del cultivo de zanahoria.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Zanahoria

La zanahoria (*Daucus carota*) es originaria de Asia Central. Su cultivo data de tiempos antiguos, también hace mención de que esta hortaliza fue introducida a Europa en el siglo XIII, arribando al continente americano a principios del año 1600. La zanahoria es una especie originaria del centro asiático y del mediterráneo. Ha sido cultivada y consumida desde la antigüedad por los griegos y los romanos. Durante los primeros años de su cultivo, las raíces de zanahoria eran de color violáceo. El cambio de estas a su actual color naranja se debe a las selecciones ocurridas a mediados de 1700 en Holanda, que aportó una gran cantidad de caroteno, el pigmento causante del color y que ha sido base del material vegetal actual (7).

2.1.2. Silicio

El silicio (Si), después del oxígeno, es el segundo elemento más abundante en la tierra, constituyendo aproximadamente el 28% de la corteza terrestre. Es encontrado solamente en formas combinadas, como la sílice y minerales siliconados. Los silicatos son minerales en los cuales el silicio se combina con oxígeno u otros elementos como Al, Mg, Ca, Na, Fe, K y otros, en más del 95 % de las rocas terrestres, los meteoritos, las aguas y en la atmósfera. Los minerales siliconados más comunes son el cuarzo, los feldespatos alcalinos y las plagioclasas. (6).

2.1.3. El Silicio en la Agricultura

El silicio como mineral multifuncional en la agricultura, dentro del sistema suelo, planta y ambiente potencia la disponibilidad de nutrientes almacenados en el suelo y los vuelve viables para la nutrición de las plantas; en cuanto a los metales pesados, el Si es un desintoxicante de suelos con problemas de acumulación de éstos, ya sea por elementos como el hierro, aluminio, cadmio, entre otros. Respecto a las plantas, el Si actúa como un catalizador de procesos naturales tales como nutrición, autodefensas y buen desarrollo (26).

El silicio tiene una gran afinidad con el oxígeno (O) y el gas carbónico (CO) de modo que los silicatos pueden contribuir a atrapar el CO₂ de la atmósfera y el producido en el suelo, reduciendo el impacto ambiental. Este es un asunto muy importante del contexto global del cambio climático en el que el incremento de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera es un problema serio que influye en el calentamiento global. De esta manera el Si aporta para lograr una agricultura amigable con el medio ambiente (26).

2.1.4. El Silicio (Si) en las Plantas

En las plantas, el silicio permite la activación a nivel bioquímico de genes de defensa, enzimas y fitoalexinas, y al mismo tiempo permite cambios anatómicos en la estructura de las células, proporcionando resistencia mecánica a los tejidos, lo que sumado puede dar a la planta mejores posibilidades para soportar condiciones abióticas adversas como la salinidad, la sequía, la inundación, el frío y la radiación excesiva (27).

El silicio no es considerado esencial para los vegetales superiores porque no responde a los criterios directos e indirectos de la esencialidad. A pesar de eso, su absorción puede ocasionar efectos benéficos para algunos cultivos(28), en el caso de incrementar la resistencia al ataque de patógenos e insectos, el papel del Si ha sido atribuido en parte a su acumulación y polimerización en las paredes celulares, lo cual constituye una barrera mecánica contra el ataque(29), tolerancia a la toxicidad por metales pesados, al estrés hídrico y salino, menor evapotranspiración, promoción del crecimiento y nodulación en leguminosas, efecto en la actividad de las enzimas y en la composición mineral, mejoría de la arquitectura de las plantas, reducción del encamado de las plantas, por consiguiente aumento de la tasa fotosintética(28), y la productividad por aumentar la disponibilidad de elementos como el P, Ca, Mg, K y B, al contrarrestar el antagonismo generado en suelos con alta saturación de aluminio y hierro(30).

2.2. Marco Referencial

2.2.1. Taxonomía de la zanahoria

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la zanahoria.

| Clasificación taxonómica | |
|--------------------------|----------------------|
| Reino | Plantae |
| Orden | Apiales |
| Familia | Apiaceae |
| Genero | Daucus |
| Especie | <i>Daucus carota</i> |

2.2.2. Descripción Botánica de la Especie

2.2.2.1. Raíz.

La zanahoria tiene una raíz napiforme, gruesa, de 12 a 15 cm de largo por 2-6 cm de diámetro, de forma y color variables, dependiendo de la variedad. El sistema radicular tiene la función de almacenar, y también presentan numerosas raíces secundarias que sirven como órganos de absorción. Anatómicamente las raíces de la zanahoria están compuestas por el floema (en la parte más externa) y el xilema o corazón en la parte central (7).

2.2.2.2. Tallo.

El tallo se encuentra comprimido al ras del suelo durante la etapa vegetativa, por lo que no se puede observar los entrenudos. En los nudos se encuentran las yemas que dan origen a la roseta de hojas. Al iniciar la etapa reproductiva, los entrenudos del tallo se alargan y en su ápice se desarrolla la inflorescencia primaria. El tallo y las ramas son ásperas y pubescentes. Una planta puede tener uno o varios tallos florales cuyo alto varía entre 60 y 200 cm (9).

2.2.2.3.Hojas.

Las hojas de la zanahoria están compuestas, con foliolos marcadamente hendidos y en algunos casos poseen vellos. De acuerdo con las distintas variedades, los pecíolos pueden ser más o menos largos y el color de las hojas puede variar de verde claro a oscuro (9).

2.2.2.4.Flores.

Las flores son de color blanco, con largas brácteas en su base, agrupadas en inflorescencias en umbela compuesta (10).

2.2.2.5.Semillas.

Diaquenio de forma ovoidea, y de un color amarillo grisáceo o pardo caras asimétricas una plana y otra convexa, provista en sus extremos de unos aguijones curvados. El peso de 1.000 semillas es un promedio de 0,70 g (11).

2.2.3. Condiciones para el Desarrollo del Cultivo

2.2.3.1.Suelo.

Suelos ricos y profundos, de textura ligera o media bien drenados, preferencia de arenosos a arcillosos. Los terrenos pesados con más del 35% de arcilla, tienden a compactarse provocando fibrosidades en las raíces y se desarrollan enfermedades (12).

2.2.3.2.Clima.

La zanahoria requiere temperaturas mínimas de 9°C y óptimas de 16 a 18 °C, soportando heladas ligeras de hasta -5 °C. En cuanto a las temperaturas elevadas soporta a más de 28 °C, pero tiende a provocar una aceleración en los procesos de envejecimiento de la raíz y pérdida de coloración (12).

2.2.3.3.Humedad Relativa.

La zanahoria requiere de una humedad relativa media de 70 a 90% (13).

2.2.3.4.Aireación.

Cuanto mejor sea la aireación del suelo y del subsuelo, más fuerte se desarrollará el sistema de raíces. En suelos con buena aireación, las lenticelas se desarrollan en menor grado y en los suelos pesados, en mayor grado; esta característica determina la superficie lisa o rugosa de la raíz carnosa (14).

2.2.3.5.PH y Salinidad.

De acuerdo con su PH, la zanahoria es clasificada como ligeramente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH de 6.8 a 5.5. En lo referente a la salinidad, la zanahoria está clasificada como medianamente tolerante, con valores de 10 a 4mmhos (15).

2.2.3.6.Preparación del Terreno.

Esta es una labor de importancia, para obtener un óptimo desarrollo la disposición del suelo debe ser muy buena. La labranza en suelos especialmente de zanahoria debe ser muy profunda. El terreno para la siembra debe estar bien preparado, no debe existir o evitar terrones o bloques de suelo que impiden el buen crecimiento de la raíz en la profundidad (16).

2.2.3.7.Siembra.

La siembra es manual, aunque también se puede usar sembradora. Normalmente se hace un surco de unos tres centímetros de profundidad, se coloca la semilla y se procede a tapar con algún material que no se compacte y guarde humedad (17). Para realizar la siembra se requieren camas altas de por lo menos 40 a 90 cm de ancho, separadas entre sí 40 a 45 cm y trazadas con curvas de nivel para evacuar los excesos de agua en temporada de lluvias. Así se promueve la aireación y buen drenaje, alcanzando un crecimiento adecuado de la zanahoria y facilitando la aplicación de riego y demás labores del cultivo (18).

2.2.3.8.Densidad de Siembra.

La densidad óptima de plantas a la cosecha depende del destino del cultivo, de la variedad cultivada y de las posibilidades de provisión de agua y nutrientes. Por otra parte, el porcentaje de plantas realmente establecida en relación con el número de semillas sembradas no solo depende de la calidad, poder germinativo y vigor de la semilla utilizada, sino de una serie de factores, que no siempre pueden controlarse (contingencias climáticas, disponibilidad de riego) (19).

2.2.3.9.Control de Malezas.

En general las arvenses o vulgarmente como se las conoce malezas, son un problema en el rendimiento de cualquier cultivo hortícola en especial de la zanahoria. Técnicamente en campo el control de arvenses se lo efectuaría de dos maneras, la primera de forma manual (intervención del hombre) y la segunda que es menos decisiva por la contaminación ambiental de forma química (uso de herbicidas) con utilización de máquinas para su respectiva aplicación en la parcela. El control manual consiste en generar una condición limitante sobre la producción de maleza en el terreno, evitando que compita por luz, agua y nutrientes, esta labor debe hacerse semanalmente (12). La zanahoria es una de las hortalizas más sensibles a la competencia con las malas hierbas, compite mal sobre todo en las primeras fases de cultivo, hasta que cubre el suelo con su masa foliar (20).

2.2.3.10.Aporque.

Se recomienda que estas prácticas sean ligeras en suelos arcillosos, con la finalidad de que estén lo más sueltos posibles. Se recomienda llevar a cabo sólo los aporques necesarios sobre todo en la edad adulta de la zanahoria para evitar el verdeo en la corona u hombros de la parte comestible. Consiste en juntar suelo hacia la parte del tallo. Se realiza para cubrir la raíz. Por medio de esta labor se evita el resecaimiento y exposición de la raíz al viento, lo cual causa pérdidas de humedad y detención del crecimiento; se puede realizar a los 30 días después de la siembra (21).

2.2.3.11. Riego

Determinar el requerimiento de agua en cada etapa fenológica de la zanahoria es fundamental para alcanzar un mayor rendimiento del cultivo. La cantidad y frecuencia de riego se ven influidas por la etapa de desarrollo del cultivo y el medio ambiente (22).

2.2.3.12. Principales Plagas

Las principales plagas en el cultivo de la zanahoria (23).

- Mosca de la zanahoria (*Psylla rosae*).
- Pulgones (*Aphididae*).
- Gusanos grises (*Agrotis spp*).
- Gusanos de alambre (*Agriotes lineatus*).

2.2.3.13. Variedad

Chantenay se hace en aproximadamente 80 días. Tienen un gran corazón y color fresco, una piel rugosa y una gran hoja (24). Este tipo de zanahoria es característico de los climas fríos en las zonas tropicales. También se clasifica como semicorta tienen un tamaño promedio de 10 – 13cm y un diámetro de 5 a 6 cm es de tipo híbrida, es decir, es resultado de un cruce natural entre plantas similares con el objetivo de mejorar sus propiedades y la calidad del cultivo (25).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la Investigación

La presente investigación se llevó a cabo en el Campus "La María" perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en el kilómetro 7.5 de la vía Quevedo-El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos. La ubicación geográfica es de 01°04' 48.8" latitud sur y 79°32' 03" longitud oeste a una altitud de 75 msnm. La temperatura media varía entre 23.24 °C a 26.2°C, la humedad relativa fluctúa alrededor de 84%. La heliofanía promedio anual es de 870 horas.

3.2. Tipo de Investigación

Esta investigación fue de carácter experimental donde se evaluó el efecto de diferentes dosis de silicio sobre el desarrollo y producción en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*).

3.3. Método de Investigación

Se utilizó el método deductivo partiendo de información procedente de literatura y trabajos realizados con anterioridad sobre la aplicación de silicio en el manejo agronómico del cultivo de zanahoria.

3.4. Fuentes de Recopilación de Información

Durante el desarrollo de la investigación se obtuvo información de dos tipos de fuentes de información:

3.4.1. Fuentes Primarias

La fuente de información primaria se obtuvo de las unidades experimentales, que fueron obtenidos de la evaluación de las variables, las mismas que proporcionaron los datos de los diferentes parámetros agronómicos.

3.4.2. Fuentes Secundarias

Toda la información recabada de libros, revistas, artículos de revisión, artículos originales, manuales divulgativos, boletines técnicos, trabajos de titulación y demás fuentes bibliográficas.

3.5. Diseño de la Investigación

3.5.1. Tratamientos

Se estudiaron cuatro tratamientos, conformados por tres dosis de silicio y un control.

Tabla 2

Tratamientos de la investigación.

| Tratamientos | Dosis kg/ha |
|-----------------------|--------------------|
| T1: Fuente de Silicio | 22 |
| T2: Fuente de Silicio | 28 |
| T3: Fuente de Silicio | 34 |
| T4: Control | Sin Aplicación |

3.5.2. Diseño Experimental

Se empleó el diseño bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos en cuatro repeticiones. Todas las variables de respuesta fueron sometidas al análisis de varianza para determinar la significancia estadística y la prueba de Tukey ($p \geq 0.05$) para la comparación de las medias de los tratamientos. La tabulación se realizó en Excel 2019, y el procesamiento estadístico en Infostat versión 2017.1.2.

Tabla 3*Esquema del análisis de varianza.*

| Fuentes de variación | | Grados de libertad |
|----------------------|---------|--------------------|
| Repeticiones | | 3 |
| Tratamientos | t-1 | 3 |
| Error | t(r-1) | 9 |
| Total | (t*r)-1 | 15 |

3.5.3. Características de las Unidades Experimentales

En la tabla 3 se detallan las características del establecimiento de las parcelas experimentales del ensayo.

Tabla 4*Características de las unidades experimentales.*

| Características | Dimensión |
|--|-----------------------|
| Número de parcelas | 16 |
| Ancho de la parcela | 2.0 m |
| Largo de parcela | 2.4 m |
| Área de la parcela | 4.8 m ² |
| Área útil de la parcela | 2.4 m ² |
| Distancia de siembra entre planta e hilera | 0.15 x 0.50 cm |
| Distancia entre parcelas | 0.80 m |
| Distancia entre repeticiones | 1.0 m |
| Número de hilera por parcela | 4 |
| Número de planta por hilera | 16 |
| Número de plantas por parcela | 64 |
| Área total del ensayo | 131.04 m ² |

3.6. Instrumentos de Investigación

3.6.1. Manejo del Experimento

Se realizaron diferentes labores con el fin de proporcionar los requerimientos agrícolas que demanda el cultivo, y que se detallan a continuación.

3.6.1.1.Preparación del Terreno.

La preparación del terreno se efectuó con dos pases de rastra en dos sentidos para que el suelo quede suelto y mullido, en el cual se realizaron camas (parcela) de 2.0 m de ancho x 2.4 m de longitud, dejando una separación entre parcelas de 0.80 m.

3.6.1.2.Siembra.

La siembra se la hizo de forma manual con un espeque sobre las camas a una profundidad 1 cm, en el cual se depositaron dos semillas con una distancia de 15 x 50 cm entre plantas e hileras, procediendo a tapar la semilla de inmediato.

3.6.1.3.Aplicación de Tratamientos de Silicio.

Los tratamientos descritos en la tabla 3, corresponden a la aplicación fuente de silicio SIO-DEM+ de forma foliar fraccionando las dosis en tres partes 40% para la primera aplicación, 30% para la segunda y 30% para la tercera, estas aplicaciones fueron efectuadas a los 15-30-45 días después de la siembra diluyendo cada dosis en 200 litros de agua, cabe indicar que se calculó la cantidad de silicio requerido según la dosis para cada tratamiento (ver Anexo A).

3.6.1.4. Control de Malezas.

El control de malezas fue hecho manualmente utilizando una binadora cada 15 días, para evitar la competencia de luz y nutrientes con el cultivo, como también de hospederos para ciertos insectos (ver Anexo B).

3.6.1.5. Riego.

Dos veces por semana se aplicó riego en surcos para evitar de esta manera estrés hídrico en las plantas.

3.6.1.6. Control de Insectos.

Se aplicó el insecticida ácido piroleñoso 1,75 l/ha para el control de insectos pulgones (Aphididae) a los 15, 30 y 45dds.

3.6.1.7. Cosecha.

A los 93 días cuando las raíces alcanzaron la madurez fisiológica se hizo la cosecha, cuando se observó la aparición de la raíz en la superficie del suelo (ver Anexo D).

3.6.2. Variables a Evaluar

3.6.2.1. Porcentaje de Emergencia.

Se contabilizó el número de plantas emergidas en cada parcela neta de la unidad experimental y se dividió para el total de plantas sembradas.

$$\text{Porcentaje de emergencia} = \frac{\text{Número de Plantas Emergidas}}{\text{Total de Plantas Sembradas}} \times 100$$

3.6.2.2. Altura de la Planta.

La altura de plantas se tomó en 10 plantas a las cuales se procedió a medir desde la base del tallo hasta el ápice de las hojas más altas a los 30 y 60 días después de la siembra y en la cosecha (ver Anexo C).

3.6.2.3. Número de Hojas por Planta.

El número de hojas por planta se evaluó en 10 plantas tomadas al azar en cada parcela neta, a los 30 y 60 días después de la siembra y en la cosecha, para luego establecer el promedio.

3.6.2.4. Diámetro de la Raíz.

El diámetro de la raíz se determinó en las raíces de 10 plantas tomadas al azar en la parcela útil, la cual se midió con un calibrador vernier en la parte superior, para luego obtener el diámetro promedio establecido en cm.

3.6.2.5. Longitud de la Raíz.

La longitud de la raíz fue determinada con las mismas raíces de la variable anterior las cuales se midieron con un flexómetro desde la corona hasta el ápice de la raíz.

3.6.2.6. Peso de la Raíz.

Se procedió a pesar las mismas 10 raíces que se tomaron para realizar el análisis de las variables diámetro y longitud con una balanza, el peso de estas fue registrado en gramos y posteriormente se calculó el promedio.

3.6.2.7. Rendimiento.

Se registró el peso de todas las raíces provenientes de la parcela útil, se procedió al lavado, para posteriormente el peso transformar a kg/ha.

3.7. Tratamiento de los Datos

Se aplicó promedio a los datos obtenidos en cada una de las variables estudiadas en todos los tratamientos y codificaciones de estos, llevando a cabo un registro de estas en la herramienta estadística Excel, posteriormente se realizaron las pruebas estadísticas en el programa Infostat. Para obtener las tablas y gráficos, los resultados ya tabulados fueron llevados a Excel para comparar resultados y relacionar variables.

3.8. Recursos Humanos y Materiales

3.8.1. Recursos Humanos

- Tutor del proyecto de investigación.
- Estudiante responsable del proyecto de investigación.

3.8.2. Material Vegetal

Se usó semilla de zanahoria híbrida KIR.

3.8.3. Materiales de Campo

- Rastrillo.
- Azadón.
- Binadora.
- Machete.
- Pala.
- Carretilla.
- Mascarilla.
- Balanza.
- Guantes.
- Flexómetro.
- Calibrador vernier.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Porcentaje de Emergencia

El porcentaje de emergencia de las plantas no presentó diferencia significativa, con promedios entre 97 y 98% de plantas emergidas.

4.1.2. Altura de Planta a los 30 y 60 Días

En la tabla 5, se puede observar la altura de la planta (cm) a los 30 y 60 días. En el análisis de varianza los tratamientos no mostraron significancia estadística a los 30 ni a los 60 días.

A los 30 días la aplicación de silicio en dosis de 28 kg/ha generó las plantas con más altura con 27.25 cm, sin diferir estadísticamente de los restantes tratamientos con promedios entre 25.23 y 26.43 cm.

En la evaluación a los 60 días, las plantas con mejores alturas fueron las que se les aplicó la dosis de 22 kg/ha con 54.78 cm, sin diferir de las demás dosis donde se obtuvieron plantas de 52.90 a 54.30 cm.

Tabla 5

Altura de planta a 30 y 60 días de la siembra tratadas con diferentes dosis de silicio.

| Tratamientos | 30 días | 60 días |
|-------------------------------|----------------|----------------|
| T1 Silicio SIO-DEM+ 22 kg/ha | 25,38 | 54,78 |
| T2 Silicio SIO-DEM+ 28 kg/ha | 27,25 | 52,90 |
| T3 Silicio SIO-DEM+ 34 kg/ha | 26,43 | 54,30 |
| T4 Control sin aplicación | 25,23 | 53,48 |
| Promedios | 26,07 | 53,87 |
| Coefficiente de variación (%) | 6,89 | 4,77 |

Nota: * Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey 95 %

4.1.3. Número de Hojas

En la tabla 6, se muestra el promedio del número de hojas a los 30 y 60 días; no presentaron diferencias significativas a los 30 ni a los 60 días. El coeficiente de variación fue de 7.47 y 2.09% en su orden.

A los 30 días la aplicación de silicio que proporcionó el mayor número de hojas con un promedio de 6.95 hojas fueron las dosis de 34 y 22 kg/ha de silicio, sin diferir estadísticamente de los restantes tratamientos que generaron promedios de 6.95 y 6.50 este último para el testigo.

A los 60 días el mayor número de hojas 12.23 se registró en la aplicación 34 kg/ha de silicio sin diferencia estadística de los demás tratamientos donde se encontraron plantas con 11.88 a 12.23 hojas y superior al testigo sin aplicación que presentó 11.45 hojas.

Tabla 6

Número de hojas a 30 y 60 días de la siembra, bajo el efecto de diferentes dosis de silicio en el cultivo de zanahoria (Daucus carota).

| Tratamientos | 30 días | 60 días |
|------------------------------|---------|----------|
| T1 Silicio SIO-DEM+ 22 kg/ha | 6,95 | 11,98 ab |
| T2 Silicio SIO-DEM+ 28 kg/ha | 6,93 | 11,88 ab |
| T3 Silicio SIO-DEM+ 34 kg/ha | 6,95 | 12,23 a |
| T4 Control sin aplicación | 6,50 | 11,45 b |
| Promedios | 6,83 | 11,89 |
| Coeficiente de variación (%) | 7,47 | 2,09 |

Nota: * Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey 95 %

4.1.4. Diámetro de Raíz

El promedio del diámetro de las raíces presentó diferencia significativa en el nivel 0.05, con un coeficiente de variación de 3.34%, como se muestra en la tabla 7.

El tratamiento con 34 kg/ha de silicio presentó las raíces de mayor diámetro con 4.98 cm, estadísticamente similares a las aplicaciones de 28 y 22 kg/ha, que alcanzaron promedios de 4.91 y 4.89 cm, superiores al testigo que registró 4.37cm de diámetro.

Tabla 7

Diámetro de la raíz, bajo el efecto de diferentes dosis de silicio en el cultivo de zanahoria (Daucus carota).

| Tratamientos | Diámetro |
|-------------------------------|-----------------|
| T1 Silicio SIO-DEM+ 22 kg/ha | 4,89 a |
| T2 Silicio SIO-DEM+ 28 kg/ha | 4,91 a |
| T3 Silicio SIO-DEM+ 34 kg/ha | 4,98 a |
| T4 Control sin aplicación | 4,37 b |
| Promedio | 4,79 |
| Coefficiente de variación (%) | 3,34 |

Nota: * Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey 95 %.

4.1.5. Longitud de Raíz

El promedio de la longitud de las raíces presentó diferencia significativa en el nivel 0.05, con un coeficiente de variación de 9.10%, como se muestra en la tabla 8.

La mayor longitud de raíces 13.65 cm, se obtuvo con la aplicación de 34 kg/ha de silicio, en igualdad estadística de las aplicaciones de 28 y 22 kg/ha con 12.88 y 12.70 cm, superior al testigo sin aplicación que presentó raíces de 10.90 cm.

Tabla 8

Longitud de la raíz, bajo el efecto de diferentes dosis de silicio en el cultivo de zanahoria (Daucus carota).

| Tratamientos | | Longitud |
|------------------------------|---------------------------|-----------------|
| T1 | Silicio SIO-DEM+ 22 kg/ha | 12,70 ab |
| T2 | Silicio SIO-DEM+ 28 kg/ha | 12,88 ab |
| T3 | Silicio SIO-DEM+ 34 kg/ha | 13,65 a |
| T4 | Control sin aplicación | 10,90 b |
| Promedio | | 12,53 |
| Coeficiente de variación (%) | | 9,10 |

Nota: * Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey 95 %.

4.1.6. Peso de Raíz

El promedio del peso de las raíces presentó diferencia significativa en el nivel 0.05, con un coeficiente de variación de 0.60%, como se muestra en la tabla 9.

El tratamiento con 34 kg/ha de silicio presentó el mayor peso de raíz con 197.60 g, estadísticamente superior a las aplicaciones de 28 y 22 kg/ha y testigo, que alcanzaron promedios de 177.88, 173.55 y 136.63 g de peso por raíz en su orden.

Tabla 9

Peso de las raíces, bajo el efecto de diferentes dosis de silicio en el cultivo de zanahoria (Daucus carota).

| Tratamientos | | Peso de la raíz |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|
| T1 | Silicio SIO-DEM+ 22 kg/ha | 173,55 c |
| T2 | Silicio SIO-DEM+ 28 kg/ha | 177,88 b |
| T3 | Silicio SIO-DEM+ 34 kg/ha | 197,60 a |
| T4 | Control sin aplicación | 136,63 d |
| Promedios | | 171,42 |
| Coeficiente de variación (%) | | 0,60 |

Nota: * Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey 95 %.

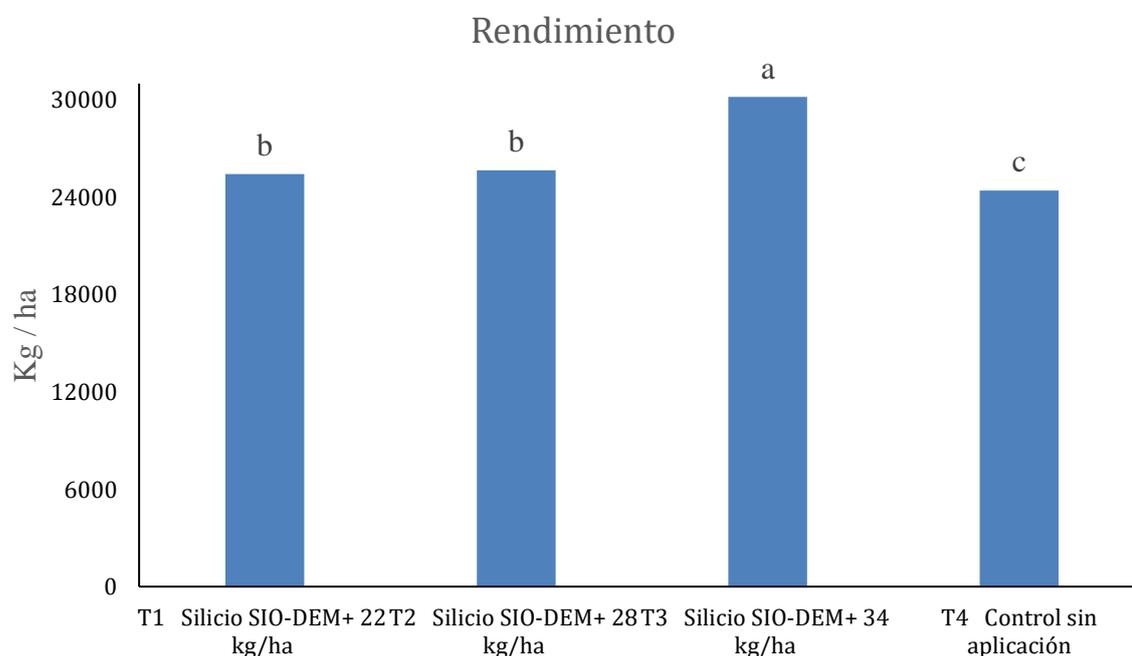
4.1.7. Rendimiento por Hectárea

En la figura 1, se puede observar que el promedio del rendimiento por ha. de las raíces presenta diferencia significativa en el nivel 0.05, con un coeficiente de variación de 0.88%.

Con la aplicación de 34 kg/ha de silicio se obtuvo el mayor rendimiento de raíz/ha con 30177.0 kg/ha estadísticamente superior a las dosis de 28 y 22 kg/ha, que alcanzaron rendimientos de 25666.8; 25416.8, respectivamente y el testigo con el menor promedio 24416.8 kg/ha.

Figura 1

Rendimiento de raíz (kg/ha), bajo el efecto de diferentes dosis de silicio en el cultivo de zanahoria (Daucus carota).



4.2. Discusión

La utilización del silicio es una alternativa para disminuir el uso indiscriminado de fungicidas, en la investigación realizada en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*) se observó el efecto que producen las sustancias aplicadas en concentraciones de silicio: T1: 22 kg/ha de silicio, T2: 28 kg/ha de silicio, T3: 34 kg/ha de silicio en diferentes tratamientos.

En la variable altura de planta los diferentes tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos; lo que indicaría que el silicio no tendría influencia en el crecimiento de la planta sino más bien que actúa como un activador de defensa así, como lo manifiesta Castellano et al. (28), la aplicación de silicio puede tener efectos beneficiosos para algunos cultivos, en la resistencia a las plagas, la tolerancia a la toxicidad de los metales pesados, el estrés hídrico y salino, la reducción de la transpiración, pero no beneficiaría la promoción del crecimiento.

Para el caso del número de hojas se encontró que las diferentes dosis aplicadas en el cultivo de zanahoria no presentan diferencias estadísticas; los resultados que presentó esta variable permite indicar que la aparición de hojas depende de la variedad del cultivo y no tiene ninguna influencia con la aplicación del silicio, lo que concuerda con Collaguazo (31), quien al probar el efecto del silicio en plantas de pimiento concluyó que no beneficia la aparición temprana de las hojas, pero sí que éstas presentaron menor presencia de insectos plagas.

Las diferencias en el peso de raíz revelaron que la aplicación de 34 kg/ha de silicio generó una diferencia significativa en el manejo del cultivo de zanahoria respecto con las otras dosis y testigo; lo que no corrobora los resultados obtenidos en el ensayo realizado por Pinedo (32), quien expresa que los tratamientos que contienen sólo silicio en cualquier dosis obtuvieron la misma producción, mientras que los tratamientos que fueron combinados con algún fertilizante obtuvieron mejor peso en las raíces.

El promedio del diámetro de las raíces obtenido por tratamiento estuvo relacionado con el incremento de la aplicación foliar de silicio, esto se presentó también con el T4 (testigo sin aplicación de silicio) el cual mostró el valor más bajo para el promedio del diámetro de las raíces; estos resultados concuerdan en promedio con los datos obtenidos por Pinedo (32), quien en investigaciones realizadas en campo con el cultivo de pepino obtuvo diámetros similares mediante la fertilización foliar con silicio.

El promedio de la longitud de las raíces obtenido por dosis estuvo relacionado con el incremento de la aplicación foliar de silicio; esto se observa también con el T4 (testigo sin aplicación de silicio) el cual expresó el valor más bajo para el promedio de la longitud del fruto, valores que corroboran las investigaciones de Pinedo (32), quien manifiesta que,

en condiciones de campo, la aplicación de silicio foliar estimula el crecimiento y desarrollo del fruto.

El análisis de los datos sobre el promedio del rendimiento en kg/ha obtenido por tratamiento estuvo directamente relacionado con el incremento de la aplicación foliar de las dosis de silicio; estos resultados se verifican con los promedios obtenidos en las diferentes dosis (22 kg/ha, 28 kg/ha, 34 kg/ha y control sin aplicación) los cuales expresan que, a mayor dosis, mayor es el rendimiento de las raíces de zanahoria; lo que guarda relación con los resultados de Huix (33), quien en sus reportes de investigación y producción comercial en campo ha demostrado los beneficios de la aplicación de silicio foliar al obtener cosechas superiores, en la producción de hortalizas con un aumento de entre el 50 y 150%.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las aplicaciones de las diferentes dosis de silicio estudiadas no mostraron efectos en el desarrollo vegetativo del cultivo de zanahoria, ya que no contribuyeron en el incremento de la altura de planta, ni en el número de hojas.
- La dosis de mayor eficacia para la producción del cultivo de zanahoria fue la de 34 kg/ha de silicio con un promedio de 30177,08 kg/ha, superior a la de 28 kg/ha de silicio con un promedio de 25666,67 kg/ha, a la de 22 kg/ha de silicio con un promedio de 25416,67 kg/ha y al testigo sin aplicación con un promedio de 24416,67 kg/ha.
- La dosis de 34 kg/ha de silicio presentó las raíces con un mayor diámetro y longitud.
- La aplicación de 34 kg/ha de silicio generó las raíces con mayor peso.

5.2. Recomendaciones

- Aplicar silicio en el cultivo de zanahoria en dosis de 34 Kg/ha o mayores para alcanzar rendimientos potenciales.
- Probar la aplicación de dosis de silicio combinado con otros macros y microelementos para maximizar el rendimiento y lograr raíces con mayor diámetro y longitud.
- Realizar más investigaciones sobre la aplicación del silicio en el cultivo de zanahoria que ayuden a incrementar la producción.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Cofre Santos F, Saltos Espín RD. Evaluación del rendimiento y la calidad de la zanahoria (*Daucus carota l.*) en dos sistemas de producción orgánico y convencional. Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad. 2020; 1:05–16.
2. Cuaran N. “Identificación de las propiedades Físico-Químicas de la zanahoria amarilla (*Daucus carota l*) variedad chantenay, en dos estados de madurez (inmaduro-maduro) proveniente de Antonio Ante-Imbabura.” Vitamina A de la zanahoria amarilla [Internet]. 2018;21–2. Available from: [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/332/2/03 AGI 247 TESIS.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/332/2/03%20AGI%20247%20TESIS.pdf)
3. Cruz-Tobar E, Vega-Chariguamán J, Gutiérrez- Albán A, González-Rivera M, Saltos-Espín R, González-Rivera V. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de zanahoria (*Daucus carota L.*). Revista de Investigación Talentos [Internet]. 2018 Dec;5(2):26–35. Available from: <http://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/39>
4. Tirador M. Caracterización del contenido de nitratos y la composición nutricional en zanahoria (*Daucus carota L.*) cultivada con diferentes dosis de fertilización NP. Universidad de Cuyo - Argentina. 2011;61.
5. Muñoz Gatica Linder. Fertilizantes foliares con contenido de sílice y calcio en la producción del cultivo de la lechuga variedad Great Lakes 659 en la provincia de Lamas. 2019.
6. Castellano L, De Mello R, Silva C. El silicio en la resistencia de los cultivos a las plagas agrícolas. Cultivos tropicales. 2015;16(especial):16–24.
7. Yanique Sarzuri C. Producción de zanahoria (*Daucus carota*) aplicando abono orgánico (gallinaza) en Nor Yungas. Universidad Mayor de San Andrés. 2009;1–57.
8. Carlos Andrés Carranza Duran. Reacción fenológica y agronómica de dos cultivares de zanahoria (*Daucus carota*) a la inoculación de cepas de micorriza en campo. Escuela Politécnica del Ejército. 2006;1–103.
9. Alanoca Espejo JC. Producción de zanahoria (*Daucus carota L.*) bajo riesgo por cintas de aspersión con tres niveles de humedad y dos niveles de fertilización (Comunidad Mantecani, provincia Aroma). Universidad Mayor de San Andrés. 2005;(9):1–29.
10. Torres Jaramillo GC. Comportamiento agronómico de 7 híbridos de zanahoria amarilla (*Daucus carota*) en el cantón Píllaro provincia de Tungurahua. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 2013; Tesis: 84.

11. Zhañay W. Evaluación de dosis de aplicación de un biol optimizado en el cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*). Universidad de Cuenca. 2016;101 p.
12. Tinoco Azanza V. Efecto de la densidad poblacional en parámetros morfológicos y agronómicos de la zanahoria (*Daucus carota*) en la granja Santa Inés. Universidad Técnica de Machala. 2020;1–34.
13. Mario Benito Yausín Sani. Aclimatación de 24 cultivares de zanahoria amarilla (*Daucua carota L.*), en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Escuela de Ingeniería Agronómica. 2011;140.
14. César Augusto Díaz Gonzales. "Manejo del cultivo de zanahoria (*Daucus carota*) cv. Japonesa en el Valle de Cañete". Universidad Nacional Agraria La Molina. 2021;74.
15. Quino Campos Betty Mariluz. "Efecto de tres biofermentos en el rendimiento de zanahoria (*Daucus carota L.*) Var. Royal Chantenay en condiciones agroecológicas de huacrachuco-huánuco". Universidad Nacional Hermilio Valdizan Huánuco. 2019;85.
16. Saavedra del Real G, Jana Ayala C, Kehr Mellado E. Hortalizas para Procesamiento Agroindustrial. Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA/ Ministerio de agricultura. 2019; 411:121–81.
17. Lardizábal R. Manual de Producción de Zanahoria. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID. 2013;0(0):1–6.
18. Ávila P, Núcleo Ambiental S.A.S. Manual Zanahoria. Cámara de Comercio de Bogotá. 2015; 1:1–50.
19. Gaviola JC. Manual de producción de zanahoria. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2010;47–69.
20. Murruga Aguirre R. Efecto de los herbicidas en el control de malezas del cultivo de zanahoria (*Daucus carota L.*) var. Royal Chantenay en condiciones del Cifo - Unheval - Huánuco, 2018. Universidad Nacional Hermilio Valdizan Huánuco Facultad de ciencias agrarias. 2019;74.
21. Caicedo W, Sono F. Fertilización química en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota var.*) con tres fuentes nitrogenadas más el micronutriente boro precursores de carotenos y la vitamina A. Universidad Técnica De Cotopaxi. 2014;114.
22. Forero-Ulloa FE, Cely-Reyes GE, Neira-Rodriguez EE. Requerimientos hídricos de la zanahoria (*D. carota L.*) durante tres etapas de su desarrollo. Water requirements of carrot (*D. carota L.*) in three atages of development. Ciencia y agricultura (Rev Cien Agri). 2015;12(2):43–50.

23. Nina Alejo D. Evaluación de tres variedades de zanahoria (*Daucus carota L.*) en invernadero y a campo abierto en el municipio de la ciudad de La Paz. Universidad Mayor de San Andres. 2020;122.
24. Jimenez Apaza SK. Caracterización y evaluación morfológica de zanahoria variedad altiplano (*Daucus carota*) frente a una variedad local en diferentes oisos ecológicos. Vol. 31, Universidad Mayor de San Andres. 2011.
25. Otálora Orrego D. Evaluación de la factibilidad técnico-financiera para el proceso de extracción de β -caroteno partiendo de desechos de zanahoria variedad chantenay (*Daucus carota L.*). Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías. 2019;2(1):1–19.
26. Onofre Salazar José Fernando. El Silicio (Si) como mineral multifuncional en la agricultura. Universidad Técnica de Babahoyo Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Agronómica. 2019;26.
27. Kelly Nascimento Silva. Influencia del silicio en la respuesta a estreses abióticos y bióticos en plantas leñosas. Univerddidad D Cordova. 2020;217.
28. Castellano L, de mello R, Silva cid. El silicio en la resistencia de los cultivos a las plagas agrícolas. Cultivos tropicales. 2015; 36:18–26.
29. César Aguirre, Tztzqui Chávez, Pedro García, Juan Carlos Raya. el silicio en los organismos vivos. Asociación Interciencia. 2007; 32:504–9.
30. Oswaldo Andrés Borda, Fredy Humberto Barón, Manuel Iván Gómez. El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa L.*): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. Agron Colomb. 2007; 25:273–9.
31. Collaguazo Vivas Dayana Carolina, Mancheno Guarochico Fabricio Israel. Comportamiento agronómico del cultivo de pimiento (*Capsicum annum*) con tres dosis de silicio. Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. 2022;65.
32. Pinedo Garcia Juan Angel. Evaluación de dosis de silicio en el rendimiento del pepino hibrido (*Cucumis sativus L*) variedad stonewall F1, Lamas - San Martin. Universidad Nacional de San Martin- Tarapoto, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento Académico Agro Silvo Pastoril [Internet]. 2011;92. Available from: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>
33. Huix Xic Francisco Eleuterio. Evaluación del efecto de fuentes de silicio en el rendimiento de cebolla. Zunil, Quetzal Tenango. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 2021;113.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo A. Aplicación del silicio a los 15 días.



Anexo B. Limpieza y aporcado del cultivo de zanahoria.



Anexo C. Toma de datos de la variable altura de planta (60días).



Anexo D. Cosecha a los 93 días.



Anexo E. Cosecha: parcela útil T1: 22 kg/ha de silicio.



Anexo F. Cosecha: parcela útil T2: 28 kg/ha de silicio.



Anexo G. Cosecha: parcela útil T3: 34 kg/ha de silicio.



Anexo H. Cosecha: parcela útil T4: testigo sin aplicación.



Anexo I. Análisis de varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| % EMERG | 16 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------|------|----|------|----|---------|
| Modelo | 3.00 | 6 | 0.50 | sd | sd |
| REPET | 0.00 | 3 | 0.00 | sd | sd |
| DOSIS SILICIO | 3.00 | 3 | 1.00 | sd | sd |
| Error | 0.00 | 9 | 0.00 | | |
| Total | 3.00 | 15 | | | |

Altura de planta a los 30 días

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------------|----|----------------|-------------------|------|
| ALT PLA 30 DIAS | 16 | 0.79 | 0.64 | 6.89 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 106.02 | 6 | 17.67 | 5.48 | 0.0120 |
| REPET | 95.16 | 3 | 31.72 | 9.84 | 0.0034 |
| DOSIS SILICIO | 10.86 | 3 | 3.62 | 1.12 | 0.3901 |
| Error | 29.02 | 9 | 3.22 | | |
| Total | 135.03 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.96355

Error: 3.2240 gl: 9

| DOSIS SILICIO | Mediasn | E.E. |
|---------------|---------|--------|
| T3. (28) | 27.25 4 | 0.90 A |
| T4. (34) | 26.43 4 | 0.90 A |
| T2. (22) | 25.38 4 | 0.90 A |
| T1. Testigo | 25.23 4 | 0.90 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Altura de planta a los 60 días

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------------|----|----------------|-------------------|------|
| ALT PLA 60 DIAS | 16 | 0.51 | 0.18 | 4.77 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 61.06 | 6 | 10.18 | 1.54 | 0.2690 |
| REPET | 52.65 | 3 | 17.55 | 2.65 | 0.1120 |
| DOSIS SILICIO | 8.40 | 3 | 2.80 | 0.42 | 0.7407 |
| Error | 59.50 | 9 | 6.61 | | |
| Total | 120.56 | 15 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.67592

Error: 6.6114 gl: 9

| DOSIS SILICIO | Mediasn | E.E. |
|---------------|---------|--------|
| T2. (22) | 54.78 4 | 1.29 A |
| T4. (34) | 54.30 4 | 1.29 A |
| T1. Testigo | 53.48 4 | 1.29 A |
| T3. (28) | 52.90 4 | 1.29 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Número de hojas a los 30 días

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------------|----|----------------|-------------------|------|
| # HOJAS 30 DIAS | 16 | 0.54 | 0.23 | 7.47 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo | 2.73 | 6 | 0.45 | 1.75 | 0.2172 |
| REPET | 2.14 | 3 | 0.71 | 2.74 | 0.1054 |
| DOSIS SILICIO | 0.59 | 3 | 0.20 | 0.75 | 0.5490 |
| Error | 2.35 | 9 | 0.26 | | |
| Total | 5.07 | 15 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.12693

Error: 0.2606 gl: 9

| DOSIS SILICIO | Mediasn | E.E. |
|---------------|---------|--------|
| T4. (34) | 6.95 4 | 0.26 A |
| T2. (22) | 6.95 4 | 0.26 A |
| T3. (28) | 6.93 4 | 0.26 A |
| T1. Testigo | 6.50 4 | 0.26 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Número de hojas a los 60 días

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------------------|----|----------------|-------------------|------|
| # HOJAS 60 DIAS PLAN | 16 | 0.78 | 0.63 | 2.09 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo | 1.95 | 6 | 0.32 | 5.26 | 0.0137 |
| REPET | 0.70 | 3 | 0.23 | 3.76 | 0.0532 |
| DOSIS SILICIO | 1.25 | 3 | 0.42 | 6.76 | 0.0111 |
| Error | 0.56 | 9 | 0.06 | | |
| Total | 2.50 | 15 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.54848

Error: 0.0617 gl: 9

| DOSIS SILICIO | Mediasn | E.E. |
|---------------|---------|----------|
| T4. (34) | 12.23 4 | 0.12 A |
| T2. (22) | 11.98 4 | 0.12 A B |
| T3. (28) | 11.88 4 | 0.12 A B |

T1. Testigo 11.45 4 0.12 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Diámetro de la raíz

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------|----|----------------|-------------------|------|
| DIAME RAIZ | 16 | 0.83 | 0.72 | 3.34 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo | 1.16 | 6 | 0.19 | 7.58 | 0.0040 |
| REPET | 0.21 | 3 | 0.07 | 2.71 | 0.1077 |
| DOSIS SILICIO | 0.96 | 3 | 0.32 | 12.45 | 0.0015 |
| Error | 0.23 | 9 | 0.03 | | |
| Total | 1.40 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.35323

Error: 0.0256 gl: 9

| DOSIS SILICIO | Mediasn | E.E. |
|---------------|---------|--------|
| T4. (34) | 4.98 4 | 0.08 A |
| T3. (28) | 4.91 4 | 0.08 A |
| T2. (22) | 4.89 4 | 0.08 A |
| T1. Testigo | 4.37 4 | 0.08 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Longitud de la raíz

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------|----|----------------|-------------------|------|
| LONG RAIZ | 16 | 0.66 | 0.44 | 9.10 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 22.96 | 6 | 3.83 | 2.95 | 0.0708 |
| REPET | 6.73 | 3 | 2.24 | 1.73 | 0.2309 |
| DOSIS SILICIO | 16.24 | 3 | 5.41 | 4.17 | 0.0416 |
| Error | 11.69 | 9 | 1.30 | | |
| Total | 34.65 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.51587

Error: 1.2990 gl: 9

| DOSIS SILICIO | Mediasn | E.E. |
|---------------|---------|----------|
| T4. (34) | 13.65 4 | 0.57 A |
| T3. (28) | 12.88 4 | 0.57 A B |
| T2. (22) | 12.70 4 | 0.57 A B |
| T1. Testigo | 10.90 4 | 0.57 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Peso de la raíz

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------|----|----------------|-------------------|------|
| PESO RAIZ G | 16 | 1.00 | 1.00 | 0.60 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------|---------|----|---------|---------|---------|
| Modelo | 7783.76 | 6 | 1297.29 | 1242.09 | <0.0001 |
| REPET | 13.95 | 3 | 4.65 | 4.45 | 0.0352 |
| DOSIS SILICIO | 7769.81 | 3 | 2589.94 | 2479.73 | <0.0001 |
| Error | 9.40 | 9 | 1.04 | | |
| Total | 7793.16 | 15 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.25596

Error: 1.0444 gl: 9

| DOSIS SILICIO | Mediasn | E.E. |
|---------------|----------|--------|
| T4. (34) | 197.60 4 | 0.51 A |
| T3. (28) | 177.88 4 | 0.51 B |
| T2. (22) | 173.55 4 | 0.51 C |
| T1. Testigo | 136.63 4 | 0.51 D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Rendimiento Kg/Ha

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------|----|----------------|-------------------|------|
| REND KG/HA | 16 | 0.99 | 0.99 | 0.88 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------|-------------|----|-------------|--------|---------|
| Modelo | 79716435.88 | 6 | 13286072.65 | 243.07 | <0.0001 |
| REPET | 908620.69 | 3 | 302873.56 | 5.54 | 0.0197 |
| DOSIS SILICIO | 78807815.19 | 3 | 26269271.73 | 480.59 | <0.0001 |
| Error | 491939.56 | 9 | 54659.95 | | |
| Total | 80208375.44 | 15 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=516.08891

Error: 54659.9514 gl: 9

| DOSIS SILICIO | Medias | n | E.E. |
|---------------|----------|---|----------|
| T4. (34) | 30177.00 | 4 | 116.90 A |
| T3. (28) | 25666.75 | 4 | 116.90 B |
| T2. (22) | 25416.75 | 4 | 116.90 B |
| T1. Testigo | 24416.75 | 4 | 116.90 C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)