

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

“Evaluación del uso de silicio en la fertilización edáfica de acompañamiento para la producción de naranjilla híbrido (*Solanum quitoense Lam*) en el sector El Chical, Tulcán, Carchi, Ecuador.”

Trabajo de titulación previa la obtención del  
título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario

AUTOR: Sánchez Arteaga Lenin Marcelo

TUTORA: PhD Judith Josefina García Bolívar

Tulcán, 2021

## CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

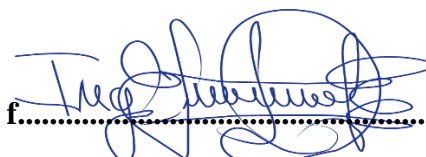
Certificamos que el estudiante Sánchez Arteaga Lenin Marcelo con el número de cédula 040192133-3 ha elaborado el trabajo de titulación: “Evaluación del uso de silicio en la fertilización edáfica de acompañamiento para la producción de naranjilla híbrido (*Solanum quitoense Lam*) en el sector El Chical, Tulcán, Carchi, Ecuador.”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



f.....  
PhD Judith Josefina García Bolívar

**TUTORA**



f.....  
MSc. Segundo Ramiro Mora Quilismal

**LECTOR**

Tulcán, septiembre de 2021

## AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de **Ingeniero** en la Carrera de ingeniería en Desarrollo Integral Agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Sánchez Arteaga Lenin Marcelo con cédula de identidad número 040192133-3 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Sánchez Arteaga Lenin Marcelo  
AUTOR

Tulcán, septiembre de 2021

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Sánchez Arteaga Lenin Marcelo declaro ser autor de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Evaluación del uso de silicio en la fertilización edáfica de acompañamiento para la producción de naranjilla híbrido (*Solanum quitoense Lam*) en el sector El Chical, Tulcán, Carchi, Ecuador.” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f. .....

Sánchez Arteaga Lenin Marcelo  
AUTOR

Tulcán, septiembre de 2021

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, que es el principal participe para que todo se haya podido realizar de la mejor manera.*

*A mi familia por ser el motor para poder realizar todo en mi vida.*

*A la empresa Seteagrop S.A. de manera muy especial a: Ing. Andrés Pastas e Ing. Rubén Vaca, por el apoyo brindado facilitándome su finca experimental, su apoyo técnico y sus ideas para la realización de esta investigación.*

*A todos los docentes de la carrera de Desarrollo Integral Agropecuario por compartir sus conocimientos para concluir esta etapa académica; en especial a mi tutora PhD Judith García y mi lector MSc Ramiro Mora.*

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Armando Sánchez y Gladys Arteaga por el amor incondicional y su constante apoyo.*

*A mis hermanos Brayan y William Sánchez, por ser un pilar fundamental para lograr todas las metas propuestas.*

*A mis abuelitos, quienes son los que han aportado mucho en mi formación personal.*

*A mi pequeño sobrino por ser una motivación más para lograr ser mejor día tras día.*

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	15
I. PROBLEMA .....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.1. Objetivo General.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos .....	17
1.4.3. Preguntas de Investigación .....	17
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	18
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	18
2.2. MARCO TEÓRICO .....	21
2.2.1. La naranjilla.....	21
2.2.1.1. Taxonomía.....	21
2.2.1.2. Condiciones agrometeorológicas para el cultivo de naranjilla.....	21
2.2.1.3. Nutrición del cultivo de naranjilla.....	22
2.2.1.4. Síntomas de deficiencias .....	22
2.2.1.5. Podas.....	24
2.2.1.7 Plagas.....	24
2.2.1.8. Enfermedades .....	26
2.2.2. Silicio.....	28
2.2.2.1. . Silicio en el suelo.....	29
2.2.2.1. ..La deficiencia del silicio.....	29
2.2.2.1. . El efecto del silicio.....	29
2.2.2.1. . Mecanismo de acción del silicio.....	31
2.2.2.1. ..Resistencia a plagas y enfermedades.....	32
III. METODOLOGÍA.....	33
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO .....	33
3.1.1. Enfoque.....	33
3.1.2. Tipo de Investigación .....	33
3.2. Hipótesis o idea a defender.....	33
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	33
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS .....	37
3.4.1 Descripción de tratamientos .....	37
3.4.2. Características del ensayo.....	37

3.4.2.1. Características de la unidad experimental.....	37
3.4.2.2. Variables evaluadas.....	37
3.4.2. Análisis Estadístico .....	38
3.4.2.1. Parcela neta .....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	40
4.1....RESULTADOS.....	40
4.1.1 Altura de planta.....	40
4.1.2. Diámetro de tallo (DDT).....	47
4.1.3. Ancho de hoja más significativa (AHS) .....	54
4.1.4. Largo de hoja más significativa (LHS) .....	61
4.1.5. Inflorescencia .....	69
4.1.6. Rendimiento .....	76
4.1.7. Análisis de factibilidad económica. ....	79
4.2. DISCUSIÓN .....	80
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	83
5.1. CONCLUSIONES .....	83
5.2.RECOMENDACIONES .....	84
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	85
VII. ANEXOS .....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Descripción del diseño experimental implantado.....	39
<b>Figura 2.</b> Descripción de la parcela neta. ....	39
<b>Figura 3.</b> Altura de planta de naranjilla híbrido Puyo bajo el efecto de los tratamientos. ....	47
<b>Figura 4:</b> Diámetro de tallo de la planta de naranjilla híbrido Puyo bajo el efecto de los tratamientos.....	54
<b>Figura 5:</b> Ancho de hoja más significativa de la planta de naranjilla híbrido Puyo bajo el efecto de los tratamientos. ....	61
<b>Figura 6:</b> Largo de la hoja más significativa de la planta de naranjilla híbrido Puyo bajo el efecto de los tratamientos.....	68
<b>Figura 7:</b> Número de inflorescencias de naranjilla híbrido Puyo bajo el efecto de los tratamientos.....	75
<b>Figura 8:</b> muestra el rendimiento de naranjilla híbrido Puyo bajo el efecto de los tratamientos. ....	78



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Muestra Taxonomía de la naranjilla.....	21
Tabla 2. Dosis de fertilizante recomendada con base al análisis de suelo.....	22
Tabla 4. Tratamientos evaluados.....	37
Tabla 5. Análisis de varianza para la altura de las plantas a los 120 dds.....	40
Tabla 6. Prueba de Tukey para la altura de las plantas a los 120 dds.....	40
Tabla 7. Análisis de varianza para la altura a los 148 dds.....	41
Tabla 8. Prueba de Tukey para la altura a los 148 dds.....	41
Tabla 9. Análisis de varianza para la altura a los 176 dds.....	42
Tabla 10. Prueba de Tukey para la altura a los 176 dds.....	42
Tabla 11. Análisis de varianza para la altura a los 204 dds.....	42
Tabla 12. Prueba de Tukey para la altura a los 204 dds.....	43
Tabla 13. Análisis de varianza para la altura a los 232 dds.....	43
Tabla 14. Prueba de Tukey para la altura a los 232 dds.....	44
Tabla 15. Análisis de varianza para la altura a los 262 dds.....	44
Tabla 16. Prueba de Tukey para la altura a los 262 dds.....	44
Tabla 17. Análisis de varianza para la altura a los 292 días dds.....	45
Tabla 18. Prueba de Tukey para la altura a los 292 dds.....	45
Tabla 19. Análisis de varianza a los 342 días dds.....	46
Tabla 20. Prueba de Tukey para la altura a los 342 dds.....	46
Tabla 21. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 120 dds.....	47
Tabla 22. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 120 dds.....	48
Tabla 23. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 148 dds.....	48
Tabla 24. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 148 dds.....	49
Tabla 25. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 176 dds.....	49
Tabla 26. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 176 dds.....	49
Tabla 27. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 204 dds.....	50
Tabla 28. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 204 dds.....	50
Tabla 29. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 232 dds.....	51
Tabla 30. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 232 dds.....	51
Tabla 31. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 262 dds.....	51
Tabla 32. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 262 dds.....	52
Tabla 33. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 292 dds.....	52
Tabla 34. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 292 dds.....	53

Tabla 35. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 342 dds. ....	53
Tabla 36. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 342 dds. ....	53
Tabla 37. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 120 dds. ....	54
Tabla 38. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 120 dds. ....	55
Tabla 39. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 148 dds. ....	55
Tabla 40. Prueba de Tukey para ancho de a los 148 dds. ....	56
Tabla 41. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 176 dds. ....	56
Tabla 42. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 176 dds. ....	56
Tabla 43. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 204 dds. ....	57
Tabla 44. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 204 dds. ....	57
Tabla 45. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 232 dds. ....	57
Tabla 46. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 232 dds. ....	58
Tabla 47. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 262 dds. ....	58
Tabla 48. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 262 dds. ....	59
Tabla 49. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 292 dds. ....	59
Tabla 50. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 292 dds. ....	60
Tabla 51. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 342 dds. ....	60
Tabla 52. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 342 dds. ....	60
Tabla 53. Análisis de varianza para largo de hoja a los 120 dds. ....	62
Tabla 54. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 120 dds. ....	62
Tabla 55. Análisis de varianza para largo de hoja a los 148 dds. ....	62
Tabla 56. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 148 dds. ....	63
Tabla 57. Análisis de varianza para largo de hoja a los 176 dds. ....	63
Tabla 58. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 176 dds. ....	64
Tabla 59. Análisis de varianza para largo de hoja a los 204 dds. ....	64
Tabla 60. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 204 dds. ....	64
Tabla 61. Análisis de varianza para largo de hoja a los 232 dds. ....	65
Tabla 62. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 232 dds. ....	65
Tabla 63. Análisis de varianza para largo de hoja a los 262 dds. ....	65
Tabla 64. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 262 dds. ....	66
Tabla 65. Análisis de varianza para largo de hoja a los 292 dds. ....	66
Tabla 66. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 292 dds. ....	67
Tabla 67. Análisis de varianza para largo de hoja a los 342 dds. ....	67
Tabla 68. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 342 dds. ....	68

Tabla 69. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 120 dds.....	69
Tabla 70. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 120 dds.....	69
Tabla 71. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 148 dds.....	70
Tabla 72. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 148 dds.....	70
Tabla 73. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 176 dds.....	70
Tabla 74. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 176 dds.....	71
Tabla 75. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 204 dds.....	71
Tabla 76. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 204 dds.....	72
Tabla 77. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 232 dds.....	72
Tabla 78. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 232 dds.....	72
Tabla 79: Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 262 dds.....	73
Tabla 80. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 262 dds.....	73
Tabla 81. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 292 dds.....	74
Tabla 82. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 292 dds.....	74
Tabla 83: Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 342 dds.....	74
Tabla 84: Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 342 dds.....	75
Tabla 85. Análisis de varianza para el rendimiento a los 360 dds.....	76
Tabla 86. Prueba de Tukey para el rendimiento a los 360 dds.....	76
Tabla 87. Análisis de varianza para el rendimiento a los 396 dds.....	77
Tabla 88. Prueba de Tukey para el rendimiento a los 396 dds.....	77
Tabla 89. Análisis de varianza para el rendimiento a los 420 dds.....	77
Tabla 90. Prueba de Tukey para el rendimiento a los 420 dds.....	78
Tabla 91. Relación costo beneficio.....	79

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Certificado o Acta del Perfil de Investigación .....	88
Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas.....	89
Anexo 3: Costo de producción para el cultivo de naranjilla <i>solanum quitoense</i> Lam. ....	91
Anexo 4. Selección y preparación del terreno. ....	92
Anexo 5. Desinfección de las estacas. ....	92
Anexo 6. Implantación del experimento (siembra).....	93
Anexo 7. Inicio del prendimiento de estacas, primeros brotes. ....	93
Anexo 8. Identificación y señalización de tratamientos. ....	94
Anexo 9. Labores culturales deshierbas, control de plagas y enfermedades. ....	94
Anexo 10. Aplicación de los tratamientos. ....	95
Anexo 11. Recolección de datos de diámetro de tallo. ....	95
Anexo 12. Recolección de datos de hoja significativa.....	96
Anexo 13. Plaga gusano cogollero.....	96
Anexo 14. Inicio de fructificación. ....	97
Anexo 15. Previo a la primera producción. ....	97
Anexo 16. Primera producción. ....	98
Anexo 17. Segunda producción. ....	98
Anexo 18. Tercera producción.....	99
Anexo 19. Pesaje de los frutos. ....	99

## RESUMEN

El cultivo de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) es muy demandante nutricionalmente, motivo por el cual los agricultores tienden a deforestar para poder implementarlo como cultivo primario generando deforestación. La presente investigación realizada en la finca experimental Seteagrop ubicada en el sector de El Chical, cantón Tulcán, provincia del Carchi Ecuador, tiene por objetivo evaluar el cultivo de naranjilla usando una fertilización con acompañamiento de silicio en suelos cultivables ya implantados, como una alternativa para la producción de este fruto. Para esto se llevó a cabo un experimento con un diseño en bloques completos al azar en el que se analizaron las variables: altura de planta, diámetro de tallo, largo de hoja, ancho de hoja, número de inflorescencias, rendimiento y un análisis costo beneficio. Todas estas variables excepto rendimiento muestran diferencias estadísticas significativas que ubican al tratamiento T4 (silicio dosis alta) destacando en todas las observaciones realizadas. En el caso de rendimiento no muestra diferencias significativas, pero si existe una tendencia que ubica al silicio en dosis alta como el de mayor rendimiento.

Esto llevó a la conclusión de que el acompañamiento del silicio en la fertilización edáfica mejora el vigor de la planta y presencia de brotes florales, además de promover una buena producción y ser accesible para el agricultor.

**Palabras clave:** silicio, fertilización edáfica, acompañamiento, producción, naranjilla, híbrido.

## ABSTRACT

The cultivation of naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) is quite demanding nutritionally, that's why some farmers tend to deforest to be able to implement it as a primary crop generating in this way deforestation. This research aims to implement a fertilization plan with silicon accompaniment to a crop already implanted, to provide an alternative for the production of this fruit. For this, a randomized complete block experiment was carried out in which the variables analyzed were: plant height, stem diameter, significant leaf length, significant leaf width, inflorescence, performance and a cost-benefit analysis. All these variables except yield show significant statistical differences that place the T4 treatment (high dose silicon) as outstanding. In the case of yield, it does not show significant differences, but there is a tendency that places T4 as the treatment with the highest yield. This led to the conclusion that the accompaniment of silicon in edaphic fertilization improves the vigor of the plant and the presence of flower buds, in addition it promotes a greater production and is accessible to farmers.

**Keywords:** silicon, edaphic fertilization, accompaniment, production, naranjilla, hybrid

## INTRODUCCIÓN

La naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) es un frutal de la familia de las solanáceas originaria de los bosques sub tropicales de los andes de Ecuador, Colombia y Perú. Es un arbusto herbáceo de 2,5 cm de alto y de tallos gruesos, presenta hojas de gran tamaño (30-45 cm de largo), suaves y de forma ovalada, crece principalmente en zonas con buena humedad, sombreadas y frescas en torno a los 800 y 1400 m.s.n.m. (Andrade et al., 2016).

En Ecuador el fruto de la naranjilla se cultiva principalmente en la región amazónica del país en las provincias de Napo, Pastaza y Morona Santiago; a menor escala en Sucumbíos, Zamora Chinchipe y Orellana. También se puede encontrar cultivares de este frutal en el cantón de Baños de la provincia de Tungurahua, en la zona noroccidental de las provincias de Pichincha, Imbabura, Carchi y Santo Domingo de los Tsáchilas, en condiciones ambientales y suelos adverso (Caicedo et al, 2019)

En la frontera norte del Ecuador el cultivo de naranjilla es una de las principales fuentes económicas de los pobladores de este sector, este a su vez es un cultivo que requiere de una gran cantidad de nutrientes, por lo que los agricultores toman la decisión de introducirse en los bosques primarios y secundarios para establecer dicho cultivo (Valverde et al , 2010).

La presente investigación busca una alternativa sustentable tanto para el ambiente como para la economía de los agricultores, puesto que se busca mantener la productividad de suelos agrícolas por un promedio de tiempo mayor, con un plan de fertilización acompañado de silicio, elemento que promueve absorción de nutrientes además de proteger contra patógenos.

## **I. PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La naranjilla *Solanum quitoense* Lam. es un cultivo muy demandante en cuanto a condiciones de suelo y nutrición se refiere; por esto los suelos cultivables se degradan rápidamente, y los agricultores tienden a deforestar bosques primarios y secundarios, ya que el bosque virgen almacena abundantes nutrientes en los horizontes superficiales que son los que soportan un alto rendimiento en el primer año (Granda y Yáñez, 2017).

Esta búsqueda constante de nuevas áreas de cultivo, alejándose de las vías de acceso lo que ocasiona efectos ecológicos perjudiciales, además causa complicaciones logísticas para el productor, en el manejo del cultivo y transporte de las frutas, que a su vez provocan un incremento en los costos de producción y disminuye la utilidad económica del cultivo.

Además, la fertilización deficiente y con estrategias basadas en el empirismo, han provocado que los suelos agrícolas tengan un promedio de vida útil para naranjilla *Solanum quitoense* Lam. mucho menor, pues los nutrientes que la naranjilla absorbe no se devuelven al suelo disminuyendo el rendimiento paulatinamente (Velazquez, 2010).

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El uso inadecuado de la fertilización química y las altas exigencias del cultivo de naranjilla hacen que los terrenos sufran un grave desgaste, que obliga a los agricultores a utilizar suelos vírgenes en lugar de suelos cultivables afectando al medio ambiente y la economía del productor.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Una fertilización con acompañamiento de silicio en el cultivo de naranjilla, promueve un uso responsable y sostenible de los suelos cultivables Miranda (2012) citado por Castro y Herrera , (2019), menciona que la naranjilla es una planta ávida por absorber nitrógeno por esto se le deben suministrar abonos nitrogenados mediante la aplicación de abonos compuestos cada cuatro meses, aplicados en época lluviosa y en corona en terrenos plano, o media luna en terreno



pendiente, se le deben agregar fertilizantes de micronutrientes, porque es muy sensible a la deficiencia de boro y magnesio.

El acompañamiento en la fertilización con silicio mejora la producción, por esta razón, Aguirre et al, (2012), mencionan que la utilización de este mineral como acompañante en la fertilización edáfica facilita a las plantas la absorción adecuada de nutrientes.

Al usar una fertilización potenciada con silicio se asegura que el desgaste de los suelos sea mucho menor, además se puede mantener la sostenibilidad del cultivo por un mayor tiempo en suelos cultivables disminuyendo el impacto ambiental y los costos de producción en lo que respecta al trabajo realizado por los agricultores, debido a que en las condiciones actuales es importante encontrar un equilibrio entre la demanda de naranjilla y los pocos bosques primarios existentes en el pie de monte andino de Ecuador (Valverde et al, 2010).

## **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del uso de silicio en la fertilización edáfica de acompañamiento para la producción de naranjilla híbrido (*Solanum quitoense Lam*) en el sector de El Chical, cantón Tulcán, provincia del Carchi Ecuador.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Comparar la producción de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*) bajo el efecto de los tratamientos aplicados.
- Determinar que dosis de silicio más adecuada para incrementar la producción de naranjilla (*Solanum quitoense Lam*).
- Analizar si el uso de silicio aplicado en la fertilización edáfica es económicamente factible.

### 1.4.3. Preguntas de Investigación

¿El acompañamiento del silicio influye en la producción del cultivo de naranjilla?

¿El silicio incrementa la producción de naranjilla?

¿Es económicamente factible el uso de silicio en el cultivo de naranjilla?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias se realizó la investigación con título; *“Efecto del silicio como complemento edáfico en la productividad de la soca en el cultivo de arroz por inundación”*; donde se realizó en el cantón Daule, provincia del Guayas, en la Finca la Julieta, recinto Boca de las Piñas con coordenadas UTM, X - 1.8205856, -79.9687753. Para determinar el mejor tratamiento se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos (Silicio 4kg/ha + fertilización edáfica) T2 (Silicio 8kg/ha + fertilización edáfica) T3 (Fertilización edáfica + Silicio foliar 1kg/ha) T4 (Fertilización edáfica + Silicio foliar 2kg/ha) y T5 (fertilización), con cuatro repeticiones, para la comparación de las medias se utilizó la prueba de Tukey con el 5% de probabilidad de error. Se evaluaron las siguientes variables: Altura de la planta a los 60 días (cm), granos por espiga (n), espiga por planta (n), peso de 1000 granos (gr), rendimiento kg/ha y análisis beneficio/costo. El tratamiento T2 (Si 8kg/ha + fertilización edáfica) en dosis de 8kg reflejó mejor resultado en las variables de altura de planta a los 60 días, granos por espiga, espiga por planta. Para el análisis beneficio/costo se determinó que el tratamiento T2 (Si 8kg/ha + fertilización edáfica) en dosis de 8kg por cada dólar invertido obtuvo 0.70 centavos, siendo el mejor tratamiento económicamente (Carlos, 2021).

En la Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía se realizó la investigación con título; *“Efectos del silicato agrícola térmico al 75 % en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) Variedad Palo 2, en las variables de crecimiento y rendimiento, en el municipio de San Isidro - Matagalpa, 2016”*; donde se establecieron dos tratamientos: silicio al suelo al 75 % y testigo comercial (se aplicó la misma fertilización, exceptuando silicio), utilizando un diseño de Bloques completos al Azar con arreglo bifactorial 2x2+1. Como fuente de silicio se utilizó Silicato Agrícola Térmico al 75 % (granulado). Se aplicó el silicio (SiO<sub>2</sub>) al suelo a los 5 días después de la siembra con fertilización base a 64.41 kg-ha<sup>-1</sup> y una segunda aplicación a los 16 ddg con la primera aplicación nitrogenada. Las variables a evaluar fueron: porcentaje de estomas abiertos, dureza o textura de las hojas y tallos, longitud de la planta y raíces, incidencia de enfermedades, plagas, calidad y rendimiento en kgha<sup>-1</sup> (porcentaje de fertilidad de panoja, número de granos llenos y vanos, peso de 1000 granos, longitud de panícula). Los resultados obtenidos mostraron que se obtuvo un resultado de un 96 % en el control de enfermedades

fungosas, plagas insectiles, fertilidad, sanidad, calidad del grano y un rendimiento de 516.20 kg-ha-1 más que el testigo (Treminio, 2017).

En la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Felix Torres, Carrera de Ingeniería Agrícola se realizó la investigación con el título; “*Efecto del silicio y bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de maíz (zea mays l) amarillo duro.*”; donde se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con dos factores en estudio AxB+2 con 9 tratamientos, 3 réplicas y un total de 33 unidades experimentales. Las principales variables a evaluar fueron los siguientes: Altura de planta (m), Número de hileras de grano/mazorca, Numero de granos por hilera, Peso de granos por mazorca, Longitud de mazorca (cm), Diámetro de mazorca (cm), Peso de mazorca en kg, y Rendimiento del maíz. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y la separación de medias con prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error. Los resultados en esta investigación determinaron que el rendimiento del maíz amarillo duro, no fue significativamente influenciada ( $p>0.05$ ) por los tratamientos evaluados. El análisis de contraste ortogonal realizado entre tratamientos vs el testigo fue estadísticamente significativo ( $p<0.05$ ). Por otro lado, el contraste ortogonal realizado entre los bioestimulantes vs el silicio no mostro diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ), lo cual indica que tanto el silicio como los demás bioestimulantes pueden ser utilizados de manera aislada y producirían los mismos efectos sobre el rendimiento (Cruz y Aguayo, 2020).

En la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias se realizó la investigación con título;” *Importancia del Silicio como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto*”; que se desarrolló como componente práctico para trabajo de titulación de acuerdo a las investigaciones que fueron recopiladas de artículos científicos, textos, revistas, periódicos, ponencias, congresos y páginas virtuales. La búsqueda posteriormente fue sometida a las técnicas de análisis, síntesis y resumen donde se trató lo referente a la importancia del Silicio como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto. Por lo expuesto se determinó que las características agronómicas de los cultivos como altura de planta, longitud y peso de frutos obtienen excelente respuesta con la aplicación de Silicio después de la siembra y el Silicio actúa como acondicionador de suelos, según se ha demostrado en varias investigaciones de cultivos de ciclo corto. Por ello se recomendó aplicar Silicio complementario a la fertilización mineral en los cultivos de ciclo corto, como mejorados y acondicionador de suelos y efectuar parámetros de investigaciones

sobre el Silicio y divulgarlo a los pequeños y medianos productores, con la finalidad de incentivar la aplicación de este elemento a los cultivos de ciclo corto (Veas, 2020).

En la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingenierías en Ciencias Agropecuarias y Ambientales se realizó la investigación con título; *“Efecto de la aplicación de silicio en el segundo año de producción en el cultivo de tomate de árbol”*; donde pusieron a prueba dos frecuencias de control químico: 21 y 45 días; con dos tipos de fertilización edáfica. Del estudio realizado, concluyeron que no hubo diferencias significativas para días desde la floración hasta la cosecha con una media general de 211 días; no existieron diferencias significativas para frutos cuajados por inflorescencia con una media general de 1,9 frutos por racimo; en el porcentaje de severidad de antracnosis en los frutos la frecuencia de control químico de 21 días y la aplicación foliar con silicio fueron los que presentaron un menor porcentaje con un 10,7 % y 12,1 % respectivamente. No hubo diferencias significativas para fertilizaciones edáficas. En el rendimiento la frecuencia de 21 días fue la mejor con 8,7 TM/Ha (Colimba y Morales, 2011).

La investigación que se realizó en Coahuila, México denominada *“Análisis de la fertilización a base de silicio en el cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) en condiciones de invernadero y cultivo sin suelo”*; se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). En esta investigación evaluaron tres tratamientos: el primero sin aplicación de silicio (SFS), el segundo con concentración baja en silicio (FBS) y finalmente el tercero con alta concentración en silicio (FAS). En todas las variables de calidad, se encontró un efecto favorable en los dos tratamientos con silicio. En la variable de vitamina C el tratamiento FAS fue el que presentó el más alto contenido de ésta con un 10,32 mg/100 g., el tratamiento FBS con 9,60 mg/100 g y SFS obtuvo un 9,10 mg/100 g. Otras variables que se tomaron en consideración fueron: firmeza, sólidos solubles totales y color, en las cuales también se encontraron diferencias a favor de los tratamientos que contenían fertilización a base de sílice (Velazquez, 2010).

En la Universidad de Guayaquil se realizó un estudio titulado: *“Evaluación de dosis y fuentes de silicio líquido aplicado en forma foliar en el cultivo de maíz Zea mays L”*. Los factores estudiados fueron dos: Fuentes de silicio y dosis de aplicación, de las cuales se estudiaron seis variables. Se concluyó: a) En el factor fuentes de Silicio sus variables presentaron alta significancia b) En el factor dosis la mejor dosis de fertilizante fue 200 cc/Ha, superando estadísticamente a las demás dosis (Jumbo Tejena , 2019).

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. LA NARANJILLA

El cultivo de naranjilla según Castro y Herrera (2019):“es un arbusto originario de los Andes del Ecuador y Colombia, su nombre científico es *Solanum quitoense* Lam. perteneciente a la familia de la solanáceas” (p. 3). Su principal parte comestible es la fruta, que se emplea en la elaboración de una gran gama de productos alimenticios (Guayasamin, 2015). En la Tabla 1 se presenta su taxonomía.

#### 2.2.1.1. Taxonomía

**Tabla 1.** Taxonomía de la naranjilla

<b>Reino:</b>	<b>Vegetal.</b>
Subreino:	Espermatophyta.
División:	Angiosperma
Subdivisión:	Dicotiledóneas.
Clase:	Simpétala
Subclase:	Pentacíclica.
Orden:	Tubiflorales.
Familia:	Solanáceas.
Genera:	Solanum.
Especie:	Solanum quitoense lam.
Variedades:	Quitoense quitoense (sin espinas)

**Fuente:** Lozano, J.G. (2007). Manual Técnico de la naranjilla en El Huila

#### 2.2.1.2. Condiciones agrometeorológicas para el cultivo de naranjilla

El cultivo de naranjilla se adapta y desarrolla muy bien en terrenos ubicados en alturas sobre el nivel del mar entre 1.300 a 2.200 metros, con temperaturas de 14 a 18 °C, precipitación anual de 1.500 a 2.200 milímetros de agua, humedad relativa o del ambiente alrededor del 80%, brillo solar de 4 a 6 horas diarias, pendiente menor del 40% y suelos con textura Franca, Franco arenosa o Franco Arcillosa, moderadamente profundos de 50 a 75 centímetros, bien drenados y ligeramente ácidos con pH de 5,5 a 6,5 (Murillo et al, 2019).

### 2.2.1.3. Nutrición del cultivo de naranjilla

#### 2.2.1.3.1. Plantación

La fertilización en el cultivo de naranjilla se debe realizar cuidadosamente debido a que la producción depende de una buena nutrición de la planta, pues tiene un crecimiento acelerado durante el primer año donde requiere aporte de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y microelementos, considerando el análisis químico de suelo, las condiciones climáticas, la movilidad de los nutrientes en el suelo y las etapas fenológicas del cultivo (Viracucha, 2017).

El conocimiento de la extracción de nutrientes por el cultivo, permite establecer una recomendación de fertilización para el tiempo que permanezca el cultivo en producción. En la Tabla 2 se presenta una guía de recomendación de fertilización para naranjilla en el primer año.

Tabla 2. Dosis de fertilizante recomendada con base al análisis de suelo.

Niveles	Kg/ha/año (25000 plantas/ha.)			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S-Mg
Alto	200-250	150-200	150-250	40-60
Media	150-200	100-150	80-150	20-40
Bajo	100-150	50-100	40-80	0-20

Fuente: INIAP, 2014.

#### 2.2.1.4. Síntomas de deficiencias

De acuerdo a los resultados obtenidos según el INIAP, (2014) los síntomas de deficiencias de los macronutrientes N, P, K, Ca Mg y S, aparecen en diferentes fases fenológicas y a menudo en el primer año de desarrollo del cultivo, dichas características se mencionan a continuación:

##### 2.2.1.4.1. Nitrógeno (N)

Usualmente se presenta como una clorosis general, de hojas bajas o adultas tornándose de color amarillento y posterior desprendimiento, posteriormente se extiende de las hojas maduras a las más jóvenes mostrándose con menor intensidad. Esto se produce por la alta movilización del nitrógeno de una reserva hacia puntos de crecimiento que son los de mayor demanda de este

nutriente. Otro síntoma característico es el reducido crecimiento de las plantas con hojas pequeñas y poca ramificación en comparación con plantas bien nutridas y finalmente un bajo rendimiento.

#### **2.2.1.4.2. Fósforo (P)**

La deficiencia de fósforo se identifica por mirar plantas pequeñas, presentando hojas jóvenes de color verde con intenso brillo y nervaduras de coloración purpura más intensa de lo normal, hojas abarquilladas hacia el haz, floración pobre, frutos pequeños y reducción del rendimiento. Además, presencia de una clorosis leve debido a la movilización de nutrientes a las partes de mayor demanda.

#### **2.2.1.4.3. Potasio (K)**

La deficiencia de k se identifica por presencia de clorosis moteada y necrosis paralela a las nervaduras, lo que confirma la alta movilidad de este nutriente.

#### **2.2.1.4.4. Calcio (Ca)**

Se presenta en hojas jóvenes con clorosis en los márgenes; esto indica la poca movilización de este nutriente desde las hojas maduras. Este elemento en condiciones naturales de cultivo raramente se presenta su deficiencia.

#### **2.2.1.4.5. Magnesio (Mg)**

Generalmente los síntomas de deficiencia primero aparecen en las hojas maduras con presencia de clorosis entre las nervaduras, acompañada de algunos pigmentos anaranjados. Es muy común en suelos que presentan deficiencia de este elemento.

#### **2.2.1.4.6. Azufre (S)**

Es identificable porque los puntos de crecimiento presentan clorosis, de manera contraria a lo que ocurre con el nitrógeno, siendo el azufre uno de los elementos inmóviles dentro de la planta (INIAP, 2014).

### **2.2.1.5. Podas**

Según Vásquez, (2012) afirma que las podas cumplen algunas funciones tales como: formación de la planta, además busca el equilibrio entre la zona foliar y el número de flores y frutos. El autor también menciona que existen diferentes tipos de podas las cuales se detallan a continuación:

#### **2.2.1.5.1. Podas de formación**

Esta consiste en la eliminación de brotes y hojas desde el suelo hasta una altura aproximada de 40 a 50 centímetros. Con la realización de esta práctica se evita la formación de microclimas que favorecen a agentes patógenos como los hongos, además se evita que las ramas se entrelacen.

#### **2.2.1.5.2. Podas de mantenimiento**

Esta poda consiste en eliminar las hojas bajas que presentan amarillamiento y partes necróticas, favoreciendo la aeración para evitar fuentes de infección y facilitando labores culturales como la deshierba. Esta práctica se la realiza cuando la planta ha pasado los dos años y en conjunto con la poda de formación permiten el mejor desarrollo de la planta. Si la planta no posee frutos desde la base del tallo hasta la altura de aproximadamente un metro ya sea por problemas de antracnosis, perforador del fruto u otros problemas, es preferible realizar una poda de renovación en épocas de lluvias, la cual consiste en la eliminación de ramas hojas y frutos de toda la planta, es conveniente la aplicación de una fertilización y un nematicida (Vásquez, 2012).

### **2.2.1.6. Manejo de Plagas**

La naranjilla es atacada por diferentes plagas en las distintas partes de la planta. Su manejo adecuado exige un diagnóstico correcto para realizar un buen control.

#### **2.2.1.7. Plagas**

Las plagas del cultivo de naranjilla se pueden agrupar según el órgano de la planta que ataquen:



#### **2.2.1.7.1. Gusano perforador del fruto (*Neoleucinodes elegantalis*)**

El *Neoleucinodes elegantalis*, se lo reconoce por realizar perforación del fruto principalmente en la parte inferior, especialmente en estadio de larvas, las cuales se alimentan tanto de las semillas como de la pulpa que contiene, principalmente atacan a los frutos que se encuentran en desarrollo creando galerías en su interior, depositando los huevos en los frutos verdes. Cuando estas larvas llegan a su etapa adulta pasan a la forma de polilla, la cual mide 25 mm, de un color marrón claro, con un poco de color blanco entre el tórax y el abdomen, las alas son transparentes, y presentan manchas de color marrón rojizo (Perea y Mosquera, 2017).

#### **2.2.1.7.2. Adulto de picudo de la flor (*Anthonomus sp*)**

El adulto del picudo de la flor es un coleóptero o escarabajo, de color negro o azul oscuro brillante, se lo identifica por su aparato bucal en forma de pico, el daño que ocasiona a la flor puede ser por dos vías:

- El adulto al alimentarse del polen, realiza el daño perforando el ovario y los pétalos, dejando puntos de color oscuro, esto causa que la flor se seque y se caiga, en consecuencia, se reduce drásticamente la producción.
- La hembra busca depositar los huevos perforando el botón floral, posteriormente las larvas se alimentan de la flor hasta que estas caen al suelo, de donde emergen las larvas para completar su ciclo de vida (Mosquera, 2006)

#### **2.2.1.7.2. Barrenador del tallo (*Faustinus sp.*)**

La hembra de este insecto plaga, realiza perforaciones en el tallo en donde depositan los huevos, que luego de eclosionar o emerger las larvas, estas permanecen hasta por 30 días alimentándose del tallo hasta generar la formación de agallas que se necrosan y luego caen al suelo. El daño del barrenador, causa el secamiento y caída de hojas, flores y frutos; debido a esto el agua y los nutrientes no pueden ser trasladados hacia la parte aérea de la planta, hasta llegar a causar su muerte. Un síntoma evidente de la ocurrencia de este insecto es la presencia de aserrín en la base de las plantas (Mosquera, 2006).

Es considerado una plaga de importancia primaria por su forma de ataque, el daño es efectuado por la larva, su ataque comienza por la parte más tierna de la planta barrenando hasta llegar al tallo principal donde completa su estado larval, se identifica las larvas por su color blanco, con patas atrofiadas en la parte torácica y una cabeza bien definida de color café (Sánchez , s.f.)

### **2.2.1.7.3. Trips Amarillo**

Nombre científico: *Thrips palmi* Karny (*Thysanopera: Thripidae*) Hay varias especies distintas de Trips (por ejemplo, *Frankliniella occidentalis*). Producen daños sobre multitud de plantas de jardín y de interior, hortalizas, frutales, cereales, olivo (Trip del olivo), cítricos, etc., aunque en general, no son graves (Mosquera, 2006).

### **2.2.1.8. Enfermedades**

#### **2.2.1.8.1. Pudrición algodonosa**

Este habita generalmente en el suelo, es un microorganismo saprofita facultativo, afecta principalmente a ramas y tallos produciendo una pudrición húmeda en la parte afectada, cubriéndola de una especie de masa algodonosa de color blanquecino en la que se observa cuerpos oscuros más o menos redondeados llamados esclerosis. Cuando la planta está en estado de floración su ataque se inicia en el cojín floral. Si el ataque se produce en el tallo principal, la planta muere. Otra manera de identificarla es con la presencia de cuerpos de color negro de 2 a 3 mm (esclerocios) en la parte central de los tejidos afectados, son estructuras de supervivencia del hongo. Cuando estas estructuras caen al suelo y bajo condiciones de humedad favorables, producen un cuerpo fructífero en forma de embudo llamado “apoteocio”, donde el hongo produce ascosporas para su diseminación es su principal forma de reproducción (Revelo et al, 2010).

El moho blanco ataca a todas las partes de la planta en especial a ramas y tallos. Cuando este ataca las ramas más jóvenes presentan manchas con una coloración café claro de apariencia húmeda y cuando ataca a estructuras lignificadas tiene una apariencia seca. En condiciones de alta humedad relativa el hongo sobre las ramas o tallos toma una forma afelpada de color blanco y consistencia algodonosa que avanza hasta cubrir la totalidad de la planta (Mosquera, 2006)

#### **2.2.1.8.2. Antracnosis del fruto, ojo de pollo (*colletotrichum gloeosporioides*)**

Esta enfermedad se presenta en lugares con abundante sombra y humedad, por alta densidad de siembra, falta de podas y altas precipitaciones. Considerada de incidencia elevada, aunque se presenta mayormente en naranjillas comunes y menos severa en híbridos *Puyo* y *Palora*. Ataca principalmente a los frutos es una mancha oscura, grisácea o negra, de un color más claro en el centro y bordes bien definidos, cuando su ataque es en frutos pequeños este se momifica y pasan adheridos a la planta durante un buen tiempo, cuando es en frutos maduros esta los cubre por completo y se pudren. En la parte central de las lesiones se presenta patrones concéntricos de color anaranjado que corresponde a las fructificaciones (acérvulos) del hongo. En su etapa inicial puede ser confundida con quemaduras producidas por el sol, se disipa principalmente por el viento (Revelo et al, 2010).

Cuando las condiciones favorecen el desarrollo del patógeno puede causar la pérdida total de los frutos sobre todo a 1400 m de altura, esta enfermedad se presenta principalmente en las inflorescencias y frutos. Cuando la infección es en las inflorescencias causa la caída de las flores y manchas en los pétalos. Los síntomas en el fruto aparecen en cualquier etapa de su desarrollo, en condiciones de alta humedad hace que el fruto se pudra mientras que en condiciones de humedad baja el fruto se momifica el control de esta enfermedad consiste en una pronta identificación de los síntomas, en una intervención oportuna con medidas de sanidad y una buena aplicación de funguicidas (Miranda Quitaques, 2012).

#### **2.2.1.8.3. Marchitez vascular (*Fusarium oxysporum*)**

Esta enfermedad es limitada a regiones con incidencia limitada y siempre está asociada con el nematodo *meloidogyne ingcognita*, en la actualidad la incidencia de esta enfermedad es mayor debido a la siembra por estacas del híbrido puyo, aunque también es transmitida por la semilla de variedades comunes de plantas infectadas. Las variedades de naranjilla común, *quitoense* y *septentrional*, así como los híbridos *Puyo* y *Mera*, el híbrido *Palora* se lo considera resistente, aunque se ha encontrado plantas infectadas, pero de manera esporádica. Las plantas afectadas presentan clorosis y marchitez, en un corte transversal del tallo o de los pecíolos se observa el anillo de color crema a café correspondiente a los haces vasculares afectados. Las plantas débiles y mal fertilizadas son más susceptibles a la enfermedad (Revelo et al, 2010).

#### **1.2.1.7.1. Tizón tardío, lancha, lancha negra o cogollero (*Phytophthora infestans*)**

Esta enfermedad fue considerada de incidencia excepcionalmente rara, limitada a ciertas regiones, en la actualidad es de incidencia moderada, de control obligatorio. En el valle del río Pastaza y la zona de Tandapi es una enfermedad endémica. Es muy agresiva sobre todo en la naranjilla común, mientras que el híbrido *Puyo* y *Palora* son resistentes. Esta enfermedad bajo condiciones de lluvias constantes alta humedad y temperaturas de entre 15 a 18° C, causa pérdidas de hasta el 100% de la producción. Se la identifica principalmente por la marchitez del cogollo y adelgazamiento del tallo superior que toma una coloración café clara o parda (Revelo et al, 2010).

Es una de las enfermedades más importantes del cultivo de naranjilla sobre los 1400 m de altura en especial en variedades comunes la híbridas son menos susceptibles. En condiciones de alta humedad esta enfermedad avanza rápidamente, pudiendo en pocos días causar pérdidas totales del cultivo. Por lo tanto, es necesario realizar un control oportuno para asegurar el éxito del cultivo de la naranjilla en las zonas altas. Se la puede identificar en la inserción del tallo con el pecíolo de la hoja y con el pedúnculo de la inflorescencia en donde se presenta como manchas oscuras y extensas. En el fruto de inserción con el pedúnculo y progresa extendiéndose a gran parte del mismo. En las hojas forma manchas son oscuras, extensas, de bordes definidos, pero irregulares, las que se destruyen y desprenden con facilidad. Cuando esta se produce en ramas y tallos jóvenes produce un estrangulamiento en los sitios de la infección, tomando el nombre de cogollero (Miranda Quitaques, 2012).

#### **2.2.2.Silicio**

El silicio se absorbe fácilmente como ácido orto silícico,  $H_4SiO_4$ , de modo que las plantas terrestres lo contienen en concentraciones apreciables, con concentraciones que van desde una fracción de 1% de la materia seca y en algunas plantas hasta 10% o aún más alto. A pesar de esta prominencia del silicio como componente mineral de las plantas, no se considera entre los elementos definidos como “esenciales,” para ninguna planta terrestre mayor, excepto los miembros de la clase *Equisitaceae*. Ningún otro elemento está presente en tan altas cantidades en las plantas de modo tan persistente, sin ser considerado esencial. Existe una amplia evidencia de que cuando el silicio se encuentra fácilmente disponible a las plantas, juega un papel importante en su crecimiento, en la nutrición mineral, la resistencia mecánica y en la resistencia

a las enfermedades producidas por hongos y a las condiciones químicas adversas del medio (Agrocilicium, 2019).

### **2.2.2.1.Silicio en el suelo**

A pesar de ser uno de los elementos más abundantes en los suelos del mundo, una deficiencia de silicio puede llegar a ocurrir debido a su agotamiento producido por cosechas continuadas de productos con altas demandas de este elemento, tales como arroz, puesto que absorbe 230 a 470 kilogramos de silicio por hectárea y cultivos intensivos producen el retiro del silicio de manera más rápida que la reposición natural, por eso que es necesario proceder a la fertilización con fuentes de más rápida disponibilidad, de este elemento (Piedrahíta, 2008).

#### **2.2.2.1.La deficiencia del silicio**

Algunos suelos tienen bajos niveles de Si disponible, esto es muy común en suelos muy lavados, lixiviados, ácidos, con baja base de saturación y abundantes cantidades de sesquióxidos como óxido de aluminio. Por esta razón suelos altamente lavados como Ultisoles y Oxisoles pueden tener una baja presencia de Si disponible para las plantas así mismo los suelos Histosoles altamente orgánicos y bajos en minerales pueden presentar bajo nivel de Si, más aún en algunos suelos compuestos principalmente por arena cuarzo, silicam, los entisoles arenosos, pueden tener altos niveles de silicio, pero bajos niveles de Si disponible para las plantas, también muchas mezclas de suelos caen en esta categoría, es decir, que los suelos en condiciones de baja disponibilidad de Si, se encuentran en grandes zonas agrícolas de África, Asia, las Américas e incluso en Europa (Tecnobior Sac, 2018).

#### **2.2.2.1.El efecto del silicio**

Con la aplicación de 100 a 300 kg/ha de magnesil se ha visualizado una respuesta positiva en el desarrollo, sanidad y rendimiento del cultivo de arroz, además menor incidencia de enfermedades foliares e incrementos en producción de 12 a 80%; en banano reducción del 10 a 25% de daño por Sigatoka, aumento del más del 50% en biomasa radical y del 21% en producción; en café, incremento entre el 44% y el 175% en la biomasa radical, disminución superior al 65% en mancha de hierro en almácigo, reducción de 25 a 50% en incidencia de

broca, disminución de la incidencia de roya, mejora en calidad de la medida e incrementos del 7 al 15% en producción; en caña de azúcar, reducción de daño por *Diatraea*, e incremento del 15 a 28% en producción (Agrocilicium, 2019).

Además se han encontrado similares resultados en sanidad y productividad se ha obtenido en cultivos de maíz, palma de aceite, papa, aguacate, cítricos, pastos, soya, tabaco, tomate, entre otros, por ello, es necesario mencionar que de acuerdo con las características de los suelos con alto nivel de meteorización, desaplicación y lixiviación de bases, la aplicación de silicio tiene una participación importante para rejuvenecer los suelos, mejorar la eficiencia de la nutrición, promover cultivos sanos y por lo tanto incrementar la productividad y sostenibilidad de los cultivos (Piedrahíta, 2008).

#### **2.2.2.1.El efecto del silicio (Si) sobre el P.**

Este efecto se ha medido experimentalmente a través de isothermas de adsorción de P en la que además del P se adiciona una fuente de Si. Al aplicar silicato de calcio a cuatro suelos de Hawái se redujo significativamente la fijación de P. Los investigadores reportan que la cantidad P requerida para alcanzar una concentración de P en la solución del suelo de  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ , hace que la cantidad de fertilizante fosfórico soluble requerida sea menor en presencia de la enmienda silicatada, con una reducción de estos fertilizantes disminuyendo los costos de la aplicación y los riesgos ambientales que produce el uso de estos fertilizantes resultando muy favorable el uso de Si (Velazquez, 2010).

Con esto se puede asegurar que el uso de la fertilización o enmienda de silicio ayuda a mejorar la disponibilidad de P en los suelos, de tal manera que las plantas cultivadas tienen mayor capacidad de absorción de P, y por ende dicho proceso influye directamente el rendimiento. Esto resulta muy evidente y valioso en suelos que hay limitada fijación de P y deficiencia de los fertilizantes. Esto porque se da la competencia entre el ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y el  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  por sitios de adsorción sobre las superficies de arcillas y óxido e hidróxidos de Fe y Al. Los grupos  $-\text{OH}$ ,  $-\text{OH}-0,5$ ,  $\text{OH}_2+0,5$  presentes en estas superficies pueden darse la sustitución del ion fosfato por el ácido silícico. De esta manera, cuando el fósforo se absorbe, el silicio se libera a la solución del suelo. Esto se conoce como reacción absorción-desorción y este proceso puede ser reversible y constituye un mecanismo esencial para la disponibilidad de P en el suelo (Lozano, 2015).

el sistema suelo-planta, el Si es un componente importante de la naturaleza. Se ha demostrado que beneficia en el crecimiento de algunas plantas como arroz, trigo, cebada, pepino, entre otros, sin embargo, no ha tenido suficiente atención en la nutrición vegetal, debido a que no se encuentra incluido dentro de la lista de los 17 elementos considerados como esenciales para las plantas. Esta omisión está considerada como injustificada y se sugiere que el Si se debe considerar como elemento benéfico o como un nutriente “cuasi esencial” para las plantas. Un elemento considerado cuasi-esencial si se lo ubica en las plantas y si su deficiencia es lo suficientemente severa para inducir efectos adversos o anomalías en el crecimiento, desarrollo, reproducción o viabilidad (Quero, 2015).

### **2.2.2.1.Mecanismo de acción del silicio**

El silicio en las paredes celulares se deposita de forma amorfa, contribuyendo con las propiedades mecánicas como la rigidez y la elasticidad. Muchas especies acumulan grandes cantidades de silicio en sus tejidos y mejoran su crecimiento y fertilidad cuando se suministra cantidades adecuadas de silicio. En las gramíneas, no solamente se deposita en las paredes celulares, en la epidermis, pelos radicales, brácteas, entre otros, sino también, en el interior como sucede en las células buliformes y en el xilema (Coloma , 2015).

La sílica hidratada amorfa ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), es depositada principalmente en el retículo endoplasmático, pared celular y en los espacios intracelulares. También se ubica en células específicas denominadas células síliceas. Así mismo, conforma complejos con polifenoles reforzando la pared celular. Se ha comprobado su esencialidad en cultivos como la caña de azúcar, el tomate, el arroz y el pepino (Palacios, 2012).

Generalmente las plantas dicotiledóneas poseen menos del 0,23% de silicio. En la parte baja del rango 0.1%, este porcentaje es similar al de los macronutrientes como Ca, Mg, P y S y en la parte alta, 10%, la concentración en los tejidos supera la de nutrientes minerales como N o K. Por lo tanto, se establece que el silicio es claramente uno de los mayores constituyentes de las plantas, atribuyéndolo principalmente a la gran capacidad de las raíces para absorber Si, como ácido silícico. Por otro lado, se han identificado y caracterizado transportadores en las raíces que juega un rol muy activo en la acumulación de Si (Tecnobior Sac, 2018).

### **2.2.2.1. Resistencia a plagas y enfermedades**

El óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), luego de ser aplicado al suelo reacciona con el agua formando el ácido mono silícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), que al ser absorbido por la planta especialmente en el área foliar forma un gel de silicio ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), conformando una barrera protectora que le brinda a la planta resistencia mecánica al ataque de enfermedades e insectos. El ácido mono silícico se acumula bajo de la cutícula de las hojas, tallos y frutos, de tal manera que ofrece una resistencia mecánica al ataque de insectos chupadores como los áfidos y mosca blanca, es decir, disminuye el ataque de estos, incluso llegando a evitar el ataque de algunos comedores de follaje (Colimba y Morales, 2011).



### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO**

##### 3.1.1. Enfoque

La presente investigación es de carácter cuantitativo dado que se evaluaron las variables: diámetro de tallo, altura de la planta, número de inflorescencias, rendimiento de frutos por tratamiento medido en Kg, y además se realizó un análisis de costo/beneficio para observar si el uso de silicio es una propuesta económicamente factible. La finalidad fue evaluar la eficiencia del silicio en el rendimiento y desarrollo del cultivo de la naranjilla.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación utilizado fue experimental, ya que se realizó un ensayo de bloques al azar en campo, donde se aplicó diferentes dosis de silicio en el cultivo de naranjilla para mirar los efectos que esto causaría sobre él mismo. Para el cual fue necesario realizar una revisión bibliográfica de documentos referenciales para posteriormente argumentar y refutar el tema de investigación.

#### **3.2. Hipótesis o idea a defender**

- H<sub>0</sub>: La adición de silicio en la fertilización no mejora la producción de la naranjilla híbrida (*Solanum quitoense Lam*).
- H<sub>1</sub>: La adición de silicio en la fertilización mejora la producción de la naranjilla híbrida (*Solanum quitoense Lam*).

#### **3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

En la investigación se observaron varias variables respuesta, las mismas que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Operacionalización de variables

HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTO	INVESTIGADOR
La adición de silicio en la fertilización mejora la producción de la naranjilla híbrida ( <i>Solanum quitoense Lam</i> ).	VARIABLE INDEPENDIENTE	El silicio es el segundo elemento más abundante, pero únicamente es absorbido como ácido mono silícico $\text{Si (OH)}_4$ , es transportado por el xilema a distintas partes de la planta.	Dosis alta	Fertilización química 200 gr más dosis alta de silicio 13,30 gr, por planta Se realizó la fertilización en los días 120 y 262 después de la siembra, colocando en el suelo alrededor de la planta formando un círculo con una separación del cuello de la raíz de 20cm aproximadamente..	Aplicada de manera manual.	Gramera/ manual	El trabajo fue realizado por Lenin Marcelo Sánchez Arteaga
	Uso de diferentes dosis de silicio en la fertilización edáfica		Dosis media	Fertilización química 200 gr más dosis media de silicio 10,88 gr, por planta.	Aplicada de manera manual.	Gramera/ manual	El trabajo fue realizado por Lenin Marcelo Sánchez Arteaga
			Dosis baja	Fertilización química 200 gr más dosis baja de silicio 8,45 gr, por planta.		Gramera/ manual	El trabajo fue realizado por Lenin Marcelo Sánchez Arteaga
			Testigo comercial	Fertilización química 200 gr.	Aplicada de manera manual.	Gramera/ manual	El trabajo fue realizado por Lenin Marcelo Sánchez Arteaga

VARIABLE DEPENDIENTE		Altura de planta	Se inició con la toma de datos desde los 120 dds y con una diferencia de 28 a 30 días hasta los 362 dds. Se midió en la parcela neta constituida por 6 plantas, con la ayuda de un flexómetro se midió el diámetro desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, registrándola en cm.	Observación / medición /registro	Libreta de campo/ flexómetro	El trabajo fue realizado por Lenin Marcelo Sánchez Arteaga
Producción del cultivo de naranjilla	La productividad agrícola es determinada por la cantidad y calidad del producto en la cosecha,	Diámetro de tallo	Se inició con la toma de datos desde los 120 dds y con una diferencia de 28 a 30 días hasta los 362 dds. Se midió en la parcela neta constituida por 6 plantas, con la ayuda de un calibrador o pie de rey se miró el diámetro o grosor del tallo de la planta, registrándose en cm.	Observación / medición /registro realizadas con 28 a 30 días de diferencia.	Libreta de campo/ pie de rey	El trabajo fue realizado por Lenin Marcelo Sánchez Arteaga
	realizada en determinada área.	Largo de la hoja más significativa	Se inició con la toma de datos desde los 120 dds y con una diferencia de 28 a 30 días hasta los 362 dds. Se midió en la parcela neta constituida por 6 plantas, con la ayuda de un flexómetro se miró la longitud desde la base hasta el ápice de la hoja, registrándola en cm.	Observación / medición /registro	Libreta de campo/ fluxómetro	El trabajo fue realizado por Lenin Marcelo Sánchez Arteaga

			Ancho de la hoja más significativa	Se inició con la toma de datos desde los 120 dds y con una diferencia de 28 a 30 días hasta los 362 dds. Se midió en la parcela neta constituida por 6 plantas, con la ayuda de un flexómetro se miró el ancho desde un borde a otro de la hoja, registrándola en cm.	Observación / medición /registro	Libreta de campo/ fluxómetro	El trabajo fue realizado por Lenin Marcelo Sánchez Arteaga
			Número de inflorescencias	Se inició con la toma de datos desde los 120 dds y con una diferencia de 28 a 30 días hasta los 362 dds. Se midió en la parcela neta constituida por 6 plantas, se contabilizo y registró el número de brotes florales de acuerdo a el criterio del observador.	Observación / conteo /registro realizadas	Libreta de campo	El trabajo fue realizado por Lenin Marcelo Sánchez Arteaga
			Rendimiento	Los frutos recolectados en la cosecha de cada tratamiento fueron pesados con la ayuda de una balanza y se registró su peso en kg.	Observación / medición /registro	Libreta de campo/ balanza	El trabajo fue realizado por Lenin Marcelo Sánchez Arteaga
			Análisis de factibilidad económica.	Se calculó los costos de producción por hectárea y el rendimiento e Kg/Ha, se promedió el precio de venta en 0,49 dólares pel kilogramo con lo que se obtuvo la utilidad y finalmente la relación Costo/Beneficio.	Registro/ cálculo de C/B en dólares	Herramienta informática Microsoft Excel	El trabajo fue realizado por Lenin Marcelo Sánchez Arteaga

### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

#### 3.4.1 Descripción de tratamientos

Las dosis se diseñaron con base en la recomendación del producto tal como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 3. Tratamientos evaluados

Tratamientos	Descripción
T1	Fertilización química
T2	Fertilización química más silicio en dosis baja: 8,45 gr por planta.
T3	Fertilización química más silicio en dosis media: 10,88 gr por planta.
T4	Fertilización química más silicio en dosis alta: 13,30 gr por planta.

#### 3.4.2. Características del ensayo

Estuvo constituido por cuatro tratamientos y cinco repeticiones en un diseño en bloques al azar generando un total de 20 unidades experimentales que tuvieron un área de 125 m<sup>2</sup> cada una, el ensayo tuvo un total de 2500 m<sup>2</sup>. Para su realización se utilizaron 400 plantas. Se realizó un seguimiento constante al cultivo durante 420 días desde su implantación.

##### 3.4.2.1. Características de la unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo constituida por 20 plantas en las que se realizaron las mediciones en las seis plantas centrales que constituyeron la unidad de medición o parcela neta.

La fertilización se realizó en dos ocasiones. La primera previa al inicio de la etapa de floración a los 120 días después de la siembra (dds) y la segunda se realizó al comienzo de la etapa de fructificación a los 262 dds.

##### 3.4.2.2. Variables evaluadas

- a) Altura de la planta: Con la ayuda de un flexómetro de toma la medida desde la base del tallo hasta el ápice de la planta. Las tomas de datos se dieron desde los 120 dds, con intervalos de

aproximadamente 28 a 30 días entre cada toma hasta llegar a los 342 dds o previo a la cosecha. Las mediciones fueron registradas en cm.

- b) Diámetro de tallo: Se inició con la toma de datos desde los 120 dds y con una diferencia de 28 a 30 días hasta los 362 dds. Se midió en la parcela neta constituida por 6 plantas, con la ayuda de un calibrador o pie de rey se miró el diámetro o grosor del tallo de la planta, registrándose en cm.
- c) Largo de hoja más significativa: empecé con la toma de datos desde los 120 dds y con una diferencia de 28 a 30 días hasta los 362 dds. Se midió en la parcela neta constituida por 6 plantas, con la ayuda de un flexómetro se miró la longitud desde la base hasta el ápice de la hoja, registrándola en cm.
- d) Ancho de hoja más significativa: Se inició con la toma de datos desde los 120 dds y con una diferencia de 28 a 30 días hasta los 362 dds. Se midió en la parcela neta constituida por 6 plantas, con la ayuda de un flexómetro se miró el ancho desde un borde a otro de la hoja, registrándola en cm.
- e) Número de inflorescencias: Se inició con la toma de datos desde los 120 dds y con una diferencia de 28 a 30 días hasta los 362 dds. Se midió en la parcela neta constituida por 6 plantas, se contabilizó y registró el número de brotes florales de acuerdo al criterio del observador.
- f) Rendimiento: Los frutos recolectados en la cosecha de cada tratamiento fueron pesados con la ayuda de una balanza y se registró su peso en kg.
- g) Análisis de factibilidad económica: Luego de tres cosechas realizadas se procedió a realizar un análisis costo/beneficio para observar si el uso de silicio es económicamente factible, para lo cual se calcularon los costos de producción por hectárea y el rendimiento e Kg/Ha, se promedió el precio de venta en 0,49 dólares por kilogramo con lo que se obtuvo la utilidad y finalmente la relación Costo/Beneficio.

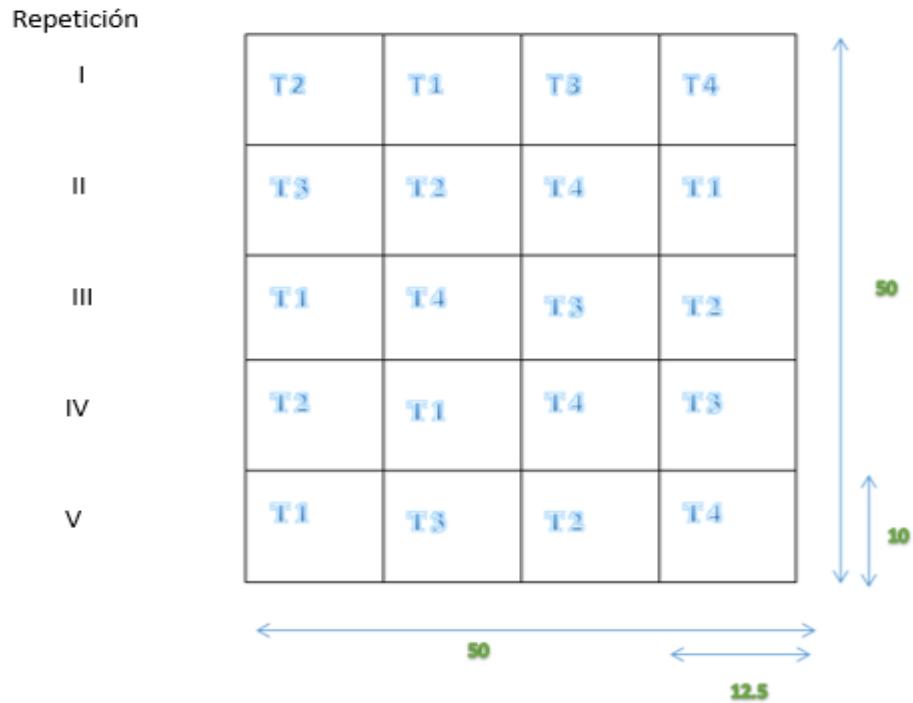
### **3.4.2. Análisis Estadístico**

Para esta investigación se utilizó el modelo estadístico denominado ANAVAR con el fin de obtener las diferencias significativas entre los tratamientos, también se aplicó la prueba de

medias de Tukey para determinar los agrupamientos entre tratamientos, esto permitió identificar el o los mejores tratamientos.

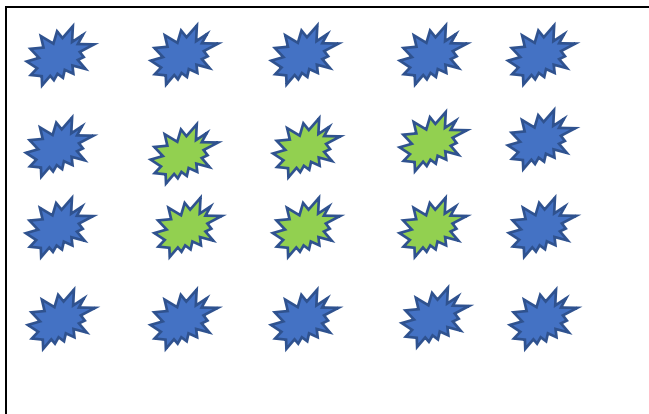
### 3.4.2.1. Diseño del ensayo

El diseño experimental aplicado en este caso de estudio se encuentra reflejado en la siguiente figura 1, del mismo modo, se presenta el diseño de la parcela neta como lo muestra la figura 2.



**Figura 1.** Descripción del diseño experimental implantado.

### 3.4.2.1. Parcela neta



**Figura 2.** Descripción de la parcela neta.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1.RESULTADOS

#### 4.1.1 Altura de planta

El análisis de varianza para altura de planta a los 120 días después de la siembra (Tabla 5), muestra un valor de  $p < 0,05$ ; lo cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Se observa una media general de 16,658 cm y un coeficiente de variación (CV) de 51,34%. Este CV es alto, pero las diferencias entre las medias de los tratamientos son tan grandes, que aún en estas condiciones se pudieron observar diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 4. Análisis de varianza para la altura de las plantas a los 120 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	501,08	125,269		
Tratamiento	3	1588,77	529,590	7,24	0,0002
Error	93	6803,16	73,152		
Total	100				
Media General	16,658	CV	51,34%		

Al existir diferencias significativas, se realizó la prueba de Tukey al nivel de significación del 5% (Tabla 6); allí se muestran dos grupos en los que el tratamiento T2 difiere del resto, con la menor altura promedio 10,576 cm, por otra parte, el tratamiento T4 con 21,325 cm fue el tratamiento que mayor promedio de altura seguido por T1 con 18,585 y T3 con 16,145 cm promedio a los 120 dds.

Tabla 5. Prueba de Tukey para la altura de las plantas a los 120 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	21,325 cm	A
1	Solo fertilizante químico	18,585 cm	A
3	Dosis media de Si	16,145 cm	AB
2	Dosis baja de Si	10,576 cm	B



El análisis de varianza para altura de planta a los 148 días después de la siembra (Tabla 7) muestra un valor de  $p < 0,05$  lo cual indica que existe diferencias significativas entre tratamientos, la media general fue de 23,869 cm y el coeficiente de variación de 40,56%, lo cual es aceptable para una investigación de campo.

Tabla 6. Análisis de varianza para la altura a los 148 dds.

Fuente de variación	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	615,87	153,966		
Tratamiento	3	2381,05	793,682	8,47	0,0001
Error	91	8530,75	93,745		
Total	98				
Media General	23,869	<b>CV</b>	40,56%		

Al encontrarse diferencias significativas en el análisis de varianza la prueba de Tukey al 5% (Tabla 8) arroja una situación similar a la obtenida a los 120 dds; existen dos grupos en los cuales el tratamiento T2 difiere del resto siendo el que menor altura de planta alcanzó con una media de 16,488 cm, por el contrario el tratamiento T4 es el que mayor altura de planta alcanzó con 30,213 cm, seguido de los tratamientos T1 y T3 los cuales obtuvieron alturas de 25,491 cm y 23,285 cm respectivamente.

Tabla 7. Prueba de Tukey para la altura a los 148 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	30,213 cm	A
1	Solo fertilizante químico	25,491 cm	A
3	Dosis media de Si	23,285 cm	AB
2	Dosis baja de Si	16,488 cm	B

El análisis de varianza para altura de planta a los 176 días después de la siembra (Tabla 9), muestra un valor de  $P < 0,05$  lo cual indica que existe diferencia significativa entre tratamientos, la media general fue de 34,00 cm y el coeficiente de variación de 32,88%.

Tabla 8. Análisis de varianza para la altura a los 176 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	1376,6	344,16		
Tratamiento	3	4071,1	1357,02	10,86	0,0000
Error	91	11371,1	124,96		
Total	98				
Media General	34,00	<b>CV</b>	32,88%		

Al haber diferencias estadísticas en el análisis de varianza, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 10) arroja tres grupos en los cuales se destaca el tratamiento T4 como el mejor con 42,7 cm de altura, en un grupo intermedio los tratamientos T1 y T3 con un promedio de altura de 25,491 cm y 23,285 cm, muy similares entre sí y por último el tratamiento T2 como el que presenta menor altura con 24,707 cm.

Tabla 9. Prueba de Tukey para la altura a los 176 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	42,756 cm	A
1	Solo fertilizante químico	35,731 cm	AB
3	Dosis media de Si	32,805 cm	BC
2	Dosis baja de Si	24,707 cm	C

El análisis de varianza para la altura de planta a los 204 días después de la siembra y 84 días luego de la primera aplicación de los tratamientos (Tabla 11), muestra un valor de  $p < 0,05$  lo cual indica que existen diferencias significativas entre tratamientos, la media general fue de 42,377 cm y el coeficiente de variación de 33,48%.

Tabla 10. Análisis de varianza para la altura a los 204 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	1739,9	434,99		
Tratamiento	3	5590,6	1863,55	9,26	0,0000
Error	91	18322,1	201,34		
Total	98				
Media General	42,377	<b>CV</b>	33,48%		

Al identificar que existen diferencias significativas entre los tratamientos en el análisis de varianza se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 12) arroja tres grupos en el que destaca el tratamiento 4 con mayor altura con una media de 52,413 cm seguido de los tratamientos T1 y T3 con un promedio de altura de 45,050 cm y 40,558 cm los cuales son muy similares y por último tratamiento T2 con una media de 31,487 cm.

Tabla 11. Prueba de Tukey para la altura a los 204 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	52,413 cm	A
1	Solo fertilizante químico	45,050 cm	AB
3	Dosis media de Si	40,558 cm	BC
2	Dosis baja de Si	31,487 cm	C

En el análisis de varianza a los 232 días después de la siembra y a los 112 días después de la primera aplicación (Tabla 13), muestra un valor de  $P < 0,05$  lo cual indica que existen diferencias significativas entre tratamientos, la media general fue de 56,225 cm y el coeficiente de variación de 27,76%.

Tabla 12. Análisis de varianza para la altura a los 232 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	3127,9	781,98		
Tratamiento	3	6183,2	2061,07	8,46	0,0001
Error	91	22168,6	243,61		
Total	98				
Media General	56,225	<b>CV</b>	27,76%		

Al existir diferencias entre los tratamientos de acuerdo al ANAVAR, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 14) y esta arroja tres grupos en el que destaca el tratamiento T4 con mayor altura 66,869 cm seguido de los tratamientos T1 y T3 con una altura de 59,190 cm y 53,868 cm respectivamente y por último el tratamiento 2 con un promedio de altura de 44,972 cm.

Tabla 13. Prueba de Tukey para la altura a los 232 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	66,869 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	59,190 cm.	AB
3	Dosis media de Si	53,868 cm.	BC
2	Dosis baja de Si	44,972 cm.	C

El análisis de varianza a los 262 días después de la de la siembra, 142 después de la primera aplicación y 0 días de la segunda aplicación de los tratamientos (Tabla 15), muestra un valor de  $p < 0,05$ , lo cual indica que existen diferencias significativas entre tratamientos, la media general fue de 70,395 cm y el coeficiente de variación de 28,26%.

Tabla 14. Análisis de varianza para la altura a los 262 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	3226,4	806,60		
Tratamiento	3	7030,4	2343,45	5,92	0,0010
Error	90	35628,5	395,87		
Total	97				
Media General	70,395	<b>CV</b>	28,26%		

Al existir diferencias significativas la prueba de Tukey al 5% (Tabla 16) muestra dos grupos en los que el tratamiento T2 difiere del resto con una altura promedio de 58,996 cm, el tratamiento T4 es el que mayor promedio de altura alcanzó a los 262 días con un valor de 82,841 cm seguido por los tratamientos T1 y T3 con un promedio de altura de 70,918 cm y 68,724 cm respectivamente.

Tabla 15. Prueba de Tukey para la altura a los 262 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	82,941 cm	A
1	Solo fertilizante químico	70,918 cm	AB
3	Dosis media de Si	68,724 cm	AB
2	Dosis baja de Si	58,996 cm	B

En el análisis de varianza a los 292 días luego de la siembra y 30 días después de la segunda aplicación (Tabla 17), muestra un valor de  $p < 0,05$  lo cual indica que existen diferencias significativas entre tratamientos, la media general fue de 84,168 cm y el coeficiente de variación de 24,68%.

Tabla 16. Análisis de varianza para la altura a los 292 días dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	6220,8	1555,20		
tratamiento	3	7623,2	2541,06	5,93	0,0010
Error	90	38534,6	428,16		
Total	97				
Media General	84,168	<b>CV</b>	24,58%		

Al encontrar variabilidad entre los tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 18). Esta muestra dos grupos, en los que el tratamiento T2 difiere del resto con un promedio de altura de 72,596 cm, el tratamiento T4 es el que muestra la mayor altura con un promedio de 97,508 cm seguido de los tratamientos T1 y T3 con una altura promedio de 84,243 cm y 82,324 cm respectivamente.

Tabla 17. Prueba de Tukey para la altura a los 292 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	97,508 cm	A
1	Solo fertilizante químico	84,243 cm	AB
3	Dosis media de Si	82,324 cm	AB
2	Dosis baja de Si	72,596 cm	B

El análisis de varianza a los 342 días después de la siembra o a los 80 días después de la segunda aplicación de los tratamientos (Tabla 19), mostró un valor  $p < 0,05$  lo cual indica que existen diferencias significativas entre tratamientos, la media general fue de 97,946 cm y el coeficiente de variación de 24,75%.

Tabla 18. Análisis de varianza a los 342 días dds.

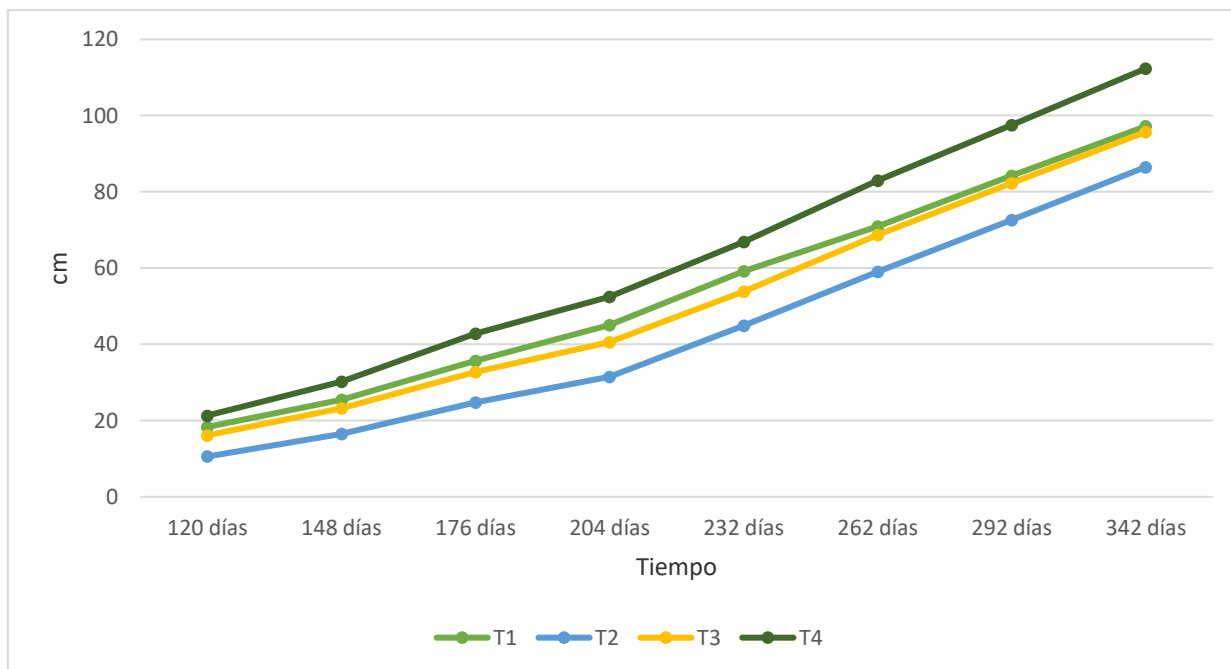
Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	8274,2	2068,54		
Tratamiento	3	8286,2	2762,07	4,70	0,0043
Error	90	52900,4	587,78		
Total	97				
Media General	97,946	<b>CV</b>	24,75%		

Después de realizar el análisis de varianza se aplicó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 20) muestra dos grupos en el que el tratamiento T4 muestra la mayor altura con un promedio de 112,35 cm seguido de los tratamientos T1 y T3 con promedios de altura muy similares que se diferencian con 1,48 cm uno de otro; con 97,20 cm y 95,72 cm y por último, el tratamiento T2 con un promedio de 86,52 cm.

Tabla 19. Prueba de Tukey para la altura a los 342 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	112,35 cm	A
1	Solo fertilizante químico	97,20 cm	AB
3	Dosis media de Si	95,72 cm	AB
2	Dosis baja de Si	86,52 cm	B

Se realizó un gráfico de líneas en donde se muestra la altura de la planta de naranjilla híbrida de cada uno de los tratamientos (figura 3) en la cual se puede observar que T4 (dosis alta de silicio) es la que presenta mayor altura, seguido de T1 y T3 (testigo y dosis media) respectivamente con alturas muy similares entre ellas y por último T2 con una altura menor.



**Figura 3.** Altura de planta de naranjilla híbrido Puyo bajo el efecto de los tratamientos.

Leyenda: T1= testigo, T2= dosis baja de silicio, T3= dosis media de silicio, T4= dosis alta de silicio.

#### 4.1.2. Diámetro de tallo (DDT)

El análisis de varianza para el diámetro de tallo a los 120 días después de la siembra (Tabla 21), muestra un valor  $p < 0,05$ ; lo cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Se observa una media general de 0,9376 cm y un coeficiente de variación de 28,81%.

Tabla 20. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 120 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	1,03608	0,25902		
Tratamiento	3	1,34262	0,44754	6,13	0,0007
Error	93	6,78708	0,07298		
Total	100				
Media General	0,9376	CV	28,81%		

Al existir diferencias significativas, la prueba de Tukey al 5% (Tabla 22) muestra dos grupos en los que los tratamientos T4 y T1 destacan sobre los otros tratamientos por poseer el mayor

diámetro de tallo a los 120 días después de la siembra, con un promedio de 1,0788 cm y 0,9799 cm seguidos del tratamiento T3 con un promedio de 0,9308 cm y el tratamiento T2 es el de menor diámetro con 0,7508 cm.

Tabla 21. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 120 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	1,0788 cm	A
1	Solo fertilizante químico	0,9799 cm	A
3	Dosis media de Si	0,9308 cm	AB
2	Dosis baja de Si	0,7508 cm	B

Al realizar el análisis de varianza a los 148 días después de la siembra, se observó para el ANAVAR realizado al diámetro de tallo (Tabla 23) muestra un valor de  $p < 0,05$ , lo cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Se observa una media general de 1,1566cm y un coeficiente de variación de 24,95%.

Tabla 22. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 148 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	1,17652	0,24913		
Tratamiento	3	2,24680	0,74893	8,99	0,0000
Error	91	7,57681	0,08326		
Total	98				
Media General	1,1566	<b>CV</b>	24,95%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 24) y arroja tres grupos en el que destaca el tratamiento T4 con mayor diámetro 1,3378 cm seguido de los tratamientos T1 y T3 con un diámetro promedio de 1,2434 cm y 1,1115 cm y por último el tratamiento T2 con un promedio de 0,9339 cm.



Tabla 23. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 148 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	1,3378 cm	A
1	Solo fertilizante químico	1,2434 cm	AB
3	Dosis media de Si	1,1115 cm	BC
2	Dosis baja de Si	0,9339 cm	C

Al realizar el análisis de varianza a los 176 días después de la siembra (Tabla 25) mostró un valor de  $p < 0,05$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 1,3755 cm y un coeficiente de variación de 26,29%.

Tabla 24. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 176 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	2,3759	0,59397		
tratamiento	3	2,4055	0,80183	6,13	0,0008
Error	91	11,9017	0,13079		
Total	98				
Media General	1,3755	<b>CV</b>	26,29%		

Luego de realizar el análisis de varianza se aplicó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 26) esta arrojó dos grupos en los cuales se destaca el tratamiento T4 como el que posee mayor diámetro de tallo con un valor de 1,5908 cm seguido por los tratamientos T1 y T3 con un diámetro promedio de 1,4308 cm y 1,3210 cm y con menor diámetro el tratamiento T2 con 1,1595 cm.

Tabla 25. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 176 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	1,5908 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	1,4308 cm.	A
3	Dosis media de Si	1,3210 cm.	AB
2	Dosis baja de Si	1,1595 cm.	B

Al realizar el análisis de varianza a los 204 días después de la siembra (Tabla 27) se obtuvo un valor de  $p < 0,0500$ , lo que significa, que si existe diferencia entre los tratamientos y una media general de 1,5013 cm y un coeficiente de variación de 25,75%.

Tabla 26. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 204 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Bloque</b>	4	3,1475	0,78688		
<b>Tratamiento</b>	3	3,1400	1,04667	7,00	0,0003
<b>Error</b>	91	13,6047	0,14950		
<b>Total</b>	98				
<b>Media General</b>	1,5013	<b>CV</b>	25,75%		

Para verificar el análisis de varianza se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 28) este muestra los dos grupos en donde destaca el tratamiento T4 sobre los demás, con un diámetro de 1,7635 cm, seguido por los tratamientos T1 con un promedio de 1,5427 cm y por último los tratamientos T3 y T2 con un diámetro promedio de 1,4308 cm y 1,2683 cm respectivamente.

Tabla 27. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 204 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	1,7635 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	1,5427 cm.	AB
3	Dosis media de Si	1,4308 cm.	B
2	Dosis baja de Si	1,2683 cm.	B

En el análisis de varianza a los 232 días después de la siembra o a los 112 días después de la primera aplicación (Tabla 29) muestra un valor de  $P < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre tratamientos, la media general fue de 1,7139 cm y el coeficiente de variación de 21,96.

Tabla 28. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 232 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Bloque</b>	4	3,1823	0,79559		
<b>Tratamiento</b>	3	3,0730	1,02434	7,23	0,0002
<b>Error</b>	91	12,8923	0,14167		
<b>Total</b>	98				
<b>Media General</b>	1,7139	<b>CV</b>	21,96%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 30) arroja dos grupos en el que destaca el tratamiento T4 sobre los demás con un diámetro de 1,9953 cm, seguido por los tratamientos T1 con un promedio de 1,7306 cm y por último los tratamientos T3 y T2 con un diámetro promedio de 1,6081 cm y 1,5214 cm respectivamente.

Tabla 29. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 232 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	1,9953 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	1,7306 cm.	AB
3	Dosis media de Si	1,6081 cm.	B
2	Dosis baja de Si	1,5214 cm.	B

En el análisis de varianza a los 262 días después de la siembra o a los 142 días después de la primera aplicación y 0 días de la segunda aplicación (Tabla 31) se muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo que indica que existe diferencia significativa entre tratamientos, la media general fue de 2,0233 cm y el coeficiente de variación de 23,30%.

Tabla 30. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 262 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	5,7939	1,44849		
Tratamiento	3	2,7953	0,99177	4,46	0,0057
Error	90	20,0096	0,22233		
Total	97				
Media General	2,0233	<b>CV</b>	23,30%		

Al obtener variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 32) la misma que arroja dos grupos, en el que destaca el tratamiento T4 con mayor diámetro de tallo con un valor de 2,2986 cm seguido de los tratamientos T1 y T3 con diámetros de 2,0236 cm y 1,0552 cm y con menos diámetro el tratamiento T2 con un promedio de 1,8158 cm.

Tabla 31. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 262 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	2,2986 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	2,0236 cm.	AB
3	Dosis media de Si	1,9552 cm.	AB
2	Dosis baja de Si	1,8158 cm.	B

En el análisis de varianza para el diámetro de tallo a los 292 días luego de la siembra y 30 días después de la segunda aplicación (Tabla 33) muestra un valor de  $p < 0,05$  lo cual indica que existe diferencia significativa entre tratamientos, la media general fue de 2,5459 cm y el coeficiente de variación de 24,92%.

Tabla 32. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 292 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Bloque</b>	4	6,6279	1,65697		
<b>Tratamiento</b>	3	4,5667	1,52225	3,78	0,0132
<b>Error</b>	90	36,2259	0,40251		
<b>Total</b>	97				
<b>Media General</b>	2,5459	<b>CV</b>	24,92%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 34) arroja dos grupos en el que destaca el tratamiento T4 con mayor diámetro de tallo con un valor de 2,8760 cm, seguido de los tratamientos T1 y T3 con diámetros de 2,5627 cm y 1,4620 cm y con menos diámetro el tratamiento T2 con un promedio de 2,2731 cm.

Tabla 33. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 292 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	2,8760 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	2,5627 cm.	AB
3	Dosis media de Si	2,4620 cm.	AB
2	Dosis baja de Si	2,2731 cm.	B

El análisis de varianza a los 342 días después de la siembra o a los 80 días después de la segunda aplicación de los tratamientos (Tabla 35) mostró un valor de  $p > 0,0500$ , lo cual indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos, la media general fue de 3,2489 cm y el coeficiente de variación de 22,27%.

Tabla 34. Análisis de varianza para diámetro de tallo a los 342 dds.

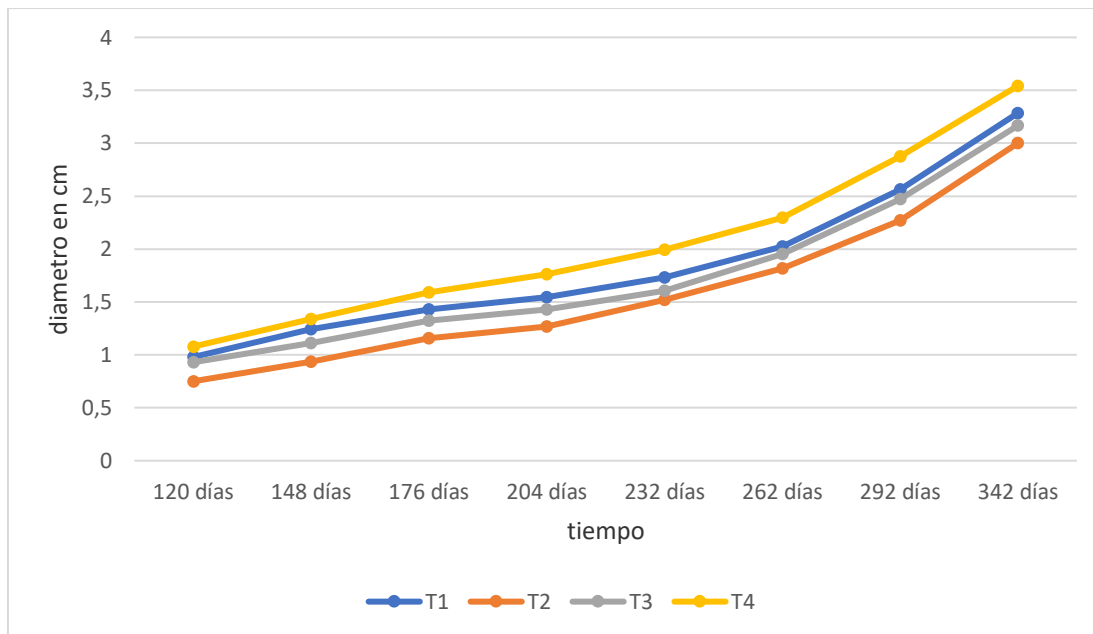
<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	8,6163	2,15409		
Tratamiento	3	3,7574	1,25248	2,39	0,0738
Error	90	47,1336	0,52371		
Total	97				
Media General	3,2489	<b>CV</b>	22,27%		

Luego de realizar el análisis de varianza y al no obtener variabilidad se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 36) este arrojó un solo grupo homogéneo existiendo una mínima diferencia entre los tratamientos incluso el T4 que es el de mayor diámetro a T2 el de menor diámetro existe una diferencia de apenas 0,5411 cm, corroborando lo dicho por el análisis de varianza.

Tabla 35. Prueba de Tukey para diámetro de tallo a los 342 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	3,5424 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	3,2853 cm.	A
3	Dosis media de Si	3,1668 cm.	A
2	Dosis baja de Si	3,0011 cm.	A

Se realizó un gráfico de líneas en el que se muestra el diámetro de tallo de la planta de naranjilla híbrida de cada uno de los tratamientos (figura 4) en la cual se puede observar que T4 (dosis alta de silicio) supera a los demás tratamientos, seguido de T1 y T3 (testigo y dosis media) respectivamente con diámetros similares entre ellos y por último T2 con menor diámetro.



**Figura 4:** Diámetro de tallo de la planta de naranjilla híbrido Puyo

#### 4.1.3. Ancho de hoja más significativa (AHS)

El análisis de varianza para el ancho de la hoja más significativa (AHS) a los 120 días después de la siembra (Tabla 37), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Así mismo se observa una media general de 16,086 cm y un coeficiente de variación de 35,33%.

Tabla 36. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 120 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	153,71	38,428		
Tratamiento	3	886,26	295,422	9,15	0,0000
Error	93	3004,14	32,303		
Total	100				
Media General	16,086	CV	35,33%		

Luego de encontrar variabilidad en el análisis de varianza se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 38) este arrojó dos grupos de los cuales el tratamiento 2 es el único que conforma el segundo grupo con un ancho de hoja de 11,137 cm y en el mejor grupo los tratamientos T4, T1 y T3 con promedios de ancho de hoja de 18,798 cm, 17,660 cm y 16,748 cm respectivamente.

Tabla 37. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 120 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	18,798 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	17,660 cm.	A
3	Dosis media de Si	16,748 cm.	A
2	Dosis baja de Si	11,137 cm.	B

El análisis de varianza para el ancho de la hoja más significativa a los 148 días después de la siembra (Tabla 39), muestra un valor  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 22,411 cm y un coeficiente de variación de 34,00.

Tabla 38. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 148 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	664,97	166,243		
Tratamiento	3	856,53	285,509	4,92	0,0033
Error	91	5283,40	58,059		
Total	98				
Media General	22,411	<b>CV</b>	34,00%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 40) arroja dos grupos en el que destaca los tratamientos T4 y T1 con mayor ancho de las hojas más significativa con promedios de 25,767 cm y 24,000 cm, seguido de los tratamientos T3 con un promedio de 22,057 cm y por último el tratamiento T2 con 17,820 cm.

Tabla 39. Prueba de Tukey para ancho de a los 148 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	25,767 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	24,000 cm.	A
3	Dosis media de Si	22,057 cm.	AB
2	Dosis baja de Si	17,820 cm.	B

El análisis de varianza para el ancho de la hoja más significativa a los 176 días después de la siembra (Tabla 41), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 27,533 cm y un coeficiente de variación de 27,96%.

Tabla 40. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 176 dds.

Fuente de variación	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	Al existir
Bloque	4	1064,35	266,086			
Tratamiento	3	1335,03	445,012	7,51	0,0002	
Error	91	5394,17	59,277			
Total	98					
Media General	27,533	<b>CV</b>	27,96%			

variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 42) arroja dos grupos en el que destaca los tratamientos T4 y T1 con mayor ancho de las hojas más significativa con promedios de 32,452 cm y 28,736 cm, seguido de los tratamientos T3 con un promedio de 26,762 cm y por último el tratamiento T2 con 22,182 cm.

Tabla 41. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 176 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	32,452 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	28,736 cm.	A
3	Dosis media de Si	26,762 cm.	AB
2	Dosis baja de Si	22,182 cm.	B



El análisis de varianza para el ancho de la hoja más significativa a los 204 días después de la siembra o 84 días después de la primera aplicación (Tabla 43), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 28,685 cm y un coeficiente de variación de 25,12%.

Tabla 42. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 204 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P	
Bloque	4	899,41	224,852			AI
Tratamiento	3	1361,08	453,694	8,74	0,0000	
Error	91	4724,26	51,915			
Total	98					
Media General	28,685	CV	25,12%			

encontrar variabilidad entre los tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 44) arrojó tres grupos en los cuales el tratamiento T4 con mayor ancho de hoja significativa 34, 221 cm seguido de los tratamientos T1 y T3 con un promedio de 29,471 cm y 27,114 cm de ancho y por último el tratamiento T2 con un promedio de 23,936 cm.

Tabla 43. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 204 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	34,221 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	29,471 cm.	AB
3	Dosis media de Si	27,114 cm.	BC
2	Dosis baja de Si	23,936 cm.	C

El análisis de varianza para el ancho de la hoja más significativa a los 232 días después de la siembra o 112 días después de la primera aplicación (Tabla 45), muestra un valor  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se

Tabla 44. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 232 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	569,23	142,307		
Tratamiento	3	792,56	264,186	5,40	0,0017

Error	91	4390,25	48,245
Total	98		
Media General	29,667	<b>CV</b>	23,41%

El análisis de varianza muestra diferencia entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 46) arroja dos grupos en el que destaca el tratamiento T4 con mayor ancho de hoja significativa 33,967 cm seguido de los tratamientos T1 y T3 con un promedio de 29,915 cm y 28,790 cm ancho y por último el tratamiento T2 con un promedio de 25,998 cm.

Tabla 45. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 232 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	33,967 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	29,915 cm.	AB
3	Dosis media de Si	28,790 cm.	AB
2	Dosis baja de Si	25,998 cm.	B

El análisis de varianza para el ancho de la hoja más significativa a los 262 días después de la siembra y 142 días luego de la primera aplicación y 0 días de la segunda aplicación (Tabla 47), muestra un valor de  $p > 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 33,062 cm y un coeficiente de variación de 20,97%.

Tabla 46. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 262 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	1098,24	274,560		
Tratamiento	3	679,57	226,522	4,71	0,0042
Error	90	4327,43	48,083		
Total	97				
Media General	33,062	<b>CV</b>	20,97%		

Al obtener los resultados del análisis de varianza se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% (Tabla 48) arroja dos grupos en el que difiere el tratamiento T4 con mayor ancho de hoja

significativa 36,733 cm seguido de los tratamientos T1 y T3 con un promedio de 33,925 cm y 32,124 cm de ancho y por último el tratamiento T2 con un promedio de 29,468 cm.

Tabla 47. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 262 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	36,733 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	33,925 cm.	AB
3	Dosis media de Si	32,124 cm.	AB
2	Dosis baja de Si	29,468 cm.	B

El análisis de varianza para el ancho de la hoja más significativa a los 292 días después de la siembra, 142 días luego de la primera aplicación y 0 días de la segunda aplicación (Tabla 49), muestra un valor de  $p > 0,0500$ , lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 29,157 cm y un coeficiente de variación de 18,84%.

Tabla 48. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 292 dds.

Fuente de variación	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	307,05	76,7620		
Tratamiento	3	45,06	15,0200	0,50	0,6840
Error	90	2715,74	30,1749		
Total	97				
Media General	29,157	<b>CV</b>	18,84%		

Al no existir variabilidad entre los tratamientos, para comprobar se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 50) arroja un solo grupo homogéneo existiendo una mínima diferencia entre los tratamientos incluso de T4 que es el de mayor diámetro a T2 el de menor diámetro existe una diferencia de apenas 1,681 cm, verificando así el resultado del análisis de varianza.

Tabla 49. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 292 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	30,212 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	29,323 cm.	A
3	Dosis media de Si	28,563 cm.	A
2	Dosis baja de Si	28,531 cm.	A

El análisis de varianza para el ancho de la hoja más significativa a los 342 días después de la siembra y 80 días después de la segunda aplicación (Tabla 51), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 33,348 cm y un coeficiente de variación de 19,27%.

Tabla 50. Análisis de varianza para ancho de hoja a los 342 dds.

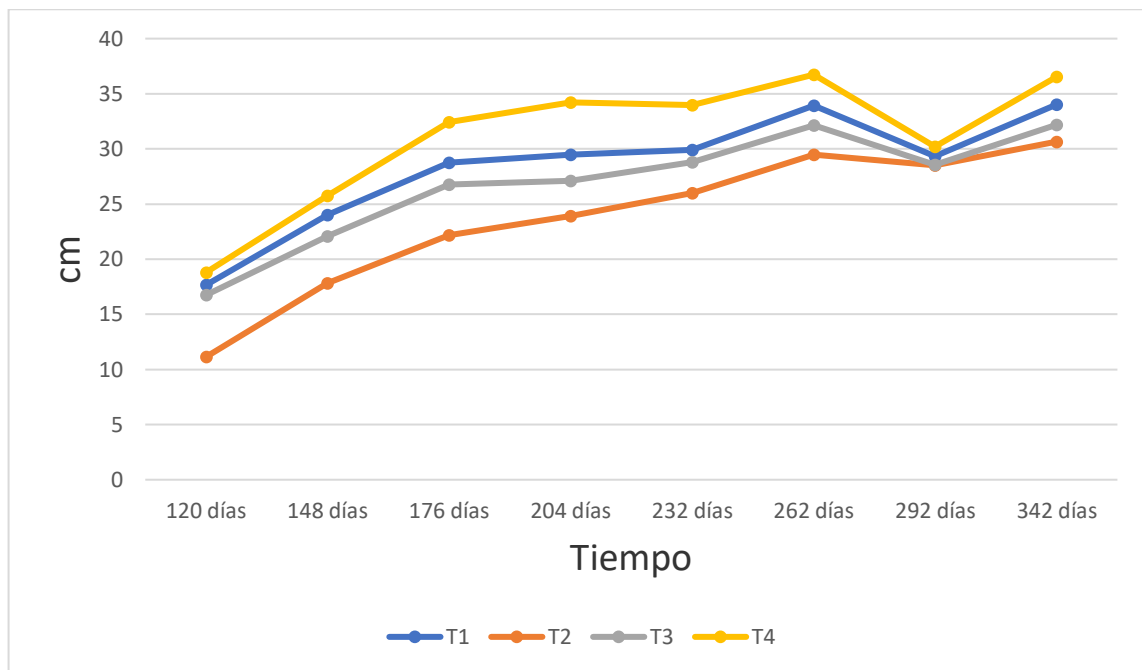
<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	918,89	225,722		
Tratamiento	3	462,01	154,003	3,73	0,0141
Error	90	3718,57	41,317		
Total	97				
Media General	33,348	<b>CV</b>	19,27%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (tabla 52) arroja dos grupos en el que destaca el tratamiento T4 con mayor ancho de hoja significativa 36,520 cm seguido de los tratamientos T1 y T3 con un promedio de 34,024 cm y 32,189 cm de ancho muy similares entre sí con una diferencia de 1,835 entre ellos y por último el tratamiento T2 con un promedio de 30,660 cm y una diferencia de 5,86 cm en relación con T4.

Tabla 51. Prueba de Tukey para ancho de hoja a los 342 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	36,520 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	34,024 cm.	AB
3	Dosis media de Si	32,189 cm.	AB
2	Dosis baja de Si	30,660 cm.	B

Se realizó un gráfico de líneas en donde se muestra el ancho de la hoja más significativa la planta de naranjilla híbrida de cada uno de los tratamientos (figura 5) en la cual se puede observar que T4 (dosis alta de silicio) es la que presenta mayor medida del follaje en sentido latitudinal, seguido de T1 y T3 (testigo y dosis media) respectivamente con medidas similares y por último T2 con menor ancho de hoja.



**Figura 5:** Ancho de hoja más significativa de la planta de naranjilla híbrido Puyo  
T1= testigo, T2= dosis baja de silicio, T3= dosis media de silicio, T4= dosis alta de silicio.

Es necesario aclarar que en primera instancia se realizó la medición en las primeras hojas de la planta y debido a la senescencia de aquella hoja se tomó datos de otras, por lo que existe variación en los datos, haciéndose esto más notorio en la medición realizada a los 792 dds.

#### 4.1.4. Largo de hoja más significativa (LHS)

El análisis de varianza para el largo de la hoja más significativa (LHS) a los 120 días después de la siembra (Tabla 53), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 21,491 cm y un coeficiente de variación de 32,29.

Tabla 52. Análisis de varianza para largo de hoja a los 120 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	245,04	61,260		
Tratamiento	3	1572,45	524,150	10,89	0,0000
Error	93	4478,06	48,151		
Total	100				
Media General	21,491	<b>CV</b>	32,29%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 54) arroja dos grupos, en el primero se ubican los tratamientos T4 con una media de 25,365 cm seguido por T1 con un promedio de 23,575 cm y T3 con 22,024 cm solo difiere el tratamiento 2 como que posee la menor longitud en la hoja significativa con un promedio de 15,0 cm.

Tabla 53. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 120 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	25,365 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	23,575 cm.	A
3	Dosis media de Si	22,024 cm.	A
2	Dosis baja de Si	15,000 cm.	B

El análisis de varianza para el largo de la hoja más significativa a los 148 días después de la siembra (Tabla 55), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 29,989 cm y un coeficiente de variación de 32,19%.

Tabla 54. Análisis de varianza para largo de hoja a los 148 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	932,81	233,202		
Tratamiento	3	1550,85	516,949	5,55	0,0015
Error	91	8480,89	93,197		
Total	98				
Media General	29,989	<b>CV</b>	32,19%		

Al encontrarse variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 56) arroja dos grupos en el tratamiento 2 es el que se encuentra rezagado de los demás y los tratamientos 4 con 33,780 cm y 1 con 33,092 cm aún se encuentran conformando el mejor grupo y el tratamiento 3 es un tratamiento que no difiere significativamente con ninguno de los dos grupos.

Tabla 55. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 148 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	33,780 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	33,092 cm.	A
3	Dosis media de Si	29,308 cm.	AB
2	Dosis baja de Si	23,777 cm.	B

El análisis de varianza para el largo de la hoja más significativa a los 176 días después de la siembra (Tabla 57), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 36,278 cm y un coeficiente de variación de 28,71%.

Tabla 56. Análisis de varianza para largo de hoja a los 176 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	Luego de
Bloque	4	1313,12	328,280			
Tratamiento	3	2050,80	683,599	6,30	0,0006	
Error	91	9872,69	108,491			
Total	98					
Media General	36,278	<b>CV</b>	28,71%			

encontrar variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 58) arroja dos grupos el tratamiento 2 como el que posee menor longitud de las hojas más significativa con un promedio de 29,514 cm, en contraste los tratamientos T4 y T1 se encuentran en el grupo A con un promedio de 41,852 y 38,673 respectivamente y T3 comparte similitudes con los dos grupos.

Tabla 57. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 176 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	41,852 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	38,673 cm.	A
3	Dosis media de Si	35,072 cm.	AB
2	Dosis baja de Si	29,514 cm.	B

El análisis de varianza para el largo de la hoja más significativa a los 204 días después de la siembra o 84 días después de la primera aplicación (Tabla 59), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 37,071 cm y un coeficiente de variación de 35,11.

Tabla 58. Análisis de varianza para largo de hoja a los 204 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	1445,93	361,481		
Tratamiento	3	2411,93	803,975	9,28	0,0000
Error	91	7882,23	86,618		
Total	98				
Media General	37,071	<b>CV</b>	25,11%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 60) arroja tres grupos en el que se destaca el tratamiento T4 por ser el que posee la mayor longitud de hoja con 44,141 cm seguido por T1 con 38,941 cm, T3 con 34,988 cm y finalmente T2 con 30,531 cm.

Tabla 59. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 204 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	44,141 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	38,626 cm.	AB
3	Dosis media de Si	34,988 cm.	BC
2	Dosis baja de Si	30,531 cm.	C



El análisis de varianza para el largo de la hoja más significativa a los 232 días después de la siembra o 112 días después de la primera aplicación (Tabla 61), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 36,621 cm y un coeficiente de variación de 24,44.

Tabla 60. Análisis de varianza para largo de hoja a los 232 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	1112,42	278,106		
Tratamiento	3	1242,35	414,118	5,17	0,0024
Error	91	7288,79	80,097		
Total	98				
Media General	36,621	CV	24,44%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 62) arroja dos grupos en los que se mira el mismo patrón, en el que, el tratamiento T4 lidera con mayor longitud de hoja con un promedio de 42,151 sin diferencia significativa con T1 y T3 que tienen promedios de 36,635 y 35,501 respectivamente mismos que a su vez se asemejan al T2 que difiere significativamente con el tratamiento T4.

Tabla 61. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 232 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	42,151 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	36,635 cm.	AB
3	Dosis media de Si	35,501 cm.	AB
2	Dosis baja de Si	32,196 cm.	B

El análisis de varianza para el largo de la hoja más significativa a los 262 días después de la siembra, 142 días después de la primera aplicación y 0 días de la segunda (Tabla 63), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 41,067 cm y un coeficiente de variación de 19,08%.

Tabla 62. Análisis de varianza para largo de hoja a los 262 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	1669,58	417,395		
Tratamiento	3	1131,51	377,170	6,14	0,0008
Error	90	5528,01	61,422		
Total	97				
Media General	41,067	CV	19,08%		

Al encontrar variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 64) arroja dos grupos en el que difiere el tratamiento T4 que es el mejor grupo en longitud de hojas con un promedio de 46,363 cm seguido muy cerca por T3 con 41,132 cm este a su vez es seguido por T1 con 39,873 y finalmente el tratamiento T2 con 36,899 cm.

Tabla 63. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 262 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	46,363 cm.	A
3	Dosis media de Si	41,132 cm.	AB
1	Solo fertilizante químico	39,873 cm.	B
2	Dosis baja de Si	36,899 cm.	B

El análisis de varianza para el largo de la hoja más significativa a los 292 días después de la siembra y 30 días después de la segunda aplicación (Tabla 65), muestra un valor de  $p > 0,0500$ , lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 38,908 cm y un coeficiente de variación de 18,04.

Tabla 64. Análisis de varianza para largo de hoja a los 292 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
<b>Bloque</b>	4	588,91	147,227		
<b>tratamiento</b>	3	106,25	35,417	0,72	0,5431
<b>Error</b>	90	4432,52	49,250		
<b>Total</b>	97				
<b>Media General</b>	38,908	CV	18,04%		

Al no encontrar variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 66) arrojando un solo grupo homogéneo confirmando lo dicho por el análisis de varianza, siguiendo aun así la tendencia en la que T4 con un promedio de 40,473 es la mejor seguido por T1 con 39,252 cm, T3 con 38.082 cm y finalmente T2 con 37,823 cm.

Tabla 65. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 292 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	40,473 cm.	A
1	Solo fertilizante químico	39,252 cm.	A
3	Dosis media de Si	38,082 cm.	A
2	Dosis baja de Si	37,823 cm.	A

El análisis de varianza para el largo de la hoja más significativa a los 342 días después de la siembra y 80 días después de la segunda aplicación (Tabla 67), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 41,765 cm y un coeficiente de variación de 16,46%.

Tabla 66. Análisis de varianza para largo de hoja a los 342 dds.

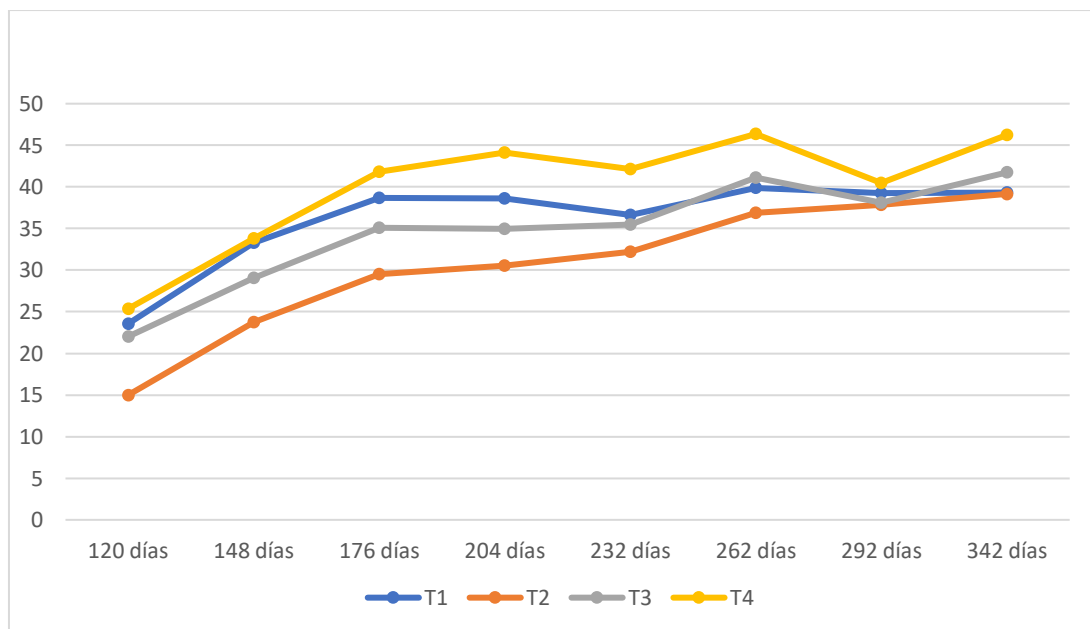
<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Bloque</b>	4	1116,02	279,005		
<b>Tratamiento</b>	3	729,96	243,319	5,15	0,0025
<b>Error</b>	90	4251,03	47,234		
<b>Total</b>	97				
<b>Media General</b>	41,765	<b>CV</b>	16,46%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 68) arroja dos grupos en el que el tratamiento 4 vuelve a tomar el protagonismo con un promedio de longitud de hoja de 46,248 cm con una mínima diferencia se encuentra T3 cuyo promedio es de 41,740 y al final se encuentran T1 y T2 con 39,913 cm y 39,161 cm respectivamente.

Tabla 67. Prueba de Tukey para largo de hoja a los 342 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	46,248 cm.	A
3	Dosis media de Si	41,740 cm.	AB
1	Solo fertilizante químico	39,913 cm.	B
2	Dosis baja de Si	39,161 cm.	B

Se realizó un gráfico de líneas en donde se muestra el largo de la hoja más significativa la planta de naranjilla híbrida de cada uno de los tratamientos (figura 6) en la cual se puede observar que T4 (dosis alta de silicio) es la que presenta mayor medida del follaje en sentido longitudinal, seguido de T1 y T3 (testigo y dosis media) respectivamente con medidas muy similares entre ellas y por último T2 con menor largo de hoja.



**Figura 6:** Largo de la hoja más significativa de la planta de naranjilla híbrido Puyo T1= testigo, T2= dosis baja de silicio, T3= dosis media de silicio, T4= dosis alta de silicio.

Es importante aclarar que en primera instancia se realizó la medición en las primeras hojas de la planta y debido a la senescencia de aquellas hojas se renovó continuamente el objeto a medir, por lo que existe cierta variación en los datos, haciéndose más notorio en las mediciones realizadas a los 232 y 292 dds, siendo claramente visible en el gráfico.

#### 4.1.5. Inflorescencia

El análisis de varianza para el número de inflorescencias (INF) a los 120 días después de la siembra (Tabla 69), muestra un valor de  $p > 0,05$ , lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 0,3383 inflorescencias y un coeficiente de variación de 180,34%.

Tabla 68. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 120 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	0,8681	0,21701		
Tratamiento	3	1,1583	0,38609	1,04	0,3798
Error	93	34,6104	0,37215		
Total	100				
Media General	0,3383	CV	180,34%		

Al no existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 70) y se obtuvo un solo grupo homogéneo confirmando que el análisis de varianza está correcto, con una tendencia marcada en la que T4 es el mejor aún sin diferencia estadística significativa con un promedio de 0,4878 brotes florales seguido por T1 con 0,3696. El CV fue extremadamente alto.

Tabla 69. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 120 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	0,4878	A
1	Solo fertilizante químico	0,3696	A
3	Dosis media de Si	0,3043	A
2	Dosis baja de Si	0,1914	A

El análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 148 días después de la siembra (Tabla 71), muestra un valor de  $p > 0,0500$ , lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 0,5972 inflorescencias y un coeficiente de variación de 99,56%.

Tabla 70. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 148 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Bloque</b>	4	2,7605	0,69012		
<b>Tratamiento</b>	3	1,1478	0,38259	1,8	0,3608
<b>Error</b>	91	32,1729	0,35355		
<b>Total</b>	98				
<b>Media General</b>	0,5972	<b>CV</b>	99,56%		

Al no encontrarse variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 72) y se obtuvo un solo grupo homogéneo.

Tabla 71. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 148 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	0,6900	A
1	Solo fertilizante químico	0,6785	A
3	Dosis media de Si	0,6005	A
2	Dosis baja de Si	0,4199	A

El análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 176 días después de la siembra (Tabla 73), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 2,0325 inflorescencias y un coeficiente de variación de 73,66%.

Tabla 72. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 176 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Bloque</b>	4	26,805	6,7013		
<b>Tratamiento</b>	3	49,867	16,6225	7,42	0,0002
<b>Error</b>	91	203,953	2,2412		
<b>Total</b>	98				
<b>Media General</b>	2,0325	<b>CV</b>	73,66%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (tabla 74) arroja dos grupos en los que difiere el tratamiento 2 como el que presenta el menor número de inflorescencias con un promedio de 0,9566.

Tabla 73. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 176 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	2,8575	A
1	Solo fertilizante químico	2,4486	A
3	Dosis media de Si	1,8672	AB
2	Dosis baja de Si	0,9566	B

El análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 204 días después de la siembra y 84 días después de la primera aplicación (Tabla 75), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 2,8362 inflorescencias y un coeficiente de variación de 64,92%.

Tabla 74. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 204 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	50,404	12,6009		
Tratamiento	3	92,430	30,8101	9,09	0,0000
Error	91	308,470	3,3898		
Total	98				
Media General	2,8362	<b>CV</b>	64,92%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 76) arroja tres grupos en los que destaca el tratamiento 4 como el mejor con un promedio del número de inflorescencias de 4,2075.

Tabla 75. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 204 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	4,2075	A
1	Solo fertilizante químico	3,1273	AB
3	Dosis media de Si	2,4868	BC
2	Dosis baja de Si	1,5232	C

El análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 232 días después de la siembra o 112 días después de la primera aplicación (Tabla 77), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 3,6249 inflorescencias y un coeficiente de variación de 65,56%.

Tabla 76. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 232 dds.

<b>Fuente de variación</b>	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	62,392	15,5980		
Tratamiento	3	105,038	35,0126	6,20	0,0007
Error	91	513,948	5,6478		
Total	98				
Media General	3,6249	<b>CV</b>	65,56%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 78) arroja dos grupos en el que difiere el tratamiento 4 como el mejor con un promedio de inflorescencias de 5,3387.

Tabla 77. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 232 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	5,3387	A
1	Solo fertilizante químico	3,5043	B
3	Dosis media de Si	3,1044	B
2	Dosis baja de Si	2,5521	B



El análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 262 días después de la siembra, 142 días después de la primera aplicación y 0 días de la segunda aplicación (Tabla 79), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 5,7685 inflorescencias y un coeficiente de variación de 52,31%.

Tabla 78: Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 262 dds.

Fuente de variación	<b>G de l</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Bloque	4	268,898	67,2245		
Tratamiento	3	165,743	55,2476	6,07	0,0008
Error	90	819,627	9,1070		
Total	97				
Media General	5,7685	<b>CV</b>	52,31%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 80) arroja dos grupos en los que se mira el mismo patrón, en el que el tratamiento 4 lidera con mayor número de inflorescencias.

Tabla 79. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 262 dds.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
4	Dosis alta de Si	7,9489	A
1	Solo fertilizante químico	5,4770	B
3	Dosis media de Si	5,2018	B
2	Dosis baja de Si	4,4461	B

El análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 292 días después de la siembra y 30 días después de la segunda aplicación (Tabla 81), muestra un valor de  $p < 0,0500$ , lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 2,3401 inflorescencias y un coeficiente de variación de 35,94%.

Tabla 80. Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 292 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	5,5003	1,37508		
Tratamiento	3	7,1238	2,37459	3,36	0,0223
Error	90	63,6580	0,70731		
Total	97				
Media General	2,3401	<b>CV</b>	35,94%		

Al existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 82) arroja dos grupos en que difiere el tratamiento 2 con un número de inflorescencias de 2,0386.

Tabla 81. Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 292 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	2,7163	A
1	Solo fertilizante químico	2,4767	AB
3	Dosis media de Si	2,1289	AB
2	Dosis baja de Si	2,0386	B

El análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 342 días después de la siembra y 80 días después de la segunda aplicación (Tabla 83), muestra un valor de  $p > 0,0500$ , lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 2,9225 inflorescencias y un coeficiente de variación de 11,16%.

Tabla 82: Análisis de varianza para el número de inflorescencias a los 342 dds.

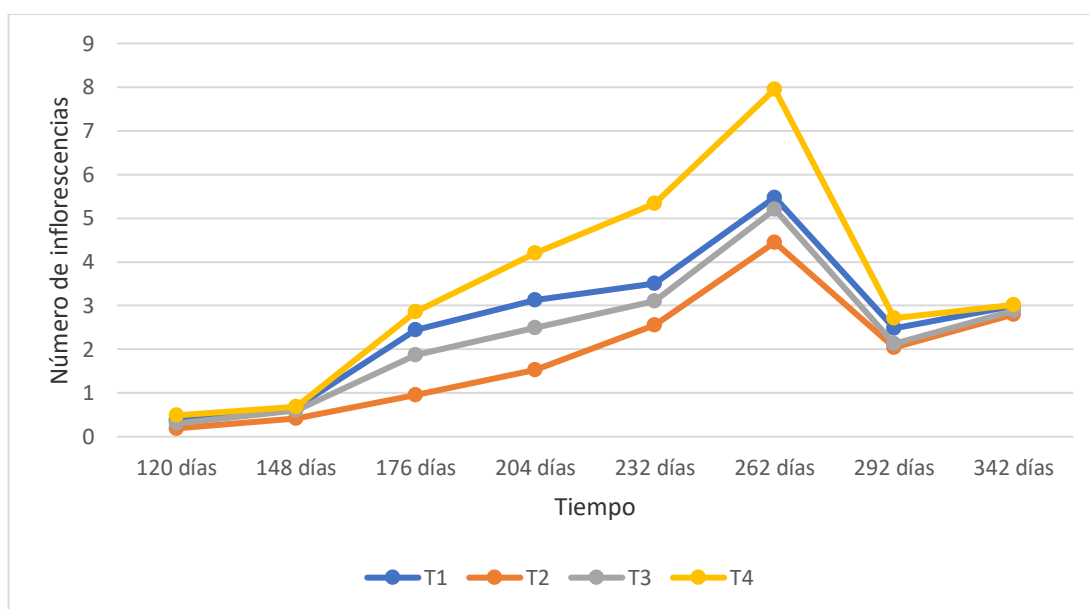
Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	0,97635	0,24409		
Tratamiento	3	0,81527	0,27176	2,55	0,0604
Error	91	9,68711	0,10645		
Total	98				
Media General	2,9225	<b>CV</b>	11,16%		

Al no existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 84) arroja un solo grupo homogéneo comprobando así, lo dicho por el análisis de varianza.

Tabla 83: Prueba de Tukey para el número de inflorescencias a los 342 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	3,0177	A
1	Solo fertilizante químico	2,9984	A
3	Dosis media de Si	2,8776	A
2	Dosis baja de Si	2,79963	A

Se realizó un gráfico de líneas en donde se muestra el número de inflorescencias en la planta de naranjilla híbrida, de cada uno de los tratamientos (figura 7) en la cual se puede observar que T4 (dosis alta de silicio) es la que presenta mayor número de inflorescencias a partir de los 204 dds. Pero vuelve a ser similar a los demás a los 292 dds seguido de T1y T3 (testigo y dosis media) respectivamente con medidas muy similares entre ellas y por último T2 con menor número de inflorescencias hasta los 262 dds luego los alcanza con un número similar.



**Figura 7:** Número de inflorescencias de naranjilla híbrido Puyo

T1= testigo, T2= dosis baja de silicio, T3= dosis media de silicio, T4= dosis alta de silicio.

Cabe aclarar que luego de los 262 dds se observa una disminución en el número de inflorescencias contabilizadas, esto sucedió porque las plantas empezaron el proceso de fructificación y a partir de los 292 dds se contabilizó únicamente los nuevos brotes florales en la parte superior de la planta.

#### 4.1.6. Rendimiento

En esta variable respuesta hubo mucha variabilidad, con CV por encima del 50%; por ende, se intentaron transformaciones para disminuir este valor, pero todas fueron infructuosas.

##### Cosecha 1

El análisis de varianza para la producción a los 360 días después de la siembra y 90 días después de la segunda aplicación (Tabla 85), muestra un valor de  $p > 0,0500$ , lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 7,376 kg y un coeficiente de variación de 57,85%.

**Tabla 84.** Análisis de varianza para el rendimiento a los 360 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	133,425	33,3563		
Tratamiento	3	39,274	13,0912	0,72	0,5596
Error	12	218,491	18,2076		
Total	19	391,190			
Media General	7,376 kg	CV	57,85%		

Al no existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 86) arroja un solo grupo homogéneo comprobando así corrobora lo dicho por el análisis de varianza.

**Tabla 85.** Prueba de Tukey para el rendimiento a los 360 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	9,2760 kg	A
1	Solo fertilizante químico	8,1460 kg	A
3	Dosis media de Si	6,2500 kg	A
2	Dosis baja de Si	5,8320 kg	A

##### Cosecha 2

El análisis de varianza para la producción a los 396 días después de la siembra y 116 días después de la segunda aplicación (Tabla 87), muestra un valor de  $p > 0,0500$ , lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 40,638 kg y un coeficiente de variación de 80,11%.

**Tabla 86.** Análisis de varianza para el rendimiento a los 396 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	1524,9	381,22		
tratamiento	3	4275,3	1425,09	1,34	0,3063
Error	12	12719,2	1059,93		
Total	19	18519,4			
Media General	40,63 kg	CV	80,11%		

Al no existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 88) arroja un solo grupo homogéneo comprobando así lo establecido por el análisis de varianza.

**Tabla 87.** Prueba de Tukey para el rendimiento a los 396 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	55,526 kg	A
1	Solo fertilizante químico	54,110 kg	A
3	Dosis media de Si	31,446 kg	A
2	Dosis baja de Si	21,470 kg	A

### Cosecha 3

El análisis de varianza para la producción a los 420 días después de la siembra y 90 días después de la segunda aplicación (Tabla 89), muestra un valor de  $p > 0,0500$ , lo cual indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Se observa una media general de 42,41 kg y un coeficiente de variación de 50,62%.

**Tabla 88.** Análisis de varianza para el rendimiento a los 420 dds.

Fuente de variación	G de l	SC	CM	F	P
Bloque	4	3078,5	769,617		
tratamiento	3	1463,9	487,983	1,06	0,4026
Error	12	5529,5	460,791		
Total	19	10071,9			
Media General	42,41 kg	CV	50,62%		

Al no existir variabilidad entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey al 5% (Tabla 90) arroja un solo grupo homogéneo comprobando así lo dicho por el análisis de varianza.

**Tabla 89.** Prueba de Tukey para el rendimiento a los 420 dds.

Tratamiento	Descripción	Media	Grupos homogéneos
4	Dosis alta de Si	51,145 kg	A
1	Solo fertilizante químico	49,390 kg	A
3	Dosis media de Si	39,256 kg	A
2	Dosis baja de Si	29,848 kg	A

Se realizó un gráfico de líneas en donde se muestra el rendimiento en la planta de naranjilla híbrida, de cada uno de los tratamientos (figura 8) en la cual se puede observar que T4 (dosis alta de silicio) es la que presenta mayor rendimiento, seguido de T1 (testigo) el cual obtuvo un rendimiento muy similar a T4, luego esta T3 (dosis media de silicio) y por último T2 (dosis baja de silicio) es el que presenta menor rendimiento.

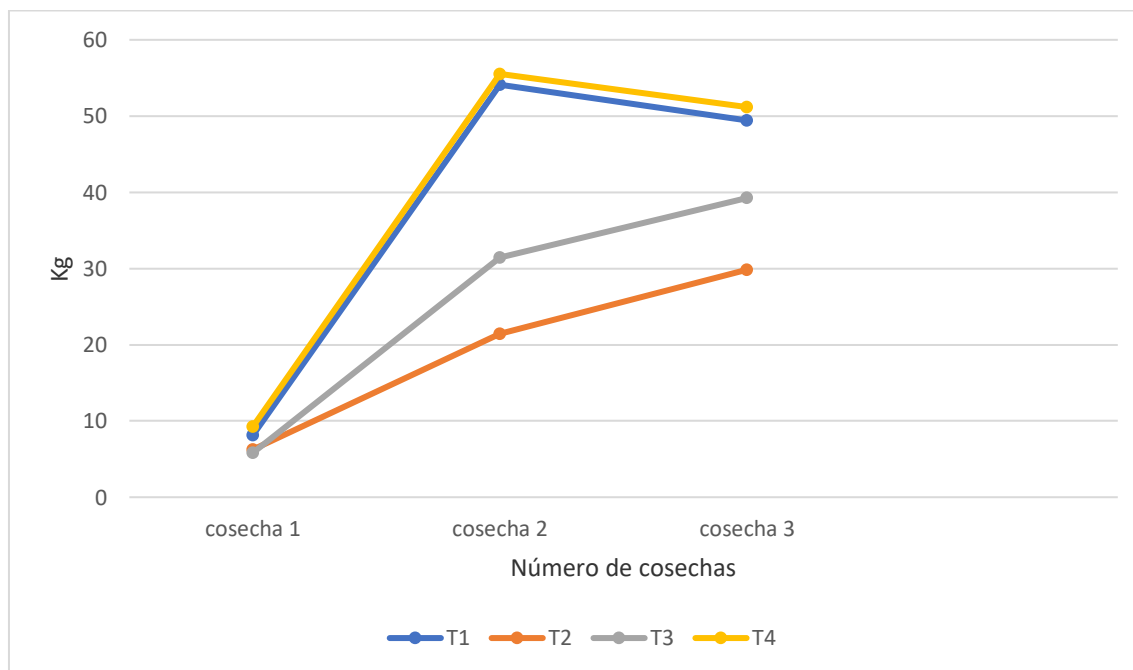


Figura 8: Rendimiento de naranjilla híbrida Puyo en tres cosechas

T1= testigo, T2= dosis baja de silicio, T3= dosis media de silicio, T4= dosis alta de silicio.

#### 4.1.7. Análisis de factibilidad económica.

En la relación costo/beneficio (tabla 91) se muestra como el T4 (silicio dosis alta) obtiene un valor mayor con 0,27 dólares obtenidos por cada dólar invertido, seguido por T1 (testigo) con una relación de 0,25, T3 y T2 (silicio dosis media y baja) muestran una relación negativa generando pérdidas económicas de -0,15 y -0,36 respectivamente.

Tabla 90. Relación costo beneficio.

Tratamientos	costo/ tratamiento	Kg/ha	venta (\$)	utilidad (\$)	costo/ beneficio
(T1) testigo	3492,3	8931,68	4376,52	884,22	0,25
(T2) dosis baja de silicio	3544,8	4605,44	2256,67	-1288,13	-0,36
(T3) dosis media de silicio	3559,8	6122,72	3000,13	-559,67	-0,15
(T4) dosis alta de silicio	3574,8	9275,84	4545,16	970,36	0,27

Tras analizar los resultados de tabla costo/beneficio podemos considerar el uso de silicio en dosis alta como una propuesta económicamente factible, porque es la que presenta un mayor índice de ganancia de 0,27 dólares por cada dólar de inversión, incluso mayor al testigo que es el que presenta una menor inversión y por ende se espera una mayor rentabilidad, lo que no sucede con las aplicaciones de las dosis media y baja.

## 4.2.DISCUSIÓN

La variable altura de planta muestra diferencias entre tratamientos, de los cuales T4 (Silicio dosis alta) obtuvo un mayor desarrollo en todas las observaciones realizadas con una diferencia de 15,15 cm en promedio con el tratamiento T1 (Testigo); similares resultados encontraron (Carlos, 2021) y (Jimenez Franco , 2016) al probar el acompañamiento de silicio en la fertilización de soca de arroz por inundación y maíz *Zea mays L.* respectivamente.

Investigaciones con plantas que recibieron fertilización con silicio obtuvieron una altura de planta mayor a aquellas que no se aplicó, Aguirre et al, (2012) citado por (Veas, 2020) explican que las plantas que crecen en ausencia de silicio frecuentemente son más débiles estructuralmente, y tienen menor tamaño, desarrollo, viabilidad y su reproducción es anormal. Lo que lleva a entender el motivo por el cual la dosis alta de silicio como acompañamiento en la fertilización, mejora el crecimiento de las plantas. Hay que acotar que la diferencia entre el testigo y la dosis media es de apenas 1,48 cm, la cual es muy baja para ser representativa, a pesar de este comportamiento positivo que presentan las plantas tratadas con silicio en la fertilización edáfica, el tratamiento 2 (Silicio en dosis baja) es el que menor promedio de altura de planta presentó, siendo la aleatorización realizada un motivo importante para que se dieran estos resultados, puesto que las parcelas de este tratamiento se ubicaron en su mayoría en el peor sector del ensayo de allí que su crecimiento fue inferior al del resto de tratamientos.

En la variable diámetro de tallo existen diferencias significativas hasta el día 292 después de la siembra; esta diferencia desaparece para el día 342 después de la siembra, a pesar de esto la tendencia muestra que el tratamiento T4 (Silicio dosis alta) destaca sobre el resto debido a que, el silicio es un elemento que, en acompañamiento a la fertilización, promueve un mayor desarrollo celular y en consecuencia un mayor diámetro de tallo (Caicedo y Chavarriga , 2018). Adicionalmente, el diámetro se ve igualado debido a que la aplicación de silicio en la fertilización mejora el diámetro de tallo hasta en un 40% con respecto al testigo sin silicio, solo en las primeras etapas del cultivo, así lo menciona (Velazquez, 2010).

Los resultados de las variables ancho y largo de hoja, muestran significancia estadística en la mayoría de observaciones realizadas siendo en todas el tratamiento T4 el que sobresale por las dimensiones de su hoja significativa seguido por el tratamiento T1 que comparte valores muy



similares a T3 y T2, estos últimos alternan entre tercero y cuarto sin distanciarse significativamente de T1 en lo que respecta al ancho de hoja significativa en la variable largo de hoja el T4 se mantiene en el primer lugar T1 y T3 compiten por el segundo lugar en especial en las últimas tomas de datos y T2 iguala al testigo en la última toma de datos, esto demuestra que el acompañamiento de silicio mejora el desarrollo de la planta corroborado por Jumbo Tejena (2019), quien al investigar niveles de fertilización edáfica con silicato de calcio en cacao, obtuvo mayor masa foliar al aplicar una dosis alta de silicato de calcio más dosis media de urea (Jumbo Tejena , 2019).

En cuanto a las inflorescencias; los resultados muestran que siempre T4 sobresale con un mayor número de brotes florales, llegando a un pico en el día 262 después de la siembra para igualarse en la última observación realizada a los 342 días después de la siembra. Esto concuerda con Jumbo Tejena (2019), quien encuentra mayor número de brotes florales al aplicar una dosis alta de silicato de calcio sumado a urea; la posterior caída de esta variable se debe a que la planta usa un gran número de yemas para las floraciones anteriores, aun así, la tendencia continúa marcándose siendo T4 el tratamiento que sobresale a pesar de no existir significancia estadística, seguido siempre de T1, T3 y T2.

A pesar de no existir diferencias estadísticas significativas en la variable producción; se mantiene la tendencia antes mencionada, la poca diferencia en la producción se debe a que el silicio en acompañamiento a la fertilización, no parece influir directamente y a corto plazo en la productividad de los cultivos, similares resultados obtuvieron Colimba y Morales (2011) al probar fertilización con silicio en tomate de árbol. Este elemento tampoco tuvo efecto en la producción de tomate según Velazquez (2010) a pesar de que, si se observaron respuestas positivas en el área foliar y el diámetro de tallo no hubo un efecto en la productividad. No se han realizado investigaciones en cultivos perennes a largo plazo para verificar si el acompañamiento de fertilización con silicio al incrementar el vigor de las plantas mejora su productividad y vida productiva.

En el análisis factibilidad económica luego de tres cosechas realizadas, se obtuvo para cada tratamiento un valor distinto, donde T4 es el que mejor índice costo beneficio obtiene con 0,27 dólares por cada dólar de inversión, similares resultados obtuvo (Tremínio, 2017) quien tuvo una mejor rentabilidad con el uso de silicato y (Carlos, 2021) que obtuvo una relación de 0.70

con su tratamiento T2 el cual se aplicó la fertilización química en mezcla con 8kg de Si. En esta investigación el testigo T1 (fertilización química) no está muy alejada de T4 con un índice costo beneficio de 0,25 dólares por cada dólar de inversión, por el contrario, T2 (dosis baja de silicio) y T3 (dosis media de silicio) generan un margen negativo de -0,36 y -0,15 dólares respectivamente.

Dichos resultados se sustentan en la variable producción en donde T4 no tuvo una diferencia estadística significativa, pero, si un incremento en dicha variable que fue suficiente para generar mayores beneficios que los demás tratamientos, incluso superando a T1 que es el tratamiento que menor inversión requiere, aun así, al englobar los tratamientos en los que se utilizó silicio en la fertilización muestran un margen económico desfavorable en comparación con el testigo T1 (testigo químico) por la alta inversión inicial que requieren.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La utilización de silicio en dosis altas como acompañamiento de la fertilización edáfica, incrementa el desarrollo de las plantas, pero no la producción, en la que no se manifestaron beneficios a corto plazo.
- El acompañamiento de la fertilización con silicio en la etapa vegetativa del cultivo funciona de manera adecuada, mas, no así en la etapa reproductiva, ya que la variable rendimiento en las primeras tres cosechas es similar a la del testigo al cual no se le aplicó silicio.
- La implementación silicio en dosis alta (13,30 gramos por planta) en la fertilización edáfica es económicamente factible, puesto que muestra la relación costo beneficio más alta entre los tratamientos evaluados con un índice de 0,27 dólares obtenidos por cada dólar de inversión en las primeras tres cosechas
- Las dosis medias (10,88 gramos por planta) y dosis baja de silicio (8,45 gramos por planta) generan un margen económico desfavorable en relación al testigo.

## 5.2.RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los agricultores de la zona de E Chical el uso de silicio como acompañamiento de la fertilización edáfica en dosis de 13,30 gramos por planta para mejorar el vigor del cultivo de naranjilla *Solanum quitoense Lam*, en la etapa vegetativa del cultivo en una ocasión para no incrementar exageradamente la inversión inicial.
- Se recomienda realizar investigaciones enfocadas en la aplicación de Si (silicio) en la fertilización durante la etapa reproductiva del cultivo de naranjilla *Solanum quitoense Lam* para verificar si se da un efecto en la productividad a largo plazo.
- Continuar estudiando la influencia de la aplicación de silicio en la calidad de los frutos de naranjilla *Solanum quitoense Lam*.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrocilicium. (2019). *Agrocilicium.com*. Obtenido de Agrocilicium.com: <https://www.agrosilicium.com>
- Caicedo , L. M., & Chavarriga , W. (2018). Efecto de la aplicación de dosis de silicio sobre el desarrollo en almácigo de plántulas de café variedad Colombia. *Agronomía Colombiana*, 15(1), 27-37. Obtenido de [http://www.nuprec.com/Nuprec\\_Sp\\_archivos/CAFE/CAFETO\\_archivos/Literatura%20Cafe/Silicio/Silicio%20en%20caf%C3%A9%20.pdf](http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/CAFE/CAFETO_archivos/Literatura%20Cafe/Silicio/Silicio%20en%20caf%C3%A9%20.pdf)
- Caicedo Aldas, J., Ibañes Jacome, S., & Prado Chinga, A. (2019). manejo de nutrientes por sitio espezifico(MNSE)EN la fertilizacin de la naranjilla (*solanum quitoense lam*) a plena exposicion solare, en el resinto 23 de juño, canton San Miguel de los Bancos, Pichincha. 32-48. Obtenido de <http://192.99.145.142:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/153/tendencias-e-innovacion-en-agronomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=32>
- Carlos, E. (2021). Efectos del silicio como complemento edáfico en la productividad de la soca en el cultivo de arroz por inundacion. *previo a la obtencion del titulo de Ingeniero Agronomo*. Univercidad Agraria del Ecuador, Guayaquil. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/>
- Castro Lopez, W. O., & Herrera Isla, L. (2019). *La naranjilla (Solanum quitoense Lam.) en Ecuador*. Villa Clara, Cuba: Samuel Feijóo.
- Coloma , L. M. (2015). “Efecto de la aplicación foliar con dos fuentes de arroz” (*oryza sativa l*). Obtenido de Univercidad de Guayaquil: file:///C:/Users/USER
- Guayasamin, M. (2015). *Evaluación excente socioeconómico del cultivo de naranjilla*. Obtenido de Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec>
- INIAP. (2014). *tecnologia.iniap.gob.ec*. Obtenido de [tecnologia.iniap.gob.ec](http://tecnologia.iniap.gob.ec): <http://tecnologia.iniap.gob.ec>
- Jimenez Franco , E. D. (2016). *Evaluación de dosis y fuentes de silicio líquido aplicado foliarmente en el cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Obtenido de [repositorio.ug.edu.ec](http://repositorio.ug.edu.ec): <http://repositorio.ug.edu.ec>
- Jumbo Tejena , J. B. (2019). *Fertilización edáfica con tres niveles de silicato de calcio y tres de nitrógeno en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la zona de Quinsaloma*. Obtenido de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3831>

- Lozano, C. (2015). *terrassil.com*. Obtenido de terrassil.com: <http://www.terrassil.com>
- Miranda Quitagues, S. X. (2012). Evaluación de componentes tecnológicos para el manejo integrado de plagas en naranjilla (*Solanum quitoense* Lam. Var. Iniap Quitoense) en Río Negro provincia de Tungurahua. *previo a la obtencion del titulo de ingeniera agronoma*. Univercidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Mosquera, R. G. (2006). *Manual Tecnico del Cultivo de Naranjilla* . Obtenido de docplayer.es: <https://docplayer.es>
- Murillo, A., Rodríguez , A., & Murillo, Y. (2019). CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.) EN EL MUNICIPIO DE PACHAVITA, BOYACÁ. *ACTA BIOLÓGICA COLOMBIANA*, 292.
- Palacios, N. D. (2012). *Uso de tres mejoradores de retención de nutrientes en el cultivo de tomate*. Obtenido de Universidad Técnica De Ambato: <http://repositorio.uta.edu.ec>
- Piedrahíta, O. (Noviembre de 2008). *nuprec.com*. Recuperado el 15 de Enero de 2019, de [nuprec.com](http://www.nuprec.com):  
[http://www.nuprec.com/Nuprec\\_Sp\\_archivos/CAFE/CAFETO\\_archivos/Literatura%20Cafe/Silicio/Silicio%20en%20las%20plantas.pdf](http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/CAFE/CAFETO_archivos/Literatura%20Cafe/Silicio/Silicio%20en%20las%20plantas.pdf)
- Quero, E. (03 de marzo de 2015). *Nutrición con silicio y sus aplicaciones a cultivos a cielo abierto y en agricultura protegida: Un pequeño recorrido por la naturaleza*. Obtenido de engormix.com: <https://www.engormix.com/>
- Revelo, J., Viteri, P., Vásquez, W., Valverde, F., & Gallegos, P. (2010). *Manual del cultivo ecológico de la naranjilla*. Obtenido de [repositorio.iniap.gob.ec](http://repositorio.iniap.gob.ec):  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/>
- Sánchez , G. (s.f.). Las plagas de lulo y su control. 18-20.
- Tecnobior Sac. (17 de Mayo de 2018). *Como el Silicio Ayuda a las plantas a superar estrés biótico y abiótico*. Obtenido de Tecnobior Sac Tecnología Bio Órgánico: <https://www.tecnobior.com/beneficios-del-silicio-en-la-agricultura/>
- Treminio, J. (2017). *Efectos del silicato agrícola térmico al 75 % en el cultivo de arroz*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA, Managua. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01t789.pdf>
- Veas, K. (2020). *Importancia del Silicio como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto*. Univercidad Tecnica de Babahoyo, Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8198>

- Velazquez, N. (Nobiembre de 2010). *Análisis de la fertilización a base de silicio en el cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill ) en condiciones de invernadero y cultivo sin suelo*. Obtenido de repositorio.uaaan: [repositorio.uaaan.mx](http://repositorio.uaaan.mx)
- Viracucha, A. (febrero de 2017). *Efectos ocasionados al Suelo por la utilización de Agroquímicos en el Cultivo de Naranja en la Parroquia Bombón, Cantón El Chaco, 2015*. Obtenido de repositorio.utc.edu.ec: <http://repositorio.utc.edu.ec/>

## VII. ANEXOS

### Anexo 1: Certificado o Acta del Perfil de Investigación



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**  
**FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO**

### ACTA

#### DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

**NOMBRE:** Sánchez Arteaga Lenin Marcelo  
**NIVEL/PARALELO:** EGRESADO

**CÉDULA DE IDENTIDAD:** 0401921333  
**PERIODO ACADÉMICO:** unio - septiembre 2021

**TEMA DE INVESTIGACIÓN:** "Evaluación del uso de silicio en la fertilización edáfica de acompañamiento para la producción de naranjilla híbrido (Solanum quitoense Lam) en el sector El Chical, Tulcán, Carchi, Ecuador"

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

**PRESIDENTE:** MSC. ORTIZ TIRADO PAUL SANTIAGO  
**LECTOR:** MSC. MORA QUILISMAL SEGUNDO RAMIRO  
**ASESOR:** MSC. GARCÍA BOLIVAR JUDITH JOSEFINA

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del informe de investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

**EDIFICIO DE AULAS:** VIRTUAL **AULA:** VIRTUAL  
**FECHA:** viernes, 10 de septiembre de 2021  
**HORA:** 16H00

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa:	5.13
2) Trabajo escrito	2.20
<b>Nota final de PRE DEFENSA</b>	<b>7.33</b>

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el viernes, 10 de septiembre de 2021



Firmado electrónicamente por:  
**PAUL SANTIAGO  
ORTIZ TIRADO**

MSC. ORTIZ TIRADO PAUL SANTIAGO  
**PRESIDENTE**



Firmado electrónicamente por:  
**JUDITH  
JOSEFINA  
GARCIA BOLIVAR**  
MSC. GARCÍA BOLIVAR JUDITH JOSEFINA

**TUTOR**



Firmado electrónicamente por:  
**SEGUNDO RAMIRO  
MORA QUILISMAL**

MSC. MORA QUILISMAL SEGUNDO RAMIRO  
**LECTOR**

Adj.: Observaciones y recomendaciones



## Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas



### UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

#### Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

**Autor:** Lenin Marcelo Sánchez Arteaga

**Fecha de recepción del abstract:** 16 de septiembre de 2021

**Fecha de entrega del informe:** 16 de septiembre de 2021

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

#### **Observaciones:**

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Firmado electrónicamente por:  
EDISON BOANERGES  
PENAFIEL ARCOS

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc  
Coordinador del CIDEN



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI  
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

**ABSTRACT- EVALUATION  
SHEET**

**NAME:** Lenin Marcelo Sánchez Arteaga

**DATE:** 16 de septiembre de 2021

**TOPIC:** “Evaluación del uso de silicio en la fertilización edáfica de acompañamiento para la producción de naranjilla híbrido (*Solanum quitoense Lam*) en el sector El Chical, Tulcán, Carchi, Ecuador.”

MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
<b>VOCABULARY AND WORD USE</b>	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>WRITING COHESION</b>	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>ARGUMENT</b>	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>CREATIVITY</b>	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>SCIENTIFIC SUSTAINABILITY</b>	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	<b>TOTAL 9</b>		

Anexo 3: Costo de producción para el cultivo de naranjilla *solanum quitoense* Lam.

COSTO DE PRODUCCIÓN POR HECTAREA					
cultivo: de naranjilla ( <i>solanum quitoense</i> lam.)			sistema: semitecnico		
ciudad: Tulean			parroquia: El Chical		
Responsable: Lenin Marcel Sánchez Arteaga			Fecha: julio 2020		
concepto	cantidad	unidad de medida	precio unitario	total	%
<b>1.- preparación del suelo:</b>					
mano de obra	8	jornal	12	96	
herbicida	4	L	12	48	3,90%
				0	
<b>2.- cultivos directos:</b>					
mano de obra:				0	
siembra	16	jornal	10	160	
deshierbar	56	jornal	10	560	
fertilización	8	jornal	10	80	
fumigación	80	jornal	10	800	
cosecha	32	jornal	10	320	51,96%
				0	
<b>3.- materiales directos:</b>					
artecar	2000	unidad	0,25	500	13,52%
				0	
<b>fertilización:</b>					
10-30-10	8	saca	29	232	
nutriliengrara	8	L	10,5	84	
flor cuaje	4	L	8,4	33,6	
crystalan engrasa	8	Kg	5,5	44	10,65%
<b>silicio</b>					
daris alta silicio	22	kg	3,75	82,5	
daris media silicio	18	kg	3,75	67,5	5,48%
daris baja silicio	14	kg	3,75	52,5	
<b>fitosanitarios:</b>					
fungit-fin	4	L	9,5	38	
larban	4	L	14,5	58	
agrafix	12	L	6,5	78	
curamax	20	500 gr	5,5	110	
cyclabarb	4	500 gr	5,5	22	
erytek	1	L	67,5	67,5	
sikazyn	1	L	24	24	
piratar	1	L	30	30	
dacarida	1	L	12	12	
enqea	1	L	84	84	
finidar	1	L	5,2	5,2	
nopyr	1	L	6	6	14,47%
				3694,8	100,00%
<b>total carta tratamiento 1</b>				3492,3	
<b>total carta tratamiento 2</b>				3544,8	
<b>total carta tratamiento 3</b>				3559,8	
<b>total carta tratamiento 4</b>				3574,8	

#### Anexo 4. Selección y preparación del terreno.



#### Anexo 5. Desinfección de las estacas.



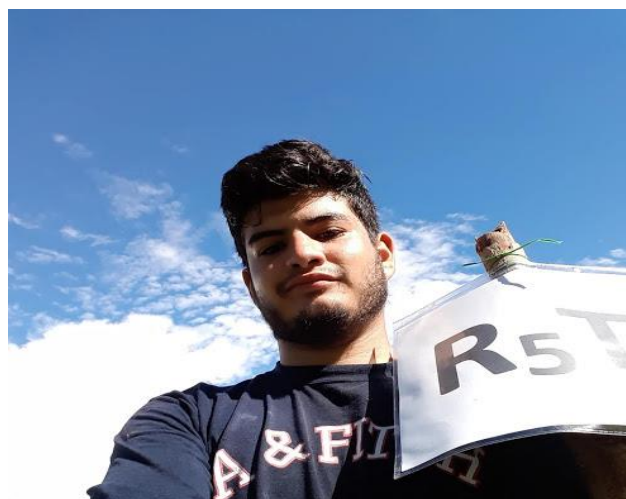
Anexo 6. Implantación del experimento (siembra).



Anexo 7. Inicio del prendimiento de estacas, primeros brotes.



Anexo 8. Identificación y señalización de tratamientos.



Anexo 9. Labores culturales deshierbas, control de plagas y enfermedades.



Anexo 10. Aplicación de los tratamientos.



Anexo 11. Recolección de datos de diámetro de tallo.



Anexo 12. Recolección de datos de hoja significativa.



Anexo 13. Plaga gusano cogollero.

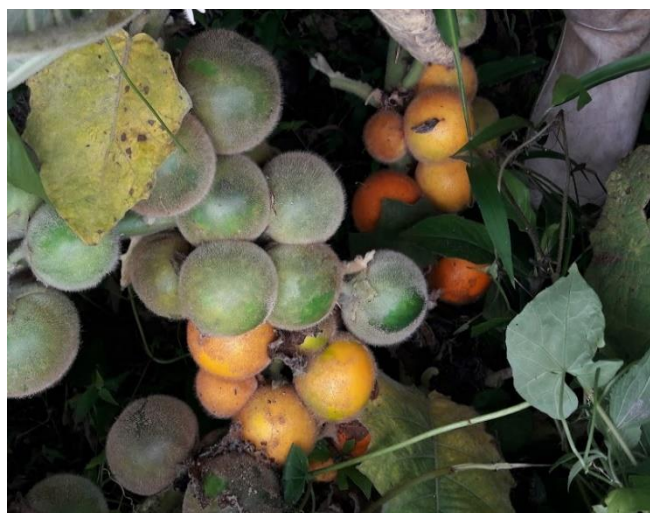




Anexo 14. Inicio de fructificación.



Anexo 15. Previo a la primera producción.



Anexo 16. Primera producción.



Anexo 17. Segunda producción.



Anexo 18. Tercera producción.



Anexo 19. Pesaje de los frutos.

