

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE FUENTES DE SILICIO EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA. ZUNIL,  
QUETZALTENANGO**

TESIS DE GRADO

**FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC**

CARNET 15459-12

QUETZALTENANGO, FEBRERO DE 2021  
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE FUENTES DE SILICIO EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA. ZUNIL,  
QUETZALTENANGO**

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, FEBRERO DE 2021  
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: MGTR. MYNOR RODOLFO PINTO SOLÍS, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: MGTR. LESBIA CAROLINA ROCA RUANO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: LIC. JOSÉ ALEJANDRO ARÉVALO ALBUREZ  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: MGTR. MYNOR RODOLFO PINTO SOLÍS  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. JOSÉ FEDERICO LINARES MARTÍNEZ  
SECRETARIO GENERAL: DR. LARRY AMILCAR ANDRADE - ABULARACH

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
VICEDECANO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
SECRETARIO: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN  
DIRECTORA DE CARRERA: MGTR. EDNA LUCÍA DE LOURDES ESPAÑA RODRÍGUEZ

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

MGTR. MARCO ANTONIO MOLINA MONZÓN

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. MARCO ANTONIO ABAC YAX



## **AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO**

- DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.
- SUBDIRECTORA ACADÉMICA: MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN
- SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN  
UNIVERSITARIA: MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ
- SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ
- SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL: MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

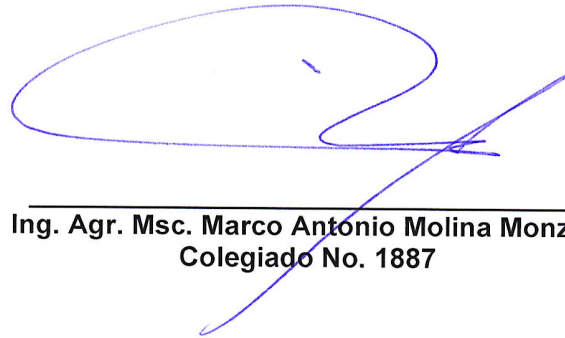
Quetzaltenango, 29 de noviembre de 2019.

Honorable Consejo de  
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente.

Distinguidos miembros del Consejo:

Por este medio hago contar que he procedido a revisar el informe final de tesis del estudiante **FRANCISCO ELEUTERIO HUIX**, que se identifica con carné **1545912**, titulada: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE FUENTES DE SILICIO EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA; ZUNIL, QUETZALTENANGO”**, la cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized loop followed by a horizontal line and a diagonal stroke.

**Ing. Agr. Msc. Marco Antonio Molina Monzón**  
**Colegiado No. 1887**



### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC, Carnet 15459-12 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 06223-2020 de fecha 13 de noviembre de 2020, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

#### **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE FUENTES DE SILICIO EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA. ZUNIL, QUETZALTENANGO**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 8 días del mes de febrero del año 2021.



MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar

# ÍNDICE

Pág.

RESUMEN	
1.	INTRODUCCIÓN ..... 1
2.	MARCO TEÓRICO..... 3
2.1.	El cultivo de cebolla ..... 3
2.1.1.	Origen del cultivo..... 3
2.1.2.	Clasificación taxonómica del cultivo ..... 3
2.1.3.	Morfología agronómica del cultivo ..... 4
2.1.4.	Requerimientos edáficos y climáticos. .... 5
2.1.5.	Plagas importantes en cebolla ..... 6
2.1.6.	Enfermedades importantes en cebolla. .... 8
2.1.7.	Variedades. .... 11
2.1.8.	Usos de la planta..... 12
2.1.9.	Importancia económica del cultivo a nivel mundial..... 14
2.1.10.	Importancia económica y distribución de la producción nacional. .... 14
2.2.	Silicio..... 15
2.2.1.	Origen del Silicio..... 15
2.2.2.	Disponibilidad del Silicio en el suelo..... 17
2.2.3.	Importancia del Silicio en la planta. .... 18
2.2.4.	Beneficios del Silicio en la agricultura..... 19
2.2.5.	Relación del Silicio y el fósforo. .... 22
2.2.6.	El Silicio en la nutrición de los cultivos..... 23
2.3.	Antecedentes..... 24
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO ..... 34
4.	OBJETIVOS ..... 36
4.1.	General..... 36
4.2.	Específicos..... 36
5.	HIPÓTESIS..... 37
5.1.	Hipótesis alternativa ..... 37
6.	METODOLOGÍA ..... 38
6.1.	Localización del trabajo..... 38
6.2.	Material experimental..... 39
6.2.1.	Cebolla variedad Santa María. .... 39

6.2.2.	Silicato de potasio.....	39
6.2.3.	Dióxido de Silicio.....	40
6.3.	Factores a estudiar .....	40
6.4.	Descripción de los tratamientos.....	41
6.5.	Diseño experimental .....	41
6.6.	Modelo estadístico.....	42
6.7.	Unidad experimental.....	42
6.8.	Croquis de campo .....	44
6.9.	Manejo del experimento .....	44
6.9.1.	Trazo del terreno.....	44
6.9.2.	Análisis de suelo.....	45
6.9.3.	Preparación del suelo.....	45
6.9.4.	Siembra del cultivo.....	45
6.9.5.	Labores culturales.....	46
6.9.6.	Programa de fertilización. ....	46
6.9.7.	Aplicación de las fuentes Silicio. ....	47
6.9.8.	Control de plagas y enfermedades.....	47
6.9.9.	Análisis foliar. ....	48
6.9.10.	Cosecha.....	49
6.10.	Variables respuesta .....	49
6.10.1.	Componentes de rendimiento .....	49
6.10.2.	Componentes de crecimiento vegetativo.....	50
6.10.3.	Contenido de nutrientes en el área foliar.....	51
6.11.	Análisis de la información .....	51
6.11.1.	Análisis estadístico.....	51
6.11.2.	Análisis de la cantidad de nutrientes en el área foliar. ....	51
6.11.3.	Análisis económico. ....	52
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	53
7.1.	Componentes de rendimiento .....	53
7.1.1.	Peso del bulbo.....	53
7.1.2.	Millares de plantas por hectárea. ....	57
7.2.	Componentes de crecimiento vegetativo.....	58
7.2.1.	Altura de planta. ....	58
7.2.2.	Número de hojas.....	61



7.2.3. Diámetro de tallo.....	63
7.2.4. Diámetro polar de bulbo.....	66
7.2.5. Diámetro ecuatorial de bulbo.....	69
7.3. Contenido de nutrientes en el área foliar.....	71
7.4. Análisis económico.....	75
8. CONCLUSIONES.....	77
9. RECOMENDACIONES.....	79
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
11. ANEXOS.....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valor nutricional de la cebolla. ....	13
<b>Tabla 2.</b> Área cultivada de cebolla por año y rendimiento en t/ha. ....	15
<b>Tabla 3.</b> Porcentaje de los elementos de la corteza de la tierra. ....	17
<b>Tabla 4.</b> Plagas y enfermedades controladas por el Silicio. ....	21
<b>Tabla 5.</b> Descripción de los tratamientos del efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango. ....	41
<b>Tabla 6.</b> Programa fertilización del cultivo de cebolla. ....	47
<b>Tabla 7.</b> Clasificación de la cebolla de acuerdo a su tamaño y peso. ....	50
<b>Tabla 8.</b> Datos de campo para la variable rendimiento, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	53
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza para la variable rendimiento, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	55
<b>Tabla 10.</b> Prueba de Tukey al 5 % para la variable rendimiento, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	56
<b>Tabla 11.</b> Datos de campo para la variable rendimiento en millares por hectárea, efectos de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	57
<b>Tabla 12.</b> Datos de campo para la variable altura de planta en centímetros, efecto de fuentes de silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	59
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza para la variable altura de planta en centímetros, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	60
<b>Tabla 14.</b> Prueba de Tukey al 5 % para la variable altura de planta en centímetros, evaluación de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	61
<b>Tabla 15.</b> Datos de campo para la variable número de hojas, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	62
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza para la variable número de hojas, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	63
<b>Tabla 17.</b> Datos de campo para la variable diámetro de tallo en centímetros, efectos de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	64
<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en centímetros, efectos de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	65
<b>Tabla 19.</b> Prueba de Tukey al 5 % de diámetro de tallo en centímetros en el cultivo de cebolla, evaluación de fuentes de Silicio; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	66
<b>Tabla 20.</b> Datos de campo del diámetro polar del bulbo en centímetros en el cultivo de cebolla, evaluación de fuentes de Silicio; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	67
<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro polar del bulbo en centímetros, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	68
<b>Tabla 22.</b> Prueba de Tukey al 5 % para la variable diámetro polar del bulbo en centímetros, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	69
<b>Tabla 23.</b> Datos de campo para la variable diámetro ecuatorial del bulbo en centímetros, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	70
<b>Tabla 24.</b> Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial del bulbo en centímetros, efectos de fuentes Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	71

<b>Tabla 25.</b> Contenido nutricional del área foliar en macronutrientes (%) y micronutrientes (ppm), evaluación de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	72
<b>Tabla 26.</b> Resultado del análisis de suelo de macronutrientes y micronutrientes (ppm) del área experimental, Zunil, Quetzaltenango, 2017. ....	73
<b>Tabla 27.</b> .....	74
Análisis de los parámetros del suelo del área experimental, Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	74
<b>Tabla 28.</b> Costos de producción por hectárea, evaluación de fuentes de silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.....	75
<b>Tabla 29.</b> Resumen de variables, evaluación de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Unidad experimental para la evaluación del efecto de fuentes de silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	43
<i>Figura 2.</i> Distribución de los tratamientos para la evaluación de fuentes de silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018. ....	44

## RESUMEN

La evaluación se realizó en el municipio de Zunil del departamento de Quetzaltenango; el objetivo fue evaluar dos fuentes de Silicio aplicadas vía foliar en cuatro aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo de cebolla, evaluando cinco tratamientos que fueron los siguientes: tratamiento uno silicato de potasio + fertilizante; tratamiento dos dióxido de silicio + fertilizante; tratamiento número tres silicato de potasio + 0 fertilizantes; tratamiento número cuatro dióxido de silicio + 0 fertilizantes y el tratamiento número cinco fue el testigo relativo. En esta investigación se utilizó el diseño estadístico de bloques completos al azar el cual constó de cinco tratamientos y cinco repeticiones. El factor estudiado fue el efecto de dos fuentes de Silicio sobre componentes de rendimiento, como peso de bulbo en t/ha, millares de planta por hectárea y los siguientes componentes de crecimiento vegetativo: altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, además de ello también se realizó un análisis del contenido de nutrientes del área foliar y un análisis económico de rentabilidad. De acuerdo a los resultados obtenidos fue el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizantes) el que presentó los mejores resultados ante los demás tratamientos establecidos durante la evaluación, ya que con este tratamiento se logró un rendimiento de 58.35 t/ha y una rentabilidad de 41.94%; seguido del tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizante) el cual tuvo un rendimiento de 57.63 t/ha y una rentabilidad de 39.81 %.

# 1. INTRODUCCIÓN

Según el Ministerio de Agricultura y Alimentación (MAGA, 2015) la cebolla es un cultivo importante debido a que esta actividad genera 1,779,360 empleos directos y 6,355 empleos permanentes que contribuyen a la economía de cada lugar. La producción nacional de la cebolla se encuentra distribuida de la siguiente forma: Quiché 33%, Jutiapa 18%, Huehuetenango 14%, Quetzaltenango 13%, Santa Rosa 5%, Sololá 5% y los demás departamentos de la República suman el 11% restante.

El cultivo de cebolla es el producto principal del municipio de Zunil, Quetzaltenango, considerando el de mayor producción, en comparación con otros cultivos; el producto es comercializado en el suroccidente del país y es exportado a los países vecinos como El Salvador y Honduras.

Se ha evidenciado bajos rendimientos por unidad de área y diámetro de bulbo en el cultivo de cebolla, el cual es un efecto de varios factores que influyen en la producción como: el suelo, el clima, plagas y enfermedades, provocando bajas en la producción que afectan a los agricultores directamente, ya que el producto es de baja calidad y se venden a menor precio, que por lo mismo afecta en la exportación del cultivo.

En función de lo anterior se pretende incorporar al plan nutricional del cultivo un elemento tan importante como el Silicio, con la finalidad de mejorar la calidad de la producción y obtener mejores rendimientos; se evidencia que la presencia de Silicio en la planta tiene una serie de beneficios, como lo es por inducción de resistencia y protección contra diversos factores ambientales bióticos y abióticos. De esta manera se estaría aportando conocimiento y tecnología a los pequeños agricultores, para que puedan mejorar sus ingresos y mejorar su nivel de vida.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cinco repeticiones haciendo un total de veinticinco unidades experimentales, siendo el tratamiento uno (silicato de potasio + fertilización), tratamiento dos (dióxidos de silicio + fertilización), tratamiento tres (silicato de potasio sin fertilizantes), tratamiento cuatro (dióxido de silicio sin fertilizantes), tratamiento cinco (testigo relativo, se tomó en cuenta fertilizantes al suelo y foliares que el agricultor utiliza). En las dos fuentes de silicio se utilizó una dosis del 30%.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. El cultivo de cebolla

#### 2.1.1. *Origen del cultivo*

Existen dudas en cuanto al centro de origen de la cebolla. Hasta la fecha no han sido encontradas especies silvestres de *A. cepa*. La mayoría de los botánicos están de acuerdo con Vavilov que designó a Asia Central (Pakistán), como su posible centro de origen, debido a la gran diversidad de plantas invasoras del género *Allium* encontradas en esa región. Por otro lado, el oriente próximo y la región del Mediterráneo son considerados como posibles centros de domesticación (centros de origen secundarios).

El cultivo de la cebolla es muy antiguo, evidencias arqueológicas del año 3.200 a.C. muestran que los egipcios lo usaron como alimento, en rituales religiosos y en medicina. La domesticación de la cebolla estuvo basada probablemente en selección de caracteres de planta y bulbo, a través de la selección, efectuada antes del florecimiento (Vallejo & Estrada, 2004).

#### 2.1.2. *Clasificación taxonómica del cultivo*

Reino:	Plantae
División:	Tracheophyta
Clase:	Angiospermae
Subclase:	Monocoriledonae
Orden:	Liliflorales
Familia:	Liliaceas
Género:	<i>Allium</i>



Especie: *Cepa*

Nombre científico *Allium cepa*

(Gudiel, 2010).

### **2.1.3. Morfología agronómica del cultivo**

Según Casaca (2005), es una planta bianual, a veces vivaz de tallo reducido a una plataforma que da lugar por debajo a numerosas raíces y encima a hojas, cuya base carnosa e hinchada constituye el bulbo.

**Raíces.** El sistema radicular es muy superficial, alcanza una profundidad de 0.45 m su mayor volumen de raíces se ubica en los primeros 0.30 m; la parte basal del bulbo está formada por una placa de tallos donde se forman las raíces adventicias y más adelante en el desarrollo de la planta se forman raíces a los lados de la placa basal. Debido a que la cebolla tiene una sola raíz primaria, el desarrollo de la planta depende de la formación de raíces adventicias, que están continuamente desintegrándose y siendo reemplazadas por nuevas (Moreira & Hurtado, 2003).

**Tallos.** La cebolla presenta dos tipos de tallos. Un tallo verdadero situado en la base de los bulbos, de donde brotan las yemas, las hojas y las raíces y el otro tallo que brota del escapo floral. Durante el primer año de vida de la planta, el tallo alcanza una altura de 0.5 a 1.5 centímetros, con un diámetro de 1.5 a 2.0 centímetros, es de forma tabular y hueco alcanzando una altura hasta de 150 centímetros (Medina, 2008).

**Hojas.** Las hojas de la cebolla están constituidas por una parte basal. Las hojas son cilíndricas, huecas, algunas veces cerosas y están formadas por vaina que se antepone a otras. Las hojas constan de dos partes: el limbo y la vaina. El conjunto de hojas forma el falso tallo

en su parte superior y en la parte inferior al bulbo, generalmente desarrollan una hoja de uno a nueve días. La cebolla cuando tiene las condiciones óptimas de crecimiento, puede formar entre doce a veinte hojas dependiendo del cultivar, manejo agronómico y la época de siembra. No obstante, se ha encontrado que existe una correlación muy marcada entre la variedad y la época de siembra con el número de hojas. El follaje de la cebolla crece hasta que las condiciones externas favorezcan la formación y desarrollo del bulbo (Medina, 2008).

**Bulbos.** Está formado por numerosas capas gruesas y carnosas al interior, que realizan las funciones de reserva de sustancias nutritivas necesarias para la alimentación de los brotes y están recubiertas de membranas secas, delgadas y transparentes, que son base de las hojas. La sección longitudinal muestra un eje caulinar llamado corma, siendo cónico y provisto en la base de raíces fasciculadas (Casaca, 2005).

#### **2.1.4. Requerimientos edáficos y climáticos**

Durante el crecimiento tolera temperaturas bajas, pero para formar bulbo necesita temperaturas más elevadas (20-25° C) y días largos, es decir de doce a dieciséis horas de luz aproximadamente. Menos horas de luz que las requeridas, (días cortos) producirán crecimiento de hojas solamente. El fotoperiodo es la longitud del día necesaria para el comienzo de la bulbificación. El día crítico, depende de la variedad, y varía entre doce y dieciséis horas de luz (Goites, 2008).

Así por ejemplo la variedad Santa María es de días largos, necesita más de catorce horas de luz, es recomendada para Centroamérica para siembras de enero a mayo, mientras que la variedad

White Album y White Dawn son de días cortos, necesitan de doce horas luz, la cual es recomendada para siembras de agosto a diciembre (Bejo, 2017).

Suelo: prefiere suelos sueltos, sanos, profundos, ricos en materia orgánica, de consistencia media y no calcárea. Los aluviones de los valles y los suelos de transporte en las dunas próximas al mar le van muy bien. En terrenos pedregosos, poco profundos, mal labrados y en los arenosos pobres, los bulbos no se desarrollan bien y adquieren un sabor fuerte. “El intervalo para repetir este cultivo en un mismo suelo no debe ser inferior a tres años, y los mejores resultados se obtienen cuando se establece en terrenos no utilizados anteriormente para cebolla” (Casaca, 2005).

Humedad: es muy sensible al exceso de humedad, pues los cambios bruscos pueden ocasionar el agrietamiento de los bulbos. Una vez que las plantas han iniciado el crecimiento, la humedad del suelo debe mantenerse por encima del 60% del agua disponible en los primeros 40 centímetros del suelo. El exceso de humedad al final del cultivo repercute negativamente en su conservación. Se recomienda que el suelo tenga una buena retención de humedad en los 15-25 cm, superiores del suelo. “pH: La cebolla es medianamente sensible a la acidez, oscilando el pH óptimo entre 6-6.5” (Casaca, 2005).

#### ***2.1.5. Plagas importantes en cebolla***

Un apreciable número de especies de insectos y otros organismos están registrados en la literatura como plagas actuales o potenciales de las liliáceas que se cultiva como hortalizas. Las plagas que atacan el ajo, las cebollas y el puerro, igual que otras hortalizas cultivadas en el país, pueden distribuirse en dos grupos: plagas del suelo y plagas del follaje (León, 2007).

***Polilla de la cebolla*** (*Acrolepiopsis assectella*). “Afortunadamente, en muy contadas ocasiones se puede observar en los cultivos de cebolla plantas que presenten las hojas más jóvenes cortadas, prácticamente destruidas, y, como consecuencia de ello, muertas” (García, 2003).

“Esta grave sintomatología es la causada por el insecto llamado *Acrolepiopsis assectella* (Zeller), conocido vulgarmente como “tiña” o “taladro” del puerro, precisamente porque en esta hortícola, también Liliácea, los daños sí son muy a menudo de importancia” (García, 2003).

En la cebolla, las larvas de esta mariposa, en sus primeras fases, perforan las hojas y se introducen en su interior, alimentándose desde allí del tejido sub-epidérmico, acción que queda de manifiesto al exterior por las áreas irregulares y de color blanquecino que se forman en las hojas. En un segundo estadio de evolución se dirigen al centro de la planta y se alimentan a base de las hojas jóvenes, que cortan y destruyen totalmente (García, 2003).

***Mosca de la cebolla*** (*Delia antiqua*). Esta es una plaga específica de la cebolla, registrada causando daño en la mayoría de zonas productoras de Colombia, tanto en cebolla de bulbo como en rama. Las larvas perforan el tallo a la altura del cuello de la raíz y barrenan los bulbos ocasionando amarillamiento y marchitez de la planta; en bulbos pequeños dejan solo la cubierta exterior, la cual más tarde se pudre. En esta forma la plaga puede afectar sensiblemente la producción y la calidad del producto. Sus ataques son más frecuentes en suelos húmedos con alto contenido de materia orgánica (León, 2007).

***Minador de la cebolla*** (*Liriomyza cepae*). Es un insecto que deposita sus huevecillos dentro del tejido de las hojas, al eclosionar la larva se alimenta formando galerías, provocando que las hojas se sequen de arriba hacia abajo, en infestaciones grandes causan la muerte de las hojas por lo que disminuyen la calidad del bulbo (Martínez, 2014).

***Trips (Trips tabaci).*** Son insectos muy pequeños que raspan superficialmente las estructuras de la planta y chupan el contenido de la célula. Los adultos y las ninfas, al alimentarse, causan punteados o pequeñas manchas cloróticas plateadas en los tejidos, y deformaciones en las hojas. En cebolla y ajo ocasionan secamiento desde la punta de la hoja hacia las bases. Los trips son una plaga importante en épocas secas cuando las poblaciones aumentan (León, 2007).

***Nematodos de hoja y bulbo (Ditylenchus dipsaci).*** El nematodo *D. dipsaci* puede afectar plantas de ajo y cebolla en cualquier etapa de su desarrollo. Los signos en ajo y cebolla de bulbo son semejantes; las plantas presentan enanismo y amarillamiento descendente, iniciándose en las hojas externas más viejas; se producen bulbos pequeños, la cantidad de raíces disminuye, los bulbos se hinchan y se agrietan, toman una consistencia blanda, esponjosa, se desmorona cuando se hace presión, sobre ellos, las escamas se desprenden de la base del tallo y finalmente el bulbo se desprende (León, 2007).

#### **2.1.6. Enfermedades importantes en cebolla**

Las plantas de ajo, puerro y en general aquellas plantas pertenecientes al género *Allium* son susceptibles a enfermedades causadas por hongos, bacterias, nematodos, y virus. Algunas ocurren en el campo afectando la calidad y/o la producción, otras tanto en campo como en el almacenamiento, causando significativas reducciones en rendimiento (León, 2007).

***Mancha purpura (Alternaría porri).*** En el inicio parecen pequeñas manchas, una coloración rojiza, a medida las lesiones envejecen se observan anillos concéntricos, los tejidos más próximos se tornan rojizos, rodeados por un halo necrótico. Los daños ocurridos en el cuello

pueden extenderse al bulbo, desarrollándose lesiones amarillentas o cobrizas (Moreira & Hurtado, 2003).

**Podredumbre del cuello *Botrytis aclada* (syn. *Botritis allii*).** La podredumbre del cuello de la cebolla es un grave problema a nivel mundial para el cultivo de ésta especie. La enfermedad surge durante el almacenamiento y el transporte y puede provocar pérdidas considerables. Los bulbos presentan, en general, un cuello blando. Si se realiza un corte transversal, puede observarse que las distintas capas empiezan a ponerse de color marrón, gris o negro a partir del cuello. En ocasiones, se puede ver un desarrollo fúngico de color blanco o grisáceo. El hongo de la podredumbre del cuello puede entrar en él a través del disco basal o de tejidos dañados, y es en este lugar donde aparecerán los síntomas de la enfermedad. En un estadio posterior, el bulbo se marchita y queda cubierto con un micelio gris. En ocasiones, éste presenta, además, grandes esclerocios (León, 2007).

**c. *Botritis de la hoja* (*Botrytis squamosa*).** Es causada por cualquier especie del género *Botrytis*. Es una enfermedad en donde el hongo no puede penetrar directamente el tejido de plantas robustas. Pero puede ser ayudado por factores que debilitan a la planta como insectos, mal nutrición, etc. En pocos días las plantas se cubren de lesiones blancuzcas. Todo el follaje de un campo puede ser afectado, ponerse café y caerse en un período de una semana (Laguna & López, 2004).

**d. Podredumbre basal (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Cepae*).** Se inicia en la base de los bulbos, extendiéndose a las raíces, produce amarillamiento y marchitez del follaje, comienza por el ápice foliar al momento de la cosecha. Los síntomas pueden ser poco aparentes, excepto por un ablandamiento de la base de los bulbos, también es posible observar podredumbre de raíces que se

tornan cristalinas. Las plantas enfermas no ofrecen resistencia al tratar de arrancarlas. En bulbos almacenados se desarrolla una pudrición blanda y acuosa (Moreira & Hurtado, 2003).

*e. Moho azul (penicillium spp.)* En los bulbos afectados generalmente no se observa la presencia del patógeno con facilidad, pues la infección va precedida por algún tipo de daño mecánico. En los dientes o capas externas del bulbo, se aprecian lesiones amarillo pálidas, luego aparecen colonias blancas; cuando el hongo esporula toma un color azul verdoso y la degradación de los tejidos del bulbo es rápida; las escamas más externas cubren el daño e impiden detectar el desarrollo de la enfermedad hasta estados muy avanzados (León, 2007).

*f. Mildium (Peronospora destructor).* El Mildium de la cebolla puede encontrarse prácticamente en la totalidad de las regiones más importantes de crecimiento de la cebolla. En época de humedad aparece sobre las hojas una cubierta fungosa de color grisáceo que luego se vuelve oscura. Si las condiciones ambientales cambian, la lesión puede desarrollarse en el centro de la hoja, luego se dobla y se seca desde el punto hasta el ápice. Cuando se presentan las infecciones de baja intensidad, el amarillamiento de las hojas se puede confundir con maduración normal (León, 2007).

*g. Enfermedades de las puntas blancas (Phytophthora porri).* Las primeras manifestaciones se reconocen por la presencia de pequeñas manchas alargadas o elípticas e irregulares, un poco hundidas, de color blanco y en ocasiones gris claro en el centro; algunas veces se aprecia un margen azuloso. Estas manchas pueden coalescer y necrosar grandes áreas del follaje, dando la apariencia de un secamiento generalizado en las puntas de la hoja (León, 2007).

*h. Podredumbre blanca. (Sclerotium cepivorum).* En muchos casos, al observar plantaciones de cebolla ya en plena fase vegetativa, se puede detectar algunas plantas aisladas o

rodales más o menos extensos de las mismas, que han perdido el ritmo de crecimiento, presentan las primeras hojas que brotaron, las más viejas, secas y las dos o tres siguientes con un color claramente amarillento, lejos del verde normal de las restantes. Si se dispone a arrancar alguna de estas plantas se aprecia, al tocarlas, que la textura de las hojas amarillentas no es normal, sino más blanda y húmeda que el resto. Al arrancarlas se observa, también la escasa resistencia que ofrecen debido a que, en gran parte, las raíces están ya afectadas. Una vez arrancadas, en muchas ocasiones, el bulbo, todavía muy joven, no presenta tampoco la dureza ni la consistencia normal y, además, empieza a mostrar, tímidamente, un micelio blanco a modo de algodón, situación que se repite, si se compara, con las plantas vecinas que, muestran síntomas foliares idénticos (García, 2003).

## **2.2. Variedades.**

Generalmente se van a buscar variedades, que además de adecuarse bien a las condiciones de cultivo, presenten homogeneidad, buena conservación, sabor menos acre, precocidad, en ocasiones resistencia a enfermedades o al frío, eliminación de algunos defectos como la germinación precoz y las condiciones ambientales de la localidad (Casaca, 2005).

Existe una gran cantidad de variedades disponibles para la producción comercial; año con año las casas productoras sacan a la venta semillas para satisfacer la demanda más exigente de los productores, así como de los consumidores y de las múltiples industrias que procesan este producto (Casaca, 2005).

De acuerdo con Casaca (2005), los criterios de más importancia para la clasificación son: duración en horas luz del día (Fotoperiodo), de días cortos, de diez a doce horas, de días intermedios, de trece a catorce horas de días largos, más de quince horas.



Forma del bulbo maduro: globo achatado, globo redondo, globo cilíndrico, torpedo, trompo, achatada, achatada alta, achatada gruesa (Moreira & Hurtado, 2003).

Color del bulbo: blancos, rojos, morados, amarillos, dorados” (Moreira & Hurtado, 2003).

Según la pungencia; este es el sabor y olor picante de la cebolla, el cual se debe a compuestos como el sulfuro de alilo presente en el bulbo, tenemos las variedades: con pungencia alta, con pungencia media y con pungencia baja. Generalmente, las variedades más pungentes son las rojas y moradas (Casaca, 2005).

Según el uso las cebollas pueden destinarse a varios usos; los principales son: bulbos inmaduros, cebollines, cebollas con hojas. Bulbo maduro, para deshidratación, para envasado (cebolla tipo perla) (Casaca, 2005).

### ***2.2.1. Usos de la planta***

***a. En el consumo humano.*** La cebolla se usa para condimentar las comidas y en la conformación de muchos platos. Se puede consumir en estado fresco y en forma deshidratada para formar parte de otros condimentos, para ser usada en guisos, sopa etc., es rica en vitaminas A, B, y C (Medina. 2008).

**Tabla 1.***Valor nutricional de la cebolla.*

---

<b>Composición química por cada 100 gramos de cebolla</b>		
Agua	92	G
Calcio	60	Mg
Hierro	1.9	Mg
Fósforo	33	Mg
Potasio	257	Mg
Sodio	4	Mg
Carbohidratos	5.6	G
Fibra	0.8	G
Grasa	0.1	G
Proteína	1.7	G
Ácido ascórbico	45	Mg
Vitamina A	25	UI
Energía	25	Kcal

---

(Laguna &amp; López, 2004)

**b. Medicinal.** Se usa como antiséptico, diurético, para tumores, como jarabe para la tos, posee acción bacteriana, ayuda a la digestión, mejora la presión arterial y es un anti-oxidante, entre otros usos (Medina, 2008).

La Cebolla es usada como: condimento, fresca, uso medicinal para controlar toses, resfríos, males del estómago, cáncer y problemas del corazón (Laguna & López, 2004).

### ***2.2.2. Importancia económica del cultivo a nivel mundial.***

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2017), el cultivo de cebolla es de gran importancia económica debido al consumo mundial actual. Se trata de una de las hortalizas de consumo más antiguo y de mayor demanda a nivel mundial, con una producción estimada de 86 millones de toneladas, siendo la segunda hortaliza más cultivada. Alcanzando más de 4.3 millones de hectáreas cosechadas, siendo los principales productores China con 22,610,915 t, India con 19,401,680 t y Estados Unidos con 3,166,740 t. La producción de Guatemala oscila en 142,709 t.

### ***2.2.3. Importancia económica y distribución de la producción nacional.***

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA (2015), el cultivo de cebolla es importante debido a la generación de empleos y contribución a la economía de cada lugar. La producción nacional de la cebolla se encuentra distribuida de la siguiente forma: Quiché 33%, Jutiapa 18%, Huehuetenango 14%, Quetzaltenango 13%, Santa Rosa 5%, Sololá 5% y los demás departamentos de la República suman el 11% restante.

**Tabla 2.***Área cultivada de cebolla por año y rendimiento en t/ha.*

<b>Año calendario</b>	<b>Área de cultivo/ha</b>	<b>Producción t</b>	<b>Producción (t/ha)</b>
2008	3780	122727.27	32.47
2009	4200	122727.27	29.22
2010	4270	121916.82	28.55
2011	4340	124639.09	28.72
2012	4592	127973.18	27.87
2013	4424	131208.18	29.66
2014	4718	133794.09	28.36
2015	4718	136499.55	28.93

(MAGA, 2015)

## **2.3. Silicio**

### **2.3.1. Origen del Silicio.**

El Silicio (Si), después del oxígeno, es el segundo elemento más abundante en la tierra, constituyendo aproximadamente el 28% de la corteza terrestre. Es encontrado solamente en formas combinadas, como el sílice y minerales siliconados. Los silicatos son minerales en los cuales el Silicio esta combinado con oxígeno u otros elementos como Al, Mg, Ca, Na, Fe, K y otros, en más del 95% de las rocas terrestres, los meteoritos, las aguas y en la atmósfera. Los minerales siliconados más comunes son el cuarzo, los feldspatos alcalinos y las plagioclasas (Castellanos, Mello, & Silva, 2015).

El Silicio (Si) es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre. Excepto en las formas inertes del Silicio (cuarzo, arena y vidrio), se encuentra en la naturaleza en formas biogeoquímicas activas de Silicio. Estas formas, tienen efectos sobre diferentes procesos del suelo y del crecimiento de microorganismos y de plantas. En los ecosistemas terrestres, el ciclo biogeoquímico del Silicio es más intenso que el ciclo del fósforo y del potasio. El Silicio no se encuentra como tal en la naturaleza, sino en forma de óxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ), formando parte de rocas, arena, arcilla y suelos. Se combina con el aluminio, magnesio, calcio, sodio, potasio o el hierro, formando silicatos. Sus compuestos se encuentran también, en todas las aguas naturales, en la atmósfera como polvo de Silicio, en muchas plantas y en los esqueletos, tejidos y fluidos orgánicos de algunas plantas. El Silicio existe en la solución del suelo como ácido silícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$  o  $\text{Si}(\text{OH})_4$ ), en cuyas formas es absorbido por la planta (SEPHU, 2017).

Este elemento no existe de forma natural en estado libre, generalmente se encuentra en forma de Dióxido de Silicio y en silicatos complejos. Los minerales que contienen Silicio constituyen cerca del 40 % de los minerales comunes, incluyendo más del 90 % de los minerales que forman rocas volcánicas. Tiene características compartidas con el carbono, tales como: estar en la misma familia, no ser metales, poder constituir compuestos parecidos en estructura a las enzimas (zeolitas) (Intagri, 2017).

La cantidad de Silicio que se libera por la meteorización de los minerales del suelo diferentes a los fotolitos es muy variable y depende del tipo de vegetación. El impacto de las praderas con gramíneas en el reciclaje del Si es del mismo orden de magnitud que el de los bosques debido a que estas tienen menor biomasa, se compensa por la gran concentración de Si en sus tejidos (Álvarez & Osorio, 2014).

**Tabla 3.**  
*Porcentaje de los elementos de la corteza de la tierra.*

<b>Elemento</b>	<b>Porcentaje</b>
Oxigeno	46
Silicio	28
Aluminio	8
Hierro	6
Calcio	4
Sodio	3
Potasio	3
Titanio	1.5
Otros	0.5

(Artinaid, 2003).

### ***2.3.2. Disponibilidad del Silicio en el suelo.***

El Si se encuentra presente en la solución del suelo como ácido mono-silícico ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ), la mayor parte en forma no disociada, la cual esta fácilmente disponible para las plantas. Debido a la desilicatización causada por el intenso intemperismo y la lixiviación de los suelos tropicales, las formas de Silicio, más encontradas en estos suelos son cuarzo, ópalo ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{NH}_2\text{O}$ ) y otras formas no disponibles para las plantas. Las formas de Silicio químicamente activas en el suelo están representadas por el ácido mono-silícico soluble y francamente adsorbido, ácido poli-silícico, y compuestos órgano-silícicos (Castellanos, Mello, & Silva, 2015).

Los suelos contienen cantidades significativas de Silicio, aunque el uso de sistemas de cultivo continuo, algunas formas no disponibles y suelos en desequilibrio biológico, hacen necesario su suministro. La caña de azúcar, por ejemplo, puede extraer hasta 380 kg/ha al año del suelo. Los niveles de Si en los tejidos de cada especie de planta varían en relación con la disponibilidad de Silicio en el suelo (Castellanos, Mello, & Silva, 2015).

El Silicio (Si) es el segundo elemento más abundante en la litosfera. Presente en casi todos los minerales en forma no biodisponible. Los suelos ácidos suelen contener concentraciones bajas de Si en la solución del suelo.

### ***2.3.3. Importancia del Silicio en la planta.***

El Silicio en el tejido vegetal de la mayoría de las plantas está presente en cantidades similares a los niveles de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Fósforo (P). En determinadas especies vegetales aparece en porcentajes mayores que el Nitrógeno (N) o el Potasio (K). Por tanto, es esencial que la planta lo tome del medio de cultivo (SEPHU, 2009).

El Si, constituye entre el 0.1 y el 10% del peso seco de las plantas superiores. En comparación, el Ca está presente en valores que van de 0.1 a 0.6 % y el S de 0.1 a 1.5 %. El arroz acumula hasta 10% de Si y en general, las monocotiledóneas acumulan más Si que las dicotiledóneas, aunque las diferencias pueden darse incluso a nivel de variedad. No obstante, los análisis realizados indican que la concentración de Si está más influenciada por la posición filogenética (género, especie) que por factores ambientales, tales como disponibilidad de agua y del mismo Si o la temperatura (Castellanos, Mello, & Silva, 2015).

El Si está presente en las plantas, principalmente como gel de sílice, en las paredes celulares y como ácido mono-silícico en la savia del xilema. El rol de Si en las paredes celulares parece ser análogo a la lignina como un elemento de resistencia y mayor rigidez para la sustitución del agua entre el micro-fibrilla y otros componentes de carbohidratos en las paredes de las células no lignificadas (Castellanos, Mello, & Silva, 2015).

Los experimentos científicos suelen categorizar las plantas según su acumulación o no acumulación de Silicio. A veces se quiere denotar (erróneamente) que las que no acumulan no se benefician o no pueden beneficiarse del Silicio. Las plantas inferiores por ejemplo las algas, musgos, helechos y Gimnoespermas (incluyendo las coníferas) suelen acumular Silicio en sus tejidos. Generalmente la acumulación de Silicio no ocurre en plantas Dicotiledoneas (con la excepción de unas pocas familias tales como: Urticaceae y Cucurbitaceae). Esta segunda familia incluye tales cultivos como: Pepino, Melón, Calabaza y Zapallo. En estos casos el contenido de Silicio tanto como Ca son altos (Pinedo, 2011).

Todas las plantas que crecen en suelo contienen cantidades significativas de Si en sus tejidos, pero la concentración de Si de la parte aérea de las plantas varía ampliamente entre las especies. Las gramíneas y ciperáceas presentan alta acumulación de Si. Especies de plantas de cucurbitáceas, urticales y commelináceas presentan acumulación intermedia de Si, mientras que otras especies de plantas tienen baja acumulación (Álvarez & Osorio, 2014).

#### ***2.3.4. Beneficios del Silicio en la agricultura***

***a. El Silicio restaura la degradación del suelo e incrementa su nivel de fertilidad.*** El tratamiento de los suelos con Silicio biogeo-químicamente puede optimizar la fertilidad del suelo



mejorando las propiedades hídricas, físicas y químicas del suelo, mejorando la asimilación de nutrientes (SEPHU, 2009).

***b. El Silicio como inductor de resistencia hacia plagas y enfermedades.*** Muchas de las investigaciones realizadas señalan el papel activo que desempeña el Silicio en las plantas y sugiere que su presencia podría ser una señal para inducir reacciones de defensa frente a enfermedades de plantas. Otras investigaciones indican el papel que juega el Silicio en la rigidez estructural de las paredes celulares al reforzar el tejido epidérmico y formar una doble capa cuticular protectora en las células epidérmicas de hojas y raíces, que actúa como barrera contra la invasión del estilete en parásitos, y en patógenos dificulta la penetración del micelio en el proceso de instalación de enfermedades criptogámicas (SEPHU, 2009).

Los efectos benéficos del Silicio han sido demostrados en varias especies de plantas y, en el caso de problemas fitosanitarios, es capaz de aumentar la resistencia de las plantas al ataque de insectos y patógenos. El Silicio puede conferir resistencia a las plantas por su deposición, formando una barrera mecánica, y por su acción como inductor del proceso de resistencia (Castellanos, Mello, & Silva, 2015).

El cultivo del arroz a nivel mundial ha sido fuertemente afectado por *Magnaporthe grisea*, el hongo causante del añublo del arroz. Se ha propuesto el tratamiento de este problema con aplicaciones de Silicio para que actúe como una barrera física que impida la penetración del patógeno a través de la silicificación de las células de la epidermis de la hoja (Álvarez & Osorio, 2014).

**Tabla 4.**  
*Plagas y enfermedades controladas por el Silicio.*

<b>Cultivo</b>	<b>Plaga</b>	<b>Insecto</b>
Arroz	Barrenillo del arroz	<i>Chilo suppressalis</i> ; <i>Scirpophaga incertulas</i>
	Calandra del arroz	<i>Chlorops oryzae</i>
	Daños saltamonte verde	<i>Nephotettix cincticeps</i>
	Por saltamonte lomo blanco	<i>Sogetella frucifera</i>
	Acaros	
	Telaraña de araña roja	<i>Tetranychus spp</i>
	Babosa gris del jardín	<i>Deroceras reticulatum</i>
	Lepidotero ( <i>Pyralidae</i> )	<i>Chilo zacconius</i>
Caña de azúcar	Barrenillo del tallo	<i>Diatraea saccharalis</i>
	Barrenad africano	<i>Eldana saccharina</i>
Manzana	Escarabajo Japonés	<i>Papilla japonica</i>
Uva	Crackling de la fruta	
Sorgo	Maleza de la raíz	<i>Scrophulariaceae</i>
	Parasito angiosperma	<i>Striga asiatica Kuntze</i>
Trigo	Escarabajo rojo de la harina	<i>Tribotium castaneum</i>
Maíz	Barrenillo	<i>Sesamia calamistis</i>
Césped, Zousia	Gusanos	<i>Spodoptera Depravata</i>
Riegrass italiano	Barrenillo	<i>Oscinella frut</i>

(SEPHU, 2009)

**c. El Silicio incrementa la resistencia de las plantas en sequias.** La fertilización con Silicio puede optimizar el aprovechamiento del agua de riego en un 30 a 40% y ampliar los intervalos de riego, sin efectos negativos sobre las plantas. Adicionalmente, con el sistema irrigación-drenaje, la fertilización con Silicio activo permite completar la rehabilitación de suelos afectados por sales y compactación (SEPHU, El Silicio en la Vida y Rendimiento y Salud de las Plantas, 2017).

**d. Silicio y productividad.** El Silicio incrementa la productividad y calidad de las cosechas agrícolas, desde el año 1848, numerosos reportes de investigación y la producción comercial en campo han demostrado los beneficios al obtener cosechas superiores, mediante la fertilización con Silicio, tal como en la producción de arroz del 15 a 100%, maíz del 15 a 35%, trigo del 10 a 30%, cebada del 10 a 40%, caña de azúcar del 55 a 150%, diversos frutales como el aguacate, mango, del 40 a 70%, zarzamora, guayaba, hortalizas, chile del 50 a 150% y otros, como el fríjol, pastos forrajeros, también se promueven beneficios al suelo para mantener una agricultura sustentable Quero s.f. citado por (Nájera, 2016).

### **2.3.5. Relación del Silicio y el fósforo.**

El Silicio aumenta la asimilación del fósforo por las plantas de un 40% a un 60%, e incrementa la eficacia en la aplicación de roca fosfórica de un 100% a un 200%. La aplicación de fertilizantes ricos en Silicio promueve la transformación de fósforo bloqueado para las plantas en formas de (P) disponible y previene la transformación de fertilizantes ricos en fósforo en los compuestos inmóviles o bloqueados (SEPHU, El Silicio en la Vida y Rendimiento y Salud de las Plantas, 2017).

Uno de los efectos más importantes de la aplicación de fertilizantes/enmiendas silicatadas es mejorar la disponibilidad de (P) en el suelo y así mejorar la absorción de (P) por las plantas cultivadas y, por ende, el rendimiento de los cultivos. Estos efectos resultan muy evidentes y valiosos en suelos tropicales donde la fijación de (P) limita la efectividad de los fertilizantes. Esto es debido a la competencia entre el ión  $\text{H}_2\text{PO}_4$  y el  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  por sitios de adsorción sobre la superficie de arcillas y óxido e hidróxidos de Fe y Al (Álvarez & Osorio, 2014).

El Silicio aumenta la absorción de Fósforo (P) en las partículas de aluminio-silicato de la arcilla del suelo. Esto reduce grandemente la lixiviación de P y potasio especialmente en los suelos más livianos. Sin embargo, el (P) absorbido en las partículas del suelo queda disponible para las plantas y se mejora la fertilidad del suelo. El Silicio en el suelo permite aumentar la captación de Potasio (K), la aplicación foliar de Silicio reemplaza el tratamiento de las plantas con potasio para endurecer las frutas y promover su maduración. El Silicio aumenta la tolerancia de la planta a los altos niveles de nitrógeno, esto es extremadamente importante al considerar el aumento de la productividad (Pinedo, 2011).

### ***2.3.6. El Silicio en la nutrición de los cultivos.***

Los fertilizantes con Silicio asimilable, tanto en forma sólida como líquida, se presentan como una herramienta muy tecnológica para la lucha contra la desertificación y la sostenibilidad de la agricultura intensiva en zonas áridas y semiáridas, así como en cultivos hidropónicos sin suelo (SEPHU, 2009).

El hecho de aportar fertilizantes o productos que incorporan Silicio tienen un doble efecto sobre el sistema suelo-planta: en primer lugar refuerzan los mecanismos de protección de las

plantas contra enfermedades y contra condiciones climáticas desfavorables y en segundo lugar, el tratamiento de los suelos con Silicio biogeo-químicamente puede optimizar la fertilidad del suelo mejorando las propiedades hídricas, físicas y químicas del suelo, mejorando la asimilación de nutrientes (SEPHU, 2009).

Silicio (Si) es un componente importante del sistema suelo-planta de la naturaleza. Aunque se ha demostrado que mejora el crecimiento de algunas plantas como arroz, trigo, cebada, pepino, entre otros, ha recibido poca atención en la nutrición vegetal debido a que no está incluido en la lista de los 17 elementos considerados como esenciales para las plantas (Álvarez & Osorio, 2014).

El Si, aplicado de forma foliar se deposita sobre la superficie de los tejidos y juega un papel similar al Si tomado por las raíces. Esto puede ser útil para los cultivos que presentan un modo de absorción pasiva del Si. Se ha propuesto que el Si depositado sobre la superficie de los tejidos es el responsable por los efectos de protección del Si contra el estrés biótico. Previene la penetración física de insectos y/o hace a las células de las plantas menos susceptibles a la degradación enzimática ocasionada por el ataque de hongos fitopatógenos (Álvarez & Osorio, 2014).

#### **2.4. Antecedentes**

España (2016), evaluando el Silicio en el desarrollo de café en vivero, Esquipulas, Chiquimula. Teniendo como objetivo principal, evaluar la aplicación de Silicio al suelo, para determinar su efecto sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de café durante la etapa de vivero. A través de un diseño de bloques al azar distribuido en parcelas divididas con ocho tratamientos y tres repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales, las variedades de café utilizadas fueron ANACAFE-14 y LEMPIRA, el producto fue aplicado directamente a las bolsas.

Siendo los tratamientos cuatro dosis de Silicio: 0 g, 10 g, 20 g, y 30 g, por planta. Evaluando las variables, altura de planta, diámetro de tallo, longitud de raíz, absorción de fósforo y potasio, además del porcentaje de pegue en campo. Se encontró que la aplicación de 30 g por planta de Silicio obtuvo mejores resultados en cada una de las variables estudiadas, el análisis foliar mostró que los tratamientos con Silicio obtuvieron mayor concentración de los elementos fósforo y potasio, observando mejores resultados con la aplicación de 30 g/planta, el porcentaje de pegue se mostró mayormente favorecido con la aplicación de 30 g/planta de Silicio en cada variedad de café utilizada, observando plántulas con mejor desarrollo y mayor vigor, lo que mejoró la calidad de las mismas. Concluyendo la mejor dosis de Silicio aplicado en la etapa de vivero de café, es de 30 g por planta, debido a que se obtuvieron características superiores en comparación al resto de tratamientos, además de representar mayor ahorro para el caficultor en los costos destinados para la re-siembra.

Urrutia (2016), evaluando la eficacia de fuentes y dosis de Silicio para el control de Mildiu veloso (*Peronospora destructor*) en cebolla, El Progreso, Jutiapa. Teniendo como objetivo determinar la eficacia de dos fuentes y cuatro dosis de Silicio para el control de Mildium veloso en el cultivo de cebolla, así como el rendimiento por categorías de tamaño. A través de un diseño de bloques completos al azar, con diez tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 40 unidades experimentales, siendo los tratamientos Silicato de Potasio con dosis de: uno, dos, tres, y cuatro cc/L y dióxido de Silicio con dosis de: tres, cuatro, cinco y seis, g/L, el testigo relativo (tratamiento químico) y el tratamiento absoluto. Evaluando nivel de severidad, eficacia de control, sensibilidad a la toxicidad de los falsos tallos y rendimiento. Se encontró que los altos valores de severidad y bajos de eficacia de control influyeron para que la variable rendimiento de las tres

categorías y el total para cada uno de los tratamientos no existiera diferencia significativa, económicamente respecto a las dosis de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) los tratamientos con mejor relación beneficio costo fueron 0.72 L /ha de silicato de potasio, 1.08 L/ha de Silicato de Potasio y 2.14 kg/ha de Dióxido de Silicio. El tratamiento 2.14 kg/ha de Dióxido de Silicio, es el que posee el valor más alto dentro del análisis (Q5, 688.00), siendo ésta la dosis que representa un mayor aumento dentro de la utilidad neta. Concluyendo el tratamiento que obtuvo mejor rendimiento y frutos con mayor categoría I, fue el Dióxido de Silicio 2.14 kg/ha siendo de 6.02 t/ha.

Nájera (2016), evaluando la disponibilidad en el suelo y contenidos de fósforo en plantas de café en respuesta a la aplicación de silicio; finca El Hato, Santa Rosa, Guatemala C.A. Teniendo como objetivo principal evaluar el efecto de la aplicación de diferentes cantidades de Silicio en el peso fresco, seco y altura de plantas de café (*Coffea arabica* L. variedad Catuai) en almacigo. A través de un diseño de bloques completos al azar, siendo los tratamientos dos fuentes de Silicio, fuente uno (3cc, 6cc, 9cc y 15cc), fuente dos, (6cc, 9cc, 12cc y 15cc), y el testigo absoluto, haciendo un total de nueve tratamientos. Evaluando las variables biometría de las plantas (peso fresco de raíz en gramos, peso seco de raíz, en gramos y longitud de la planta), porcentaje de fósforo en la planta. Se encontró que la aplicación de los diferentes tratamientos que adicionaban Silicio al suelo bajo las condiciones que se encontraba el experimento; contenido aceptable de fósforo según el análisis de suelo un porcentaje alto de fijación de fósforo, no mostró mejoría en el crecimiento de la plántula, como establece la literatura, debido que no se observó una diferencia significativa con un 0.5 de probabilidad en los parámetros altura peso seco raíz, peso seco, peso aéreo, peso fresco y peso fresco de raíz en relación al testigo. Concluyendo que la absorción de fósforo en el tejido foliar de las plántulas posterior a la exposición del Silicio aplicado en los tratamientos del estudio,

no mostró diferencia significativa comparado con el tratamiento testigo, por lo que no se observó el beneficio del mismo en el desarrollo y crecimiento de la planta.

Peñañiel (2009), evaluando el efecto de la aplicación edáfica del Silicio en diferentes dosis, en el cultivo de la papa china, en combinación con dos dosis de abono orgánico, en Sangolqui, Ecuador. Teniendo como objetivo principal, evaluar la aplicación de los dos mejores niveles orgánicos, en el cultivo de papa china, en combinación con cuatro dosis de aplicación de Silicio edáfico. A través de un diseño de bloques al azar, en arreglo factorial  $2 \times 4 + 1$ , los nueve tratamientos se evaluaron en parcelas distribuidas en repeticiones, para un total de 27 unidades experimentales, siendo los tratamientos: dos niveles de abono orgánico “Bokashi” (40 t/ha y 60 t/ha) y cuatro dosis de sílice (5 kg/ha, 10 kg/ha, 15 kg/ha y 20 kg/ha). Evaluando las variables: prendimiento, número de hojas, altura de planta, peso de cormo por planta, categorización de cormos, rendimiento de cormo por hectárea. Encontró una mayor altura en la planta con aplicaciones de 10 kg/ha de Silicio, pero sin diferentes estadísticas en los otros niveles, fue notorio la altura de planta con la aplicación de abono orgánico y sílice en relación al testigo, llegando al final del ciclo a duplicar la longitud, aplicaciones de 40 t/ha de abono orgánico más 10 kg/ha de silicio o 60 t/ha de abono orgánico más 10 kg/ha de silicio potenciaron la altura de planta en papa china en 75 cm, más que el testigo. Concluyendo que las mejores alternativas económicas fueron para las aplicaciones de 40 t/ha de abono orgánico más 10 kg/ha de Silicio. (Peñañiel, 2009)

Aguilar (2012), evaluando la aplicación de Silicio en tomate y su efecto en la calidad nutricional, en Coahuila, México. Teniendo como objetivo principal del estudio evaluar el efecto del Silicio en el cultivo de tomate mediante la aplicación al suelo y foliar y su respuesta en rendimiento y calidad de los frutos. A través de un diseño de bloques completos al azar con seis



repeticiones, los tratamientos bajo estudio fueron: solución nutritiva más 30 mg/L de Si foliar, solución nutritiva más 60 mg/L de Si foliar, solución nutritiva más 90mg/L de Si foliar, solución nutritiva más 30 mg/L de Si foliar y 100 mg/L al suelo, solución nutritiva más 30 mg/L de Si foliar y 200 mg/L al suelo, solución nutritiva más Si al suelo 100 mg/L, solución nutritiva más 200mg/L de Si al suelo, solución nutritiva más 300 mg/L de Si al suelo, solución nutritiva más 30 mg/L de Si foliar y 300 mg/L al suelo comparado todos ellos con un testigo absoluto. Evaluando las variables sólidos solubles totales, firmeza de frutos, diámetro polar, diámetro ecuatorial, pudrición apical, vitamina C. Se registró que la aplicación de silicio favorece a la absorción de calcio, fósforo, zinc y cobre por el fruto, pero afecta negativamente el contenido de hierro y magnesio, en la variable frutos con pudrición apical se encontró que todos los tratamientos con Silicio presentaron una menor cantidad de frutos dañados con relación al testigo absoluto. Concluyendo que las aplicaciones exógenas de Silicio en forma de ácido silícico en plantas de tomate favorecen la acumulación de sólidos solubles y aumentan la firmeza de frutos.

García (2012), evaluando el efecto de la aplicación de dosis de Silicio más abonos orgánicos en la poda de rehabilitación en plantas de café variedad Catimor en el distrito de Alonso de Alvarado Roque provincia de Lamas. Teniendo como objetivo principal comparar el efecto de la aplicación de una solución de minerales ácidos orgánicos, enriquecida con tres dosis de Silicio en mezcla con un abono órgano-mineral (formula estándar), sobre la poda de rehabilitación del cafeto variedad Catimor. A través de un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones y cinco tratamientos, haciendo un total de 15 unidades experimentales, siendo los tratamientos combinaciones del abono órgano-mineral y una solución de minerales y ácidos orgánicos enriquecida con tres dosis de Silicio (5, 10, 15 cc silicio/ planta/campaña), más un testigo absoluto,

que no recibió aplicación alguna. Evaluando las variables: días al brotamiento, número de brotes por planta, tamaño de brote, diámetro de brote, número de ramas por brote, número de hojas por brote y área foliar. Encontró que la aplicación con Silicio: T2 (5cc), T3 (10 cc) y T4 (15 cc), tuvieron mayor precocidad de brotamiento, después de la poda de rehabilitación del café, sin existir significancia estadística entre ellos, para mejorar el crecimiento de brotes después de la poda de rehabilitación en plantaciones antiguas de café, se recomienda aplicaciones al suelo de soluciones enriquecidas con Silicio en dosis de 10 a 15 cc/planta. Concluyendo que las dosis de 15 cc de Si (T4) indujo el mayor número de brotes/planta con 10.03 brotes en promedio superando los demás tratamientos T0, T3, T1, T2, estadísticamente iguales cuyos promedios de brotamiento fueron: 8.63, 8.30, 7.90 y 7.37 brotes/planta, respectivamente.

De la Cruz (2012), evaluando la fertilización foliar con potasio, calcio y Silicio en fresa realizada en Chapingo, México. Teniendo como objetivo principal evaluar el efecto de dos niveles de fertilización con K, Ca y Si en plantas de fresa Festival y Jacona, sobre el rendimiento y calidad de fruto. A través de un diseño experimental, factorial completamente al azar con nueve tratamientos, dentro de cada cultivar, con diez repeticiones en cada tratamiento, siendo la unidad experimental una planta por maceta, siendo los tratamientos: 1,000 y 2,000 mg/litro de K y Ca; 100 y 400 mg/litro de Si, usando como fuentes Nitrato de Potasio y Phytosphos-K para el caso de K; Nitrato de Calcio y Silicato de Potasio para Ca y Si, respectivamente, aplicados foliarmente cada catorce días. Evaluando las variables en fruto: rendimiento, peso fresco, índice de redondez, firmeza, sólidos solubles totales (Brix), acidez titulable, sabor, pH, antocianinas, azúcares solubles totales, en planta: área foliar, clorofilas, peso seco y concentración nutrimental. Encontró que con las concentraciones aplicadas de los nutrimentos K, Ca y Si, bajo las condiciones de desarrollo del

estudio no fue posible determinar sus efectos de manera bien diferenciada, la mayor concentración de P en planta se obtuvo con 100 mg/litro de Si, la mayor concentración de Ca y Mg con 2,000 mg/litro de Ca. Concluyendo que con la aplicación foliar de Si a plantas de fresa, a concentración de 400 mg/litro, usando como fuente Silicato de Potasio, se obtuvo en planta la mayor área foliar, peso seco y la mayor concentración de Si en frutos, la mayor acidez titulable y azúcares solubles totales y la mayor concentración de Ca.

Quiroga (2016), evaluando la respuesta a las aplicaciones de Silicio en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) variedad Modan, en condiciones de estrés hídrico bajo cubierta en Culiacán, Sinaloa. Teniendo como objetivo principal, conocer el efecto que tiene las aplicaciones foliares de Silicio en condiciones de estrés hídrico frente al desarrollo y producción de pepino (*Cucumis sativus*), bajo condiciones de invernadero. A través de un diseño de bloques completos al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales y para el análisis estadístico se usó un arreglo factorial dos por cuatro, siendo los tratamientos: dosis de silicio (0 ml, 500 ml, y 1500 ml) y riego (50 % y 100 %). Evaluando las variables que componen el crecimiento vegetativo: altura de planta, diámetro de tallo, y área foliar, rendimiento: número de frutos, peso de frutos, longitud de frutos y diámetro ecuatorial de frutos. Registró que la aplicación de Silicio en el cultivo incrementó significativamente las variables de rendimiento, sin afectar la calidad de fruto, para todos los tratamientos, las aplicaciones de Silicio que se realizó en el experimento incrementaron la resistencia a la deficiencia hídrica en las plantas, optimizando el aprovechamiento del riego sin efectos negativos en el cultivo. Concluyendo que la fertilización foliar con silicatos de potasio a razón de 1500 ml/100 L agua, y una reposición completa (100%), demostró el

incremento en la altura de las plantas, cantidad de frutos y optimizo el área foliar, lo que se reflejó en los rendimientos y en la calidad de frutos. (Quiroga, 2016)

Benavides (2012), evaluando la respuesta del pasto Raigrás Aubade (*Lolium sp*), a dosis de Silicio en interacción con diferentes dosis de NPK, Catambuco municipio de Pasto. Teniendo como objetivo principal conocer el efecto del Silicio en la absorción de NPK en el pasto Raigrás Aubade, en un suelo Typic Humitropepst. A través de un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y diez tratamientos distribuidos en dosis altas, medias y bajas de NPK (altas 529 kg/ha de urea 72 kg/ha de SFT, 160 kg/ha de KCl; medias: 397 kg/ha de urea, 54 kg/ha de SFT, 120 kg/ha de KCl; bajas 265 kg/ha de urea, 36 kg/ha de SFT, 80 kg/ha de KCl) contrastadas con dosis altas, medias y bajas de Silicio (alta: 100 kg/ha, media: 75 kg/ha, baja: 50 kg/ha de SiO<sub>2</sub>) y un testigo sin fertilización con Silicio. Evaluando las variables: altura de planta, producción de forraje verde, producción de materia seca, contenido de fósforo en la parte aérea y raíz, y suelo, contenido de potasio en la parte aérea y raíz, y el suelo contenido de calcio en la parte aérea y raíz y el suelo y también calcio y magnesio. Encontró que las concentraciones de fósforo y potasio, en la parte aérea y raíz del cultivo de pasto fueron influenciados por la interacción de la fertilización con dosis altas de NPK y con dosis altas y medias de Silicio. Concluyendo que el Silicio en dosis alta y NPK alto, presentó mejores resultados en altura de planta, producción de forraje verde, materia seca, concentraciones de fósforo, y de potasio.

Delgado (2010), evaluando extractos vegetales y la aplicación de Silicio para el manejo integrado de enfermedades foliares e insectos-plaga en tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), en El Cóndor, Guayaquil. Teniendo como objetivo principal determinar el efecto de los extractos vegetales y fertilización silícica, sobre la incidencia de patógenos foliares e insectos plaga en

tomate y/o específicos. A través de un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones, las parcelas grandes recibieron las dosis de Silicio y en las parcelas pequeñas los extractos vegetales, siendo los tratamientos: a) Neem 2.5 L/ha (*Azadiracta indica* A. Juss), b) extracto de Marigold (*Tagetes erecta* L.) 20 kg/ha, c) extracto de chaya (*Cnidusculos chayamansa* Mc Vaugh) 20 kg/ha, d) extracto de Noni (*Morinda citrifolia* L.) 20 kg/ha, e) extracto de albaca (*Ocimum basilicum* L.) 20 kg/ha f) extracto de orégano (*Origanum vulgare* L.) 20 kg/ha y g) testigo comercial (Actellic, 0.5 L/ha), en cada uno de estos tratamientos se adicionó tres dosis de Silicio, (0.00, 0.25, 0.50 L/ha. Evaluando las variables: presencia de *Alternaria solani* y *Corynespora cassicola*, presencia de *P. longifila*, *Tuta absoluta*, *Bemisia tabaci*, *Empoasca* sp y *Coruthuca gossypii*. El mejor rendimiento se registró en el tratamiento siete (Testigo comercial) con 11.144 kg/ha seguido de Marigold y Neem con 7.576 kg/ha y 6.180 kg/ha, respectivamente. Concluyendo, los tratamientos Neem, albaca y chaya con una dosis media de Silicio tuvieron una menor incidencia de *P. longifila* y *S. sunia*, por otro lado, los extractos de albaca, noni, chaya y Neem presentaron una menor presencia de *T. absoluta*.

Coloma (2015), evaluando el efecto de la aplicación foliar con dos fuentes de Silicio en la agronomía y rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L), en el Quinche, provincia de Pichincha. Teniendo como objetivo principal cultivo de arroz evaluar el efecto de la aplicación foliar con dos fuentes de Silicio, con diferentes niveles en la producción de arroz. A través de un diseño de bloques al azar con arreglo grupal, siendo los tratamientos: a. (ácido monosilícico) 100, 150 y 200 cc/ha; b. (Silicio 16%); 1000,1500 y 2000 cc/ha; c. (testigo comercial ácidos fúlvicos y testigo absoluto) y entre grupos, constando de ocho tratamientos distribuidos aleatoriamente, con cuatro repeticiones. Evaluando las variables: días de floración, macollos por planta, número de

panículas/planta, número de granos por panículas, porcentaje de vaneamiento, porcentaje de plantas acamadas, peso de 1000 semillas (g), rendimiento de la unidad experimental y su proyección en kg/ha. Encontró que dentro del grupo de Silicio 16% la dosis de 1 L/ha fue mayor en número de granos/panícula en comparación con las dosis de 0, 5 y 1,5 L/ha, los tratamientos tratados dentro del grupo Silicio 16% presentan el menor porcentaje de esterilidad de granos y porcentaje más bajo de acame, el testigo comercial, presentó el menor número de días a floración, en comparación con el tratamiento testigo absoluto que fue más precoz; el análisis económico de presupuestos parciales, señala al tratamiento dos (ácido monosilícico en dosis de 150 cc/ha), que alcanza la mejor tasa de retorno marginal. Concluyendo en el rendimiento de arroz con cascara (Paddy) el grupo de ácido Monosilícico presentó el valor más alto de esta variable.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

De acuerdo con Segeplan (2011), el municipio de Zunil, Quetzaltenango, tiene como principal actividad económica la agricultura, un 64 % de la población se dedica al cultivo de hortalizas fundamentalmente, como cebolla, zanahoria, lechuga, rábano, cilantro, y entre otros. El municipio tiene un área cultivable de 199.5 hectáreas (INE, 2003).

Entre los cultivos de mayor importancia en el municipio de Zunil, destaca la cebolla, aunque en los últimos años se ha evidenciado una baja en la producción, ya que la planta no se desarrolla bien lo cual provoca bajos rendimientos por unidad de área, esto se puede atribuir a varios factores como la pérdida de nutrientes del suelo, estrés por los cambios constantes del clima, épocas de sequía, seguido de lluvias intensas; aunado a esto las plagas y enfermedades están presentes en cada etapa fenológica, haciendo al cultivo más susceptible a plagas y enfermedades. Todo lo anteriormente descrito hace que el cultivo sea poco rentable para los productores del área.

Estudios realizados han demostrado que aplicaciones de Silicio vía foliar han aumentado la producción en diferentes cultivos. (Urrutia, 2016), evaluó la eficacia de dos fuentes y dosis de Silicio para el control de mildium belloso en el cultivo de cebolla, las fuentes de silicio evaluadas fueron Dióxido de Silicio y Silicato de Potasio. Por medio de esta investigación se pudo concluir que el tratamiento que obtuvo mejor rendimiento y frutos con mayor categoría I, fue el Dióxido de Silicio a una dosis de 2.14 kg/ha.

En este sentido, esta investigación se evaluó el efecto de dos fuentes de silicio, siendo Dióxido de Silicio y el Silicato de Potasio, las cuales se aplicaron vía foliar, con la intención de mejorar el rendimiento en el cultivo de cebolla y que los productores del área puedan tener una

alternativa para mejorar el rendimiento y de esta forma sus ingresos. Durante la investigación se determinó que los tratamientos que presentaron los mejores resultados fueron el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizante) se tuvo un rendimiento de 58.35 t/ha, seguido del tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizantes) el cual tuvo un rendimiento de 57.63 t/ha, y el tratamiento número cinco (testigo relativo) con un rendimiento de 56.25 t/ha.



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. General**

Evaluar el efecto de fuentes de Silicio en el rendimiento de cebolla; Zunil, Quetzaltenango.

### **4.2. Específicos**

Determinar el efecto de cada una de las fuentes de Silicio sobre el rendimiento (t/ha, eso de bulbo y millares de plantas por hectárea).

Determinar el efecto de cada una de las fuentes de Silicio en el crecimiento vegetativo, (altura de la planta, número de hojas, diámetro de tallo, diámetro de bulbo).

Determinar la cantidad de nutrientes en el área foliar de la planta en cada una de los tratamientos.

Realizar un análisis económico de rentabilidad de los tratamientos a evaluar.

## 5. HIPÓTESIS

### 5.1. Hipótesis alternativa

Ha<sub>1</sub>. Al menos uno de los tratamientos tendrá un efecto en el rendimiento (peso del bulbo) t/ha.

Ha<sub>2</sub>. Al menos uno de los tratamientos tendrá un efecto en el rendimiento de millares de plantas por hectárea.

Ha<sub>3</sub>. Al menos uno de los tratamientos tendrá un efecto en la altura de las plantas.

Ha<sub>4</sub>. Al menos uno de los tratamientos tendrá un efecto en el número de hojas.

Ha<sub>5</sub>. Al menos uno de los tratamientos tendrá un efecto en el diámetro de tallo.

Ha<sub>6</sub>. Al menos uno de los tratamientos tendrá un efecto en el diámetro polar de bulbo.

Ha<sub>7</sub>. Al menos uno de los tratamientos tendrá un efecto en el diámetro ecuatorial de bulbo.

Ha<sub>8</sub>. Al menos uno de los tratamientos tendrá un efecto en la cantidad de nutrientes en el área foliar.

Ha<sub>9</sub>. Al menos uno de los tratamientos tendrá un efecto sobre la rentabilidad en el cultivo de cebolla

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Localización del trabajo

Según Segeplan (2011), el municipio de Zunil pertenece al departamento de Quetzaltenango y se encuentra situado en la región VI o región suroccidental, su ubicación geográfica es  $91^{\circ} 29' 04''$  longitud oeste y  $14^{\circ} 47' 01''$  latitud norte, se encuentra localizado a una altitud promedio de 2,076 metros sobre el nivel del mar. El clima en el municipio varía según la región, al norte del municipio, el clima es frío con invierno benigno húmedo y con invierno seco, el sur del municipio presenta clima semicálido sin estación fría, muy húmedo sin estación seca. Se manifiestan dos estaciones claramente definidas, la época lluviosa y la época seca. La dinámica de la precipitación anual se establece en un promedio de 3,000 mm.

El municipio de Zunil es influenciado por las provincias fisiográficas: tierras altas volcánicas, declive del Pacífico. Los suelos Ostuncalco son los más extensos en esta región; sin embargo, hay presencia de suelos Camancha, Copachi, Copalché y Totonicapán. Comúnmente se encuentran a elevaciones mayores de 2,400 msnm.

El municipio de Zunil está influenciado por tres zonas de vida: Bosque muy húmedo Montano Subtropical (BmhMS), Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical (bmhMBs), Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical (Bh-MBS). En cuanto a accidentes geográficos, en su jurisdicción hay dos volcanes: Santo Tomas Pecul y Zunil, actualmente se identifican siete ríos.

## **6.2. Material experimental**

### **6.2.1. Cebolla variedad Santa María.**

Es una cebolla blanca precoz y de alta producción, follaje muy vigoroso de color verde azulado con buena estructura. Alta sanidad durante la época lluviosa y fácil de crecer. Produce bulbos redondos grandes, firmes, con buena piel y pesados, amplio rango de adaptación, recomendada para Centroamérica en siembras desde enero a mayo, para lugares altos (800 a 2,000 msnm) y en condiciones de lluvia. Ideal para la venta en manojos y bulbos secos. El ciclo promedio es de 90 a 100 días después del trasplante (Bejo, 2017).

### **6.2.2. Silicato de potasio.**

Green Silk: es un abono líquido concentrado a base de Silicato Potásico que se caracteriza por su elevada solubilidad. Facilita la absorción de nutrientes por la planta favoreciendo la actividad de la raíz y fortaleciendo el tallo; de esta forma se estimula el crecimiento y se consiguen plantas más resistentes a enfermedades. Por otro lado, mejora la capacidad anti-estrés de las plantas y facilita la disolución de posibles toxinas del suelo. Absorbe la humedad por esta razón, es un fertilizante eficaz en la reducción de la cantidad de agua libre que se deposita sobre la parte aérea de los cultivos. Como consecuencia, tras aplicar este producto, se consigue un ambiente hostil para el desarrollo de podredumbres (causadas por *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia* sp.), oidio o mildiu (Agrinova, 2017).

### **6.2.3. Dióxido de Silicio.**

Botrysec: es un compuesto natural 100 % a base de sílice micronizado. El tamaño de las partículas es de 7-9 micras. Es un producto con un elevado poder higroscópico (1 kg botrysec absorbe tres litros de agua). Por tanto, su aplicación reduce drásticamente tanto la humedad ambiental como las posibles condensaciones a nivel foliar. Botrysec elimina las elevadas humedades relativas que favorecen la proliferación de enfermedades de origen fúngico como podredumbre (*Botrytis cinérea*), oidio, mildium, etc. Es un fertilizante eficaz en la reducción de la humedad relativa por lo que, con su aplicación, se previene la aparición de enfermedades criptogámicas. Es compatible con lucha integrada y no ocasiona fitotoxicidades en las plantas (Agrinova, 2017).

### **6.3. Factores a estudiar**

Se evaluaron dos fuentes de Silicio, la primera fuente es Silicato de Potasio (30% SiO<sub>2</sub> y 10% K<sub>2</sub>O), utilizando la dosis recomendada por el fabricante 2cc/L de agua. La segunda fuente utilizada en la evaluación es Dióxido de Silicio (98% SiO<sub>2</sub>), utilizando una dosis de 0.61 g/L, en base a la equivalencia que se realizó con el Silicato de Potasio que está al 30 % p/p, en la investigación se realizarón cuatro aplicaciones foliares, cada 15 días. Midiendo variables de rendimiento, crecimiento vegetativo y la disponibilidad de nutrientes en el área foliar.

#### 6.4. Descripción de los tratamientos

**Tabla 5.**

*Descripción de los tratamientos del efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Dosis/ha (en cuatro aplicaciones)</b>
T1	Silicato de Potasio + fertilizante	2.93 L
T2	Dióxido de Silicio + fertilizante	0.89 kg
T3	Silicato de Potasio + 0 fertilizante	2.93 L
T4	Dióxido de Silicio+ 0 fertilizante	0.89 Kg
T5	Testigo relativo (fertilización que hace el agricultor)	

Se utilizó cinco tratamientos, tratamiento uno: Silicato de Potasio + fertilización, tratamiento dos: Dióxido de Silicio + fertilización, tratamiento tres: Silicato de Potasio sin fertilización, tratamiento cuatro: Dióxido de Silicio sin fertilización, tratamiento cinco: Testigo relativo, donde se tomó en cuenta el manejo agronómico del agricultor, los diferentes fertilizantes que utiliza, tanto al suelo como foliares).

#### 6.5. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar; en este diseño los tratamientos se asignan aleatoriamente, a un grupo de unidades experimentales denominado bloques o repeticiones. La finalidad consiste en mantener la variabilidad entre las unidades experimentales dentro de los bloques, debiéndose repetir únicamente una vez cada tratamiento dentro del mismo bloque (De Paz, 2014).

## 6.6. Modelo estadístico

De acuerdo con López & González (2014). El modelo estadístico utilizado para Bloques Completos al Azar es el siguiente:

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

$$i = 1, 2, 3 \dots t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots r$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.

$\mu$  = media general de la variable de repuesta.

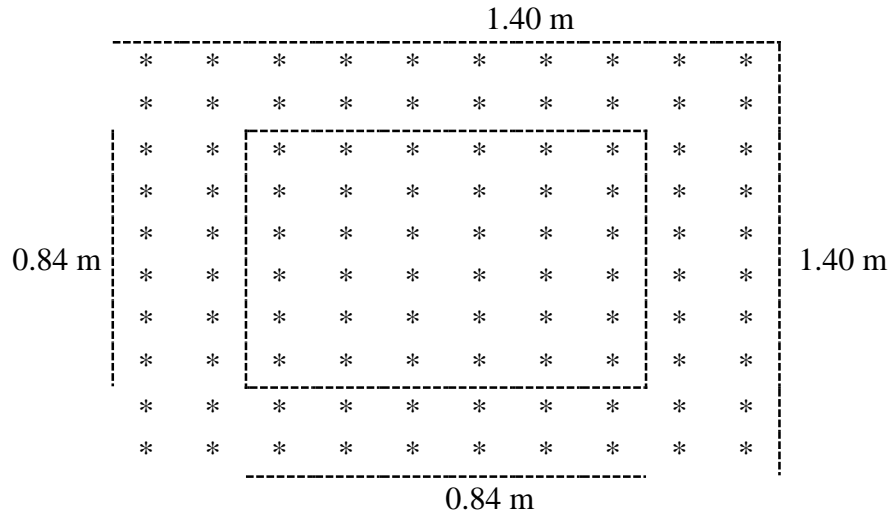
$T_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento.

$B_j$  = efecto del j-ésimo bloque

$E_{ij}$  = error experimental asociado al ij-ésima unidad experimental

## 6.7. Unidad experimental

La unidad experimental utilizada fue una parcela bruta la cual estaba conformada por 1.40 m de ancho y 1.40 m de largo, con un área total de 1.96 metros cuadrados, en la cual se establecieron un total de 100 plantas, con un distanciamiento de 0.14 \*0.14 metros entre plantas. La parcela neta se ubicó dentro de la parcela bruta, teniendo un área de 0.84 m de largo y 0.84 de ancho, ocupando un área total de 0.70 metros cuadrados, en la cual se encontraban establecidas 36 plantas.

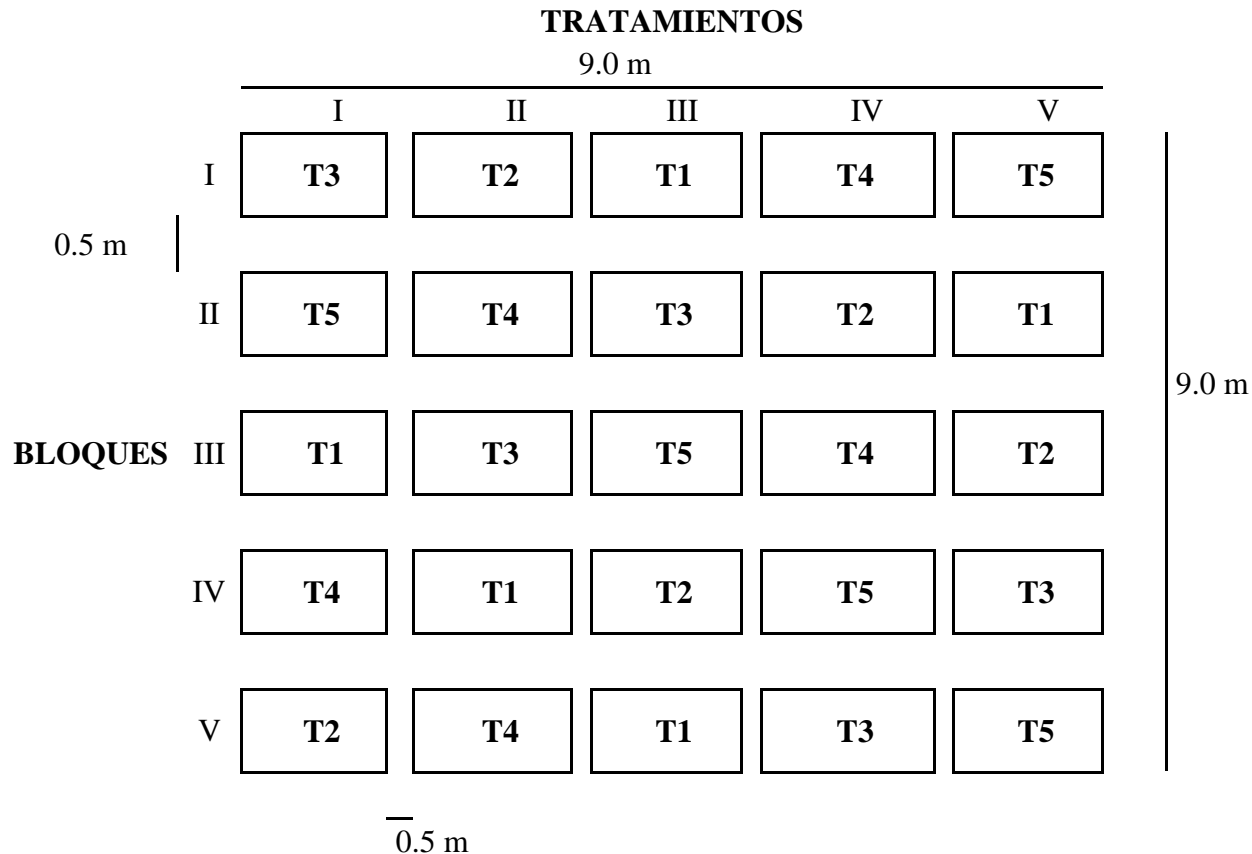


*Figura 1.* Unidad experimental para la evaluación del efecto de fuentes de silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.

El experimento estuvo conformado por cinco tratamientos y cinco repeticiones, haciendo un total de 25 unidades experimentales, ocupando un área total de 81 metros cuadrados.



## 6.8. Croquis de campo



*Figura 2.* Distribución de los tratamientos para la evaluación de fuentes de silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.

## 6.9. Manejo del experimento

### 6.9.1. Trazo del terreno

El trazo consistió en realizar la medición del terreno con una cinta métrica previo a establecer el experimento, esto se realizó el 28 de abril del 2018, dejando establecidas las unidades experimentales e identificando adecuadamente tanto los bloques como los tratamientos que se utilizó durante la evaluación.

### **6.9.2. Análisis de suelo**

El análisis de suelo se realizó el 30 de octubre del 2017, con la finalidad de conocer la cantidad de nutrientes del área experimental; para ello se extrajeron un total de 10 submuestras de suelo en forma de zigzag del área experimental, seguidamente las submuestras de suelo fueron mezcladas en un recipiente de plástico para después sacar la muestra, para su respectivo análisis a un laboratorio de reconocida trayectoria en el ámbito agrícola. El resultado de los análisis se adjuntó en anexos.

### **6.9.3. Preparación del suelo**

La preparación de suelo se realizó el 6 de mayo del año 2018, de forma manual se efectuó un picado del suelo utilizando azadón a una profundidad promedio de 0.20 m, con la finalidad de romper la compactación del mismo y suavizarlo para que el cultivo se desarrollará de forma adecuada. Seguidamente se procedió a realizar una aplicación de un insecticida cuyo ingrediente activo es Phorate a una dosis de 23 kg/ha para el control de insectos que se hospedan en el suelo y le causan daño al cultivo.

### **6.9.4. Siembra del cultivo**

La siembra del cultivo se realizó el día 13 de mayo, previo a realizar el trasplante del cultivo se realizó una mezcla de chlorpyrifos a una dosis de 1.14 l/ha, se sumergió el pilón en esta mezcla para prevenir el ataque de los estados inmaduros de la mosca de la cebolla (*Delia antiqua*). Seguidamente se realizó el trasplante del cultivo a un distanciamiento de 0.14\*0.14 metros.

#### ***6.9.5. Labores culturales***

El control de malezas es importante durante el ciclo del cultivo debido a que pueden provocar una fuerte competencia con el cultivo y lo puede llegar a debilitar debido al poco sistema radicular de la cebolla; el 27 de mayo del 2018 se aplicó un herbicida sistémico y selectivo a base de Linurón a una dosis de 1.2 kg/ha, 15 días después del trasplante. También se debe mencionar que se realizaron labores para el control de maleza de forma manual a los 25 días, 50 y 70 días después de la siembra.

#### ***6.9.6. Programa de fertilización***

En la fertilización se tomaron en cuenta las cantidades y el número de aplicaciones que normalmente realizan los agricultores. En el área donde se realizó la evaluación normalmente los productores realizan cinco aplicaciones de fertilizantes de diferentes fórmulas, para cada etapa de desarrollo del cultivo, distribuidas de la siguiente forma: al momento del trasplante 0 días, a los 15 días, a los 30 días, a los 50 días y a los 75 días después del trasplante como se detalla a continuación en la tabla número seis.

**Tabla 6.**  
*Programa fertilización del cultivo de cebolla.*

<b>Días después del trasplante</b>	<b>Formula</b>	<b>Tipo de aplicación</b>	<b>Dosis Kg/ha</b>
0	20-20-0	Granulado	260.11
15	15-15-15	Granulado	260.11
30	15-0-0-26 CaO+0.3B 12-11-18+MgO	Granulado	260.11
50	2.7+S8+B 0.015+Fe 0.2+Mn 0.02+Zn 0.02	Granulado	520.22
75	13-0-46	Granulado	260.11

#### ***6.9.7. Aplicación de las fuentes Silicio***

Durante la evaluación se realizaron cuatro aplicaciones de las fuentes de Silicio en el área experimental, en un intervalo de 15 días; estas aplicaciones se distribuyeron de la siguiente forma: la primera se realizó a los 20 días después del trasplante, la segunda a los 35 días, la tercera aplicación se realizó a los 50 días y la cuarta aplicación se realizó a los 65 días después del trasplante.

#### ***6.9.8. Control de plagas y enfermedades***

La cebolla es un cultivo que es susceptible a diferentes plagas y enfermedades, debido a esto durante la evaluación se realizó un constante monitoreo sobre las mismas y también se

realizaron aplicaciones de fungicidas preventivos y curativos utilizando las dosis establecidas en el panfleto de cada uno de los productos.

Los ingredientes activos utilizados durante el manejo del experimento para el control de hongos fitopatógenos fueron los siguientes: Fosetil aluminio + Propamocarb a una dosis de 1.14 l/ha, Difeconazol + Asotrystrobin a una dosis de 0.3 l/ha, Difeconazol a una dosis de 0.6 l/ha, Tebuconazole + Fluopyram a una dosis de 0.3 l/ha y aceite parafínico a una dosis de 2.2 l/ha.

Para el control de plagas durante la evaluación se utilizaron varios insecticidas existentes en el mercado como los que se describen a continuación: Chlorpyrifos a una dosis de 1.14 l/ha, Chlorpyrifos + Cipermetrina 0.5 l/ha, Abamectina a una dosis de 0.1 l/ha y Tiociclam 0.4 kg/ha

Se debe mencionar que en todas las aplicaciones realizadas se utilizó un adherente a base de silicona para una mejor penetración de los plaguicidas en la planta.

#### ***6.9.9. Análisis foliar.***

A los 70 días después del trasplante, se realizó un muestreo foliar, esto con la finalidad de conocer la cantidad de nutrientes contenida en el área foliar de cada uno de los tratamientos, para ello se recolectaron 20 hojas completamente desarrolladas y sanas de la parte superior de la planta en cada tratamiento.

Según Estauder (2010), las muestras foliares se analizan en las condiciones que llegan al laboratorio, quizá el mayor potencial de error en el análisis foliar se encuentra en el proceso de muestreo. Por esta razón es importante que el muestreo se realice de manera cuidadosa siguiendo los procedimientos adecuados, en el cultivo de cebolla el muestreo foliar se debe de realizar antes

del desarrollo completo del bulbo tomando una porción aérea de la planta sin raíces y sin porciones blancas.

#### **6.9.10. Cosecha**

La cosecha se realizó el 15 de agosto del 2018, a los 98 días después del trasplante, con la finalidad de recolectar toda la información necesaria de las variables evaluadas. Cabe mencionar que todos los datos de campo recolectados al momento de la cosecha fueron obtenidos únicamente de la parcela neta para evitar el efecto borde entre los tratamientos.

### **6.10. Variables respuesta**

#### **6.10.1. Componentes de rendimiento**

**a. Peso del bulbo (t/ha).** Esta variable se midió al momento de la cosecha en campo, pesando los bulbos obtenidos de la parcela neta, utilizando una balanza debidamente calibrada, para conocer el peso de los bulbos y posteriormente proyectar el peso en t/ha, en la medición de esta variable no se realizó ningún tipo de clasificación del bulbo según su tamaño.

**b. millares de plantas por hectárea.** Esta variable se midió debido a que el millar es la unidad de medida en el mercado local para comercializar la cebolla; un millar contiene 1000 cebollas las cuales están compuestas en manojos de 10 cebollas. Para conocer los datos de campo correspondientes a esta variable se procedió a realizar una clasificación de cebolla de primera y de segunda de acuerdo al tamaño de los bulbos como lo requiere el mercado local. En la siguiente tabla se puede observar las tres clasificaciones de la cebolla en centímetros y también el peso en gramo.

**Tabla 7.***Clasificación de la cebolla de acuerdo a su tamaño y peso.*

Denominación	Pequeño		Mediano		Grande	
Sección transversal (cm)	6	8	8	10	10	12
Sección longitudinal (cm)	4	5	5	6	6	7
Peso (g)	83	85	85	130	130	200

(MAGA, 2017)

### **6.10.2. Componentes de crecimiento vegetativo**

**a. Altura de la planta.** Esta variable se midió con una cinta métrica al momento de la cosecha, para ello se tomaron 10 plantas de cada tratamiento a las cuales se les midió la altura del tallo y de esta forma se obtuvo el promedio de altura de planta, utilizándose una cinta métrica.

**b. Número de hojas.** Al momento de la cosecha se contó el número de hojas a 10 plantas de la parcela neta, con la finalidad de obtener el promedio de número de hojas de cada tratamiento.

**c. Diámetro de tallo.** Los datos de esta variable se obtuvieron midiendo con un vernier el grosor de tallo de 10 plantas establecidas en cada tratamiento al momento de la cosecha para después obtener el promedio correspondiente a esta variable.

**d. Diámetro de bulbo.** Se midió el diámetro ecuatorial y polar de los bulbos, para cuantificar el tamaño obtenido en cada tratamiento. Esta actividad se realizó a la hora de la cosecha utilizando un instrumento tipo vernier.

### **6.10.3. *Contenido de nutrientes en el área foliar***

Se determinó el contenido de nutrientes en el área foliar, por medio de los resultados proporcionados por el laboratorio donde se analizaron las muestras de cada tratamiento el resultado se adjuntó en anexos.

## **6.11. Análisis de la información**

### **6.11.1. *Análisis estadístico***

Luego de la recolección de los datos de campo correspondientes a cada una de las variables medidas durante la investigación, se procedió a realizar un análisis estadístico de varianza (ANDEVA), utilizando una hoja de Excel donde fueron tabulados los datos de cada una de las variables enunciadas, de encontrar significancia se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para determinar si los tratamientos son estadísticamente diferentes.

### **6.11.2. *Análisis de la cantidad de nutrientes en el área foliar***

Para realizar el análisis respectivo de la cantidad de nutrientes el área foliar contenido en cada uno de los tratamientos de acuerdo a los resultados proporcionados por el laboratorio, se realizó una tabla comparativa para conocer si los nutrientes reportados en los tratamientos evaluados se encuentran dentro del rango de suficiencia de nutrientes adecuados para el cultivo de cebolla.



### **6.11.3. Análisis económico**

El análisis económico se realizó para poder determinar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos; para ello se realizó un listado de todos los rubros que conformaron el costo de producción, clasificándolos en costos directos e indirectos. Seguidamente a los ingresos se le restaron los costos de producción para conocer la utilidad neta; se debe mencionar que para conocer la rentabilidad se utilizó la fórmula respectiva en cada uno de los tratamientos (De Paz, 2014).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Componentes de rendimiento

#### 7.1.1. *Peso del bulbo*

Según INIA (2017), en la cebolla el órgano que se consume de la planta generalmente es el bulbo; a continuación, en la tabla nueve se presentan los datos de campo en toneladas por hectárea que se obtuvieron al momento de la cosecha; para obtener estos resultados se arrancaron las plantas de cebolla de la parcela neta, seguidamente se procedió a cortar el tallo de cada bulbo para después obtener el peso de los bulbos de cada parcela neta y hacer las proyecciones respectivas a toneladas por hectárea.

**Tabla 8.**

*Datos de campo para la variable rendimiento, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV	V		
T1	58.23	58.23	60.94	55.52	55.25	288.17	57.63
T2	58.95	61.41	56.23	53.52	61.64	291.76	58.35
T3	55.13	48.01	46.21	47.61	50.12	247.07	49.41
T4	47.41	48.76	50.11	55.52	44.70	246.51	49.30
T5	56.52	53.82	49.76	59.23	61.94	281.27	56.25
TOTAL	276.24	270.23	263.24	271.41	273.65	1354.77	54.19

En la tabla presentada anteriormente, se pueden observar las medias de rendimiento de los tratamientos utilizados en esta investigación; Según BEJO (2017), los rendimientos en cebolla

Santa María oscilan en un rango que va de 45 a 60 t/ha, los cuales son similares a los datos obtenidos en esta evaluación ya que las medias de rendimientos oscilan en un rango de 49.30 a 58.35 t/ha.

Al realizar un análisis de los resultados se puede comprobar que el tratamiento que presentó la mayor media de rendimiento fue el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizantes), ya que tuvo un rendimiento de 58.35 t/ha, seguido del tratamiento uno (silicato de potasio + fertilizantes) con un rendimiento de 57.63 t/ha. Con los resultados obtenidos se puede evidenciar que la fertilización al suelo es de mucha importancia para la producción de cebolla, pero al mismo tiempo se puede comprobar que al realizar aplicaciones foliares de Dióxido de Silicio se incrementa de una mejor forma la producción del cultivo que al realizar aplicaciones foliares de Silicato de Potasio.

Al realizar una comparación de los dos tratamientos mencionados anteriormente con el tratamiento número cinco (testigo relativo) se puede comprobar que al realizar aplicaciones foliares de Dióxido de Silicio en el cultivo de cebolla se puede incrementar la producción en 2.1 t/ha, mientras que al hacer aplicaciones de Silicato de Potasio existe un incremento en la producción de 1.38 t/ha.

Cabe mencionar que al realizar un análisis de las medias obtenidas en los dos tratamientos donde no se realizó la aplicación de ningún tipo de fertilizantes químicos al suelo tratamiento número tres (silicato de potasio + 0 fertilizantes) y tratamiento número cuatro (dióxido de silicio + 0 fertilizantes) el que presentó el mayor rendimiento fue el tratamiento número tres (silicato de potasio + 0 fertilizantes) con un rendimiento de 49.41 t/ha, seguido del tratamiento número cuatro (dióxido de silicio + 0 fertilizantes) el cual tuvo un rendimiento de 49.30 t/ha existiendo una

diferencia de 0.11 t/ha; con estos resultados se puede deducir que el Silicato de Potasio es más eficiente para incrementar la producción que el Dióxido de Silicio cuando no existe una nutrición química aplicada al suelo en el cultivo de cebolla.

Para determinar si existen diferencias estadísticas entre los resultados obtenidos en la variable de rendimiento se procedió a realizar el análisis de varianza respectivo el cual se encuentra a continuación en la tabla número nueve.

**Tabla 9.**

*Análisis de varianza para la variable rendimiento, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>F V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>SCM</b>	<b>FC</b>	<b>FT 5%</b>	<b>FT 1%</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
Tratamientos	4	400.70	100.18	6.33	3.01	4.77	**
Bloques	4	19.08	4.77	0.30	3.01	4.77	NS
Error	16	253.39	15.84				
Total	24	673.17					

CV: 7.34 CV= coeficiente de variación, NS= no significativo; \*\* = altamente significativo;

\*=significativo.

Al someter los datos de campo correspondientes a la variable peso de bulbo a un análisis de varianza se pudo comprobar que el coeficiente de variación es de 7.34% el cual se encuentra dentro del rango adecuado ya que para este tipo de experimentos el coeficiente de variación no debe de ser mayor al 20%, por lo tanto esto indica que el experimento fue manejado de una forma adecuada; también se pudo comprobar que no existió diferencia estadística entre bloques, pero si existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, ya que F calculada es superior a F tabulada al 1% y al 5%. Seguidamente se procedió a realizar la prueba de Tukey para conocer

cuáles de los tratamientos son diferentes a los de más como se presenta a continuación en la tabla número 10.

**Tabla 10.**

*Prueba de Tukey al 5 % para la variable rendimiento, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

TRATAMIENTO	PRUEBA DE TUKEY	MEDIA	GRUPO TUKEY
T2	Dióxido de Silicio + fertilizante	58.35	A
T1	Silicato de Potasio + fertilizante	57.63	A
T5	Testigo relativo	56.25	A
T3	Silicato de Potasio+ 0 fertilizante	49.41	B
T4	Dióxido de Silicio+ 0 fertilizantes	49.30	B

Valor Tukey = 7.71

Como se puede observar en la tabla anterior, al realizar la prueba de Tukey al 5% existen dos grupos Tukey de los cuales en el grupo A es donde se encuentran los mejores tratamientos, los cuales favorecen el rendimiento en el cultivo de cebolla siendo los siguientes: tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizante) con una media de rendimiento de 58.35 toneladas por hectárea; tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizante) con un rendimiento de 57.63 toneladas por hectárea y el tratamiento número cinco (testigo relativo) el cual tiene una media de rendimiento de 56.25 toneladas por hectárea; se debe mencionar que los tratamientos descritos anteriormente son estadísticamente iguales, aunque se tuvieron los mejores resultados donde se aplicaron las diferentes fuentes de Silicio; esto concuerda con lo indicado por Quero (Sf), citado por (Nájera, 2016) donde hace mención que el Silicio incrementa la productividad y calidad de las

cosechas agrícolas, ya que numerosos reportes de investigación han demostrado los beneficios al obtener cosechas superiores, mediante la fertilización con Silicio.

### **7.1.2. Millares de plantas por hectárea**

El millar es una medida que se utiliza en el mercado local para comercializar la cebolla, un millar consta de mil cabezas de cebolla (100 manojos de 10 cabezas de cebolla cada uno) se clasifica la cebolla en relación al tamaño del bulbo, el cual hay tres clasificaciones: cebolla de primera, segunda y tercera, esta clasificación se realiza al momento de la cosecha para vender en el mercado local.

A continuación, en la tabla número 11, se presentan los datos que corresponden a esta variable, los cuales se midieron al momento de la cosecha del área experimental, realizando una clasificación de los bulbos de acuerdo a los tamaños que requiere el mercado local.

**Tabla 11.**

*Datos de campo para la variable rendimiento en millares por hectárea, efectos de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>CLASIFICACIÓN POR CALIDAD</b>				
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>PRIMERA</b>	<b>SEGUNDA</b>	<b>TERCERA</b>	<b>TOTAL</b>
T1	410.83	99.37	0.00	510.20
T2	424.50	85.70	0.00	510.20
T3	365.50	136.58	8.12	510.20
T4	340.20	160.00	10.00	510.20
T5	403.92	106.28	0.00	510.20

Como se observa en la tabla expuesta anteriormente, la densidad de plantas utilizadas en la investigación fue de 510,200 plantas por hectárea, lo cual es equivalente a 510.20 millares por hectárea; al realizar un análisis de los datos recolectados se puede determinar que en los tres tratamientos (T1, T2 y T5) donde se utilizaron fertilizantes químicos al suelo no existió cebolla de tercera, mientras que en los demás tratamientos si hubo.

Al observar el comportamiento de la calidad en diferentes tratamientos evaluados se puede determinar que el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizante) tuvo la mayor producción de cebolla de primera, ya que de este tratamiento se obtuvieron 424.50 millares de cebolla de primera, seguido del tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizante) con 410.83 millares de cebolla de primera. Al realizar un análisis de la cebolla de segunda obtenida en los dos tratamientos descritos anteriormente se puede observar que existió una relación inversa entre las dos primeras calidades del bulbo de cebolla ya que, a mayor cantidad de cebolla de primera, menor cantidad de segunda.

## **7.2. Componentes de crecimiento vegetativo**

### ***7.2.1. Altura de planta***

Según Medina (2008), el follaje de la cebolla crece hasta que las condiciones externas favorezcan la formación y desarrollo del bulbo; otro factor importante a tomar en cuenta en el crecimiento del follaje es la variedad, la nutrición y el clima. A continuación, en la tabla número 12, se presentan los datos de campo correspondientes a la variable altura de planta, los cuales fueron obtenidos al momento de la cosecha.

**Tabla 12.**

*Datos de campo para la variable altura de planta en centímetros, efecto de fuentes de silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

TRATAMIENTO	REPETICIONES					TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV	V		
T1	59.50	60.00	59.20	58.50	59.00	296.20	59.24
T2	57.10	60.00	60.80	64.00	60.10	302.00	60.40
T3	49.70	50.20	59.00	56.10	56.70	271.70	54.34
T4	51.70	53.90	49.80	54.60	58.60	268.60	53.72
T5	58.50	51.20	57.30	60.80	55.30	283.10	56.62
TOTAL	276.50	275.30	286.10	294.00	289.70	1421.60	56.86

Al realizar un análisis de las medias que corresponden a la variable de altura de planta se puede determinar que la media general fue de 56.86 centímetros y que el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizante) tuvo una altura de planta de 60.40 centímetros, la cual fue superior a los demás tratamientos, seguido del tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizante) el cual tuvo una altura de planta de 59.24 centímetros. Un buen desarrollo vegetativo (altura) de la planta se obtiene bulbos de mayor tamaño, esto significa mayor rendimiento, y también beneficio económico para el agricultor.

Para determinar si existe diferencia estadística entre los datos de campo correspondientes a la variable altura de planta, se procedió a realizar el análisis de varianza respectivo el cual se presenta a continuación en la tabla número 13.



**Tabla 13.**

*Análisis de varianza para la variable altura de planta en centímetros, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>F V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>SCM</b>	<b>FC</b>	<b>FT 5%</b>	<b>FT 1%</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
Tratamientos	4	172.32	43.08	5.01	3.01	4.77	**
Bloques	4	53.67	13.42	1.56	3.01	4.77	NS
Error	16	137.55	8.60				
Total	24	363.54					

CV= 5.16 CV=coeficiente de variación, NS= no significancia, \*\*= altamente significativo, \*= significativo.

Al someter los datos de altura de planta en centímetros al análisis de varianza se tuvo un coeficiente de variación de 5.16% lo cual indica que los datos obtenidos son confiables. También se determinó que no existe diferencia estadística entre los bloques, pero si existe diferencia estadística entre los tratamientos ya que F calculada es mayor a F tabulada al 5% y al 1%, lo cual indica que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, se procede a realizar la prueba de Tukey para determinar que tratamientos son diferente ante los demás.

**Tabla 14.**

*Prueba de Tukey al 5 % para la variable altura de planta en centímetros, evaluación de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>MEDIA</b>	<b>Grupo Tukey</b>
T2	Dióxido de Silicio + fertilizante	60.40	A
T1	Silicato de Potasio + fertilizante	59.24	A
T5	testigo relativo	56.62	A
T3	Silicato de Potasio + 0 fertilizante	54.34	B
T4	Dióxido de Silicio + 0 fertilizante	53.72	B

Valor Tukey= 5.68

Al realizar la prueba de Tukey al 5% se puede comprobar que en los datos de altura de planta existen dos grupos Tukey, siendo en el grupo A donde se encuentran los tratamientos que presentaron una mayor altura de planta los cuales fueron el tratamiento dos (dióxido de silicio + fertilizante) el cual obtuvo una altura de 60.40 centímetros, tratamiento uno (silicato de potasio + fertilizante) 59.24 centímetros y el tratamiento cinco (testigo relativo) con 56.62 centímetros de altura. El Dióxido de Silicio interviene en los mecanismos metabólicos de regulación de nutrientes y relacionados con la fotosíntesis (AEFA, 2019) de esta manera se pudo alcanzar mayor altura en el tratamiento dos (dióxido de silicio + fertilizante).

### **7.2.2. Número de hojas**

El número de hojas en el cultivo de cebolla depende de las condiciones óptimas, el cultivar, el manejo agronómico y la época de siembra (Medina, 2008). A continuación, en la tabla número

15 se presentan los datos de campo correspondientes a la variable número de hojas, la cual se obtuvo de cada parcela neta establecida en la evaluación.

**Tabla 15.**

*Datos de campo para la variable número de hojas, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

TRATAMIENTO	REPETICIONES					TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV	V		
1	8.4	6.9	8.9	6.7	8.1	39.0	7.8
2	7.3	8.4	8.4	8.3	7.2	39.6	7.9
3	6.8	8.0	9.6	8.3	8.2	40.9	8.2
4	8.2	7.8	8.3	7.9	7.5	39.7	7.9
5	7.4	7.7	7.8	7.6	7.2	37.7	7.5
TOTAL	38.1	38.8	43.0	38.8	38.2	196.9	7.9

Al realizar un análisis numérico de las medias que corresponden a la variable de número de hojas se puede comprobar que el comportamiento de esta variable en todos los tratamientos fue similar, ya que en todos existió una media de siete puntos nueve hojas por planta, por lo tanto, se puede comprobar que las aplicaciones foliares de Silicio no tuvieron ningún efecto en esta variable. Para determinar si los datos expuestos en el cuadro anterior tienen diferencia estadística se realizó un análisis de varianza el cual se presenta posteriormente en la tabla número 16.

**Tabla 16.**

*Análisis de varianza para la variable número de hojas, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>F V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>SCM</b>	<b>FC</b>	<b>FT 5%</b>	<b>FT 1%</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
Tratamientos	4	1.09	0.27	0.67	3.01	4.77	NS
Bloques	4	3.36	0.84	2.09	3.01	4.77	NS
Error	16	6.44	0.40				
Total	24	10.89					

CV=8.00 CV=coeficiente de variación, NS= no significancia, \*\*= altamente significativo, \*= significativo.

Al realizar el análisis de varianza se tuvo un coeficiente de variación del 8% el cual es adecuado para este tipo de experimentos, se puede determinar que no existe diferencia estadística significativa tanto entre bloques como entre los tratamientos evaluados durante la investigación ya que F calculada es inferior a F tabulada al 5 y al 1 %. No se procede a realizar la prueba de Tukey, esta se realiza cuando existe diferencia significativa entre los tratamientos.

#### **7.2.4. Diámetro de tallo.**

Según Medina (2008), la cebolla presenta dos tipos de tallos. Un tallo verdadero situado en la base de los bulbos, de donde brotan las yemas, las hojas y las raíces y el otro tallo que brota del escapo floral.

**Tabla 17.**

*Datos de campo para la variable diámetro de tallo en centímetros, efectos de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

TRATAMIENTO	REPETICIONES					TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV	V		
1	1.20	1.15	1.15	1.30	1.21	6.01	1.20
2	1.08	1.19	1.31	1.47	1.31	6.36	1.27
3	1.05	1.06	1.10	1.10	1.20	5.51	1.10
4	1.03	1.16	1.23	1.10	1.09	5.61	1.12
5	1.10	1.06	1.10	1.05	1.11	5.42	1.08
TOTAL	5.46	5.62	5.89	6.02	5.92	28.91	1.15

Al realizar el análisis de las medias obtenidas en los diferentes tratamientos para la variable diámetro de tallo, se observa que la media general fue de 1.15 centímetros; siendo el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizantes) el que tuvo un valor que superó a los demás tratamientos con 1.27 centímetros de diámetro de tallo y el tratamiento número cinco (testigo relativo) fue el que tuvo un valor inferior a todos los tratamientos el cual fue de 1.08 centímetros de diámetro de tallo; con los resultados presentados en la tabla anterior se puede deducir que las aplicaciones de Silicio tuvieron un efecto positivo para esta variable ya que en todos los tratamientos donde se realizaron aplicaciones de las diferentes fuentes de Silicio se tuvo una media de diámetro de tallo superior a la media obtenida en el tratamiento número cinco (testigo relativo).

Para determinar si existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados se procedió a realizar un análisis de varianza a los datos recolectados en campo que corresponden a la variable diámetro de tallo como se presenta a continuación en la tabla número 18.

**Tabla 18.**

*Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en centímetros, efectos de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>F V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>SCM</b>	<b>FC</b>	<b>FT 5%</b>	<b>FT 1%</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
Tratamientos	4	0.12	0.03	5.10	3.01	4.77	**
Bloques	4	0.04	0.01	1.58	3.01	4.77	NS
Error	16	0.10	0.0063				
Total	24	0.26					

CV=6.75 CV=coeficiente de variación, NS= no significancia, \*\*= altamente significativo, \*= significativo.

Al realizar el análisis de varianza, se pudo determinar que el coeficiente de variación para los datos correspondientes a la variable diámetro de tallo es de 6.75%, el cual es aceptable para este tipo de investigaciones, indicando que el experimento fue manejado adecuadamente y los datos obtenidos son confiables; por medio del análisis de varianza, también se determinó que existe una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos ya que la F calculada es mayor a la F tabulada al 5 y 1% ; por lo que fue necesario realizar la prueba de Tukey al 5%, para determinar cuál de los tratamientos son diferentes, como se presenta a continuación en la tabla 19.

**Tabla 19.**

*Prueba de Tukey al 5 % de diámetro de tallo en centímetros en el cultivo de cebolla, evaluación de fuentes de Silicio; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>Tratamiento</b>	<b>PRUEBA DE TUKEY</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO TUKEY</b>
T2	Dióxido de Silicio + fertilizantes	1.27	A
T1	Silicato de Potasio + fertilizantes	1.20	A
T4	Dióxido de Silicio + 0 fertilizantes	1.12	A
T3	Silicato de Potasio + 0 fertilizantes	1.10	B
T5	testigo relativo	1.08	B

Valor Tukey= 0.15

El análisis de la prueba de Tukey al 5% se puede comprobar que existen dos grupos Tukey siendo el grupo A donde se encuentra el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizantes) el cual dio los mejores resultados para esta variable seguido de los tratamientos número uno (silicato de potasio + fertilizantes) y tratamiento número cuatro (dióxido de silicio + 0 fertilizante); se debe mencionar que los tratamientos descritos con anterioridad son iguales estadísticamente.

#### **7.2.4. Diámetro polar de bulbo**

A continuación, en la tabla número 20, se presentan los datos de campo que corresponden a la variable diámetro polar del bulbo, los cuales se obtuvieron al momento de la cosecha midiendo el diámetro polar de los bulbos que conformaron la parcela neta de cada tratamiento, para esta medición se utilizó un instrumento tipo vernier.

**Tabla 20.**

*Datos de campo del diámetro polar del bulbo en centímetros en el cultivo de cebolla, evaluación de fuentes de Silicio; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV	V		
1	5.75	6.10	5.62	5.52	6.05	29.04	5.81
2	5.75	5.36	5.68	6.11	5.71	28.61	5.72
3	5.10	5.5	5.49	5	5.20	26.29	5.26
4	5.1	5.61	5.42	5.81	5.20	27.14	5.43
5	5.63	5.65	5.81	5.5	5.6	28.19	5.64
TOTAL	27.33	28.22	28.02	27.94	27.76	139.27	5.57

Al realizar un análisis de las medias de la tabla anterior se observa la media de diámetro polar del bulbo oscila en un rango que va de 5.43 a 5.81 centímetros, siendo la media general 5.57 centímetros; para esta variable el tratamiento que tuvo un valor superior a los demás tratamientos fue el tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizantes) seguido del tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizantes). Para verificar si existe o no diferencia estadística entre los datos de campo recolectados que corresponden a esta variable se procedió a realizar un análisis de varianza el cual se presenta a continuación en la tabla número 21. El potasio es un elemento importante en el desarrollo de frutos, raíces y bulbos, el potasio desempeña la función de trasportar, los azúcares y carbohidratos en el floema, hasta los órganos sumideros, (bulbo) en este caso de la cebolla. El potasio activa una enzima que hace que los carbohidratos lleguen a los órganos que lo demanda, con la aplicación de potasio se logra obtener mayores tamaños de frutos, raíces y bulbos en los cultivos.



**Tabla 21.**

*Análisis de varianza para la variable diámetro polar del bulbo en centímetros, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>F V</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>SCM</b>	<b>FC</b>	<b>FT 5%</b>	<b>FT 1%</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
Tratamientos	4	1.009	0.252	3.825	3.007	4.773	*
Bloques	4	0.090	0.023	0.348	3.007	4.773	NS
Error	16	1.056	0.066				
Total	24	2.155					

CV=4.61 CV=coeficiente de variación, NS= no significancia, \*\*= altamente significativo, \*= significativo.

Al realizar el respectivo análisis de varianza, se pudo determinar que el coeficiente de variación para los datos tabulados fue de 4.61%, el cual es aceptable para este tipo de investigaciones, indicando que los datos obtenidos son confiables; por medio de este análisis, también se determinó que no existe significancia estadística para esta variable entre los bloques pero si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, ya que F calculada es superior a F tabulada al 5% e inferior a la F tabulada al 1%; por lo consiguiente se procede a realizar la prueba de Tukey al 5% para esta variable y de esta forma determinar cuáles de los tratamientos son diferentes a los demás tratamientos, este tipo de pruebas es la más utilizada para estas investigaciones, como se presenta a continuación en la tabla número 22.

**Tabla 22.**

*Prueba de Tukey al 5 % para la variable diámetro polar del bulbo en centímetros, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO TUKEY</b>
T1	Silicato de Potasio + fertilizante	5.81	A
T2	Dióxido de Silicio + fertilizante	5.72	A
T5	testigo relativo	5.64	A
T4	Dióxido de Silicio+ 0 fertilizante	5.43	A
T3	Silicato de Potasio + 0 fertilizante	5.26	B

Valor Tukey= 0.49

Al realizar la prueba de Tukey se comprobó que existen dos grupos Tukey, el grupo A y el grupo B, de los cuales el único tratamiento que mostró ser diferente ante los demás, fue el tratamiento número tres (silicato de potasio + 0 fertilizante) el cual se encuentra en el grupo B y es el que tiene la media de diámetro polar de bulbo inferior a los demás tratamientos, se debe mencionar que el resto de tratamientos se encuentran en el grupo A. El tratamiento tres no se aplicó fertilizante, de esta manera hubo un efecto en el diámetro polar del bulbo, a diferencia de los otros tratamientos.

#### ***7.2.5. Diámetro ecuatorial de bulbo.***

Según Zamora (2016), se considera que la formación de los bulbos en cebolla se lleva a cabo cuando el diámetro del bulbo es el doble del cuello; la formación de bulbos depende de cuatro factores importantes los cuales son: fotoperiodo, temperatura, tamaño de la planta y aplicaciones

de nitrógeno; en el caso de fotoperiodo cada variedad tiene una longitud de día crítico para la formación de bulbos.

A continuación, en la tabla número 23 se presentan los datos de campo que corresponden a la variable diámetro ecuatorial del bulbo los cuales de recolectaron al momento de la cosecha midiendo el diámetro ecuatorial de los bulbos con vernier, los datos son tomados de la parcela neta para evitar el efecto de borde, de esta forma los datos son confiables.

**Tabla 23.**

*Datos de campo para la variable diámetro ecuatorial del bulbo en centímetros, efecto de fuentes de Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					TOTAL	MEDIA
	I	II	III	IV	V		
1	5.51	5.73	6.10	5.57	5.82	28.73	5.75
2	5.36	5.50	5.87	6.36	6.04	29.13	5.83
3	5.10	5.66	5.28	5.50	5.10	26.64	5.33
4	5.30	5.64	5.10	5.40	5.98	27.42	5.48
5	5.63	5.60	5.81	5.87	5.83	28.74	5.75
TOTAL	26.90	28.13	28.16	28.70	28.77	140.66	5.63

En la tabla anterior se puede observar que la media general de diámetro ecuatorial del bulbo fue de 5.63 centímetros y que el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizante) fue el que presentó el diámetro ecuatorial superior a los demás tratamientos con 5.83 centímetros, seguido del tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizante) y el tratamiento número cinco (testigo relativo), los cuales tuvieron un diámetro ecuatorial de 5.75 centímetros.

Seguidamente se procedió a realizar un análisis de varianza a los datos de campo que corresponden a esta variable, la cual se presenta a continuación en la tabla número 24, esto se realizó para poder determinar si existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados durante la investigación.

**Tabla 24.**

*Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial del bulbo en centímetros, efectos de fuentes Silicio en el cultivo de cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>F V</b>	<b>GL</b>	<b>G</b>	<b>SCM</b>	<b>FC</b>	<b>FT 5%</b>	<b>FT 1%</b>	<b>SIGNIFICANCIA</b>
Tratamientos	4	0.891	0.223	2.995	3.007	4.773	NS
Bloques	4	0.450	0.112	1.511	3.007	4.773	NS
Error	16	1.190	0.074				
Total	24	2.531					

CV=4.85 CV=coeficiente de variación, NS= no significancia, \*\*= altamente significativo, \*= significativo.

Al realizar el análisis de varianza respectivo se pudo determinar que el coeficiente de variación se encuentra dentro del rango adecuado ya que es de 4.85 % y que no existe diferencia estadística entre los bloques ni entre los tratamientos ya que F calculada es inferior a F tabulada al 5 y al 1% por lo tanto, no fue necesario realizar la prueba de Tukey para los datos de esta variable.

### **7.3. Contenido de nutrientes en el área foliar.**

El análisis foliar de la planta puede ser usado como guía para la fertilización, de los cultivos para evaluar los programas de fertilización para el monitoreo del equilibrio o desequilibrio de

nutrientes del cultivo. (Foliar, 2011). A continuación, en la tabla número 25 se presentan los resultados de las diferentes muestras enviadas al laboratorio.

**Tabla 25.**

*Contenido nutricional del área foliar en macronutrientes (%) y micronutrientes (ppm), evaluación de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>Niveles</b>										
<b>adecuados</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Mínimo</b>	1.50	0.25	1.00	0.50	0.20	30.00	5.00	60.00	30.00	10.00
<b>Máximo</b>	2.50	0.40	4.00	1.50	0.50	45.00	20.00	200.00	200.00	100.00
<b>Tratamientos</b>										
1	3.14	0.26	3.63	1.57	0.32	30.82	5.69	90.62	122.40	66.62
2	3.25	0.23	3.31	1.38	0.31	26.99	4.94	69.26	86.00	46.40
3	2.80	0.25	2.63	1.16	0.29	25.15	4.60	54.39	45.90	22.17
4	2.86	0.27	2.68	1.24	0.28	28.98	4.70	65.04	68.67	36.77
5	3.25	0.28	3.35	1.38	0.30	27.86	4.55	75.23	104.70	55.82

Al realizar un análisis del contenido de nutrientes en el área foliar de acuerdo a los datos presentados en la tabla anterior y de acuerdo a los niveles de suficiencia de nutrientes proporcionados por el laboratorio donde se realizaron los análisis, se puede observar que el nitrógeno es un elemento que se encontró en niveles superiores a los niveles de suficiencia recomendados, aunque los valores más altos se encuentran en los tratamientos donde se aplicó fertilizantes químicos al suelo que son los tratamientos uno (silicato de potasio + fertilizante) dos (dióxido de silicio + fertilizante) y cinco (testigo relativo).

También se debe mencionar que el fósforo es un elemento que se encontró en los niveles adecuados en la mayoría de tratamientos, no así en el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizante) el cual presenta un valor inferior a los recomendados, aunque en las observaciones de campo que se realizaron durante la investigación este tratamiento no presentó ningún síntoma que se pudiera relacionar con una deficiencia de fósforo.

Además, el contenido de nutrientes como potasio, calcio, magnesio, manganeso y zinc se encontraron dentro del rango adecuado en todos los tratamientos, no así el boro y el cobre los cuales presentaron un valor adecuado solo en el tratamiento uno (silicato de potasio + fertilizante) y un valor inferior en los demás tratamientos; el hierro es un elemento que se presentó en los niveles adecuados en la mayoría de tratamientos evaluados a excepción del tratamiento número tres (silicato de potasio + 0 fertilizante) donde tuvo un valor inferior al recomendado. Un aumento de la absorción de Silicio fortalece el poder oxidante de las raíces del arroz y disminuye una excesiva absorción de hierro y magnesio (SEPHU, El Silicio (SiO<sub>2</sub>), 2012).

**Tabla 26.**  
*Resultado del análisis de suelo de macronutrientes y micronutrientes (ppm) del área experimental, Zunil, Quetzaltenango, 2017.*

<b>Niveles</b>										
<b>adecuados</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Al</b>
Mínimo	30	150	1000	100	10	1	40	10	2	
Máximo	75	300	2000	250	100	7	250	250	25	<20% Sat Al
Resultados	641.30	290.10	1198	160.20	45.10	10.10	284.50	40.30	22.90	< 8.0

Se realizó un análisis de suelo antes de establecer el experimento, con el objetivo de conocer la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Como se puede determinar en la tabla número 26, todos los elementos están en el rango adecuado, excepto el fósforo, el cobre y el hierro que sobrepasan los niveles de suficiencia adecuados. También mencionar que la saturación de aluminio está en el rango permitido.

**Tabla 27.**

*Análisis de los parámetros del suelo del área experimental, Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

<b>Elementos</b>		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
pH	5.43	5.5	7.2
Concentración de Sales (c.s)	0.20 dS/m	0.2	0.8
Materia Orgánica (M.O)	2.10%	2	4
C.I.Ce	8.1 meq/100ml	5	15
Saturación de k	9.15%	4%	6%
Saturación de Ca	73.69%	60%	80%
Saturación de Mg	16.42%	10%	20%
Saturación de Al+H	0.70%		<20%

(Analíticas, 2017)

En el cuadro número ocho se puede observar los parámetros del suelo, el cual la mayoría están en el rango adecuado, así como concentración de sales, materia orgánica, C.I.Ce, saturación de calcio, saturación de magnesio, y aluminio, por otro lado el pH del suelo es ácido de 5.43, y saturación de potasio tiene un valor alto, estos dos parámetros hay que tenerlos en cuenta (Analíticas, 2017) porque pueden influir en los resultados de la investigación.

#### 7.4. Análisis económico

A continuación, en la tabla número 28, se presentan los datos de ingresos, egresos, utilidad y rentabilidad de cada uno de cada uno de los tratamientos evaluados; para obtener estos datos fue necesario obtener el costo de cada uno de los rubros que se utilizaron durante todo el ciclo de producción del cultivo durante la evaluación.

**Tabla 28.**

*Costos de producción por hectárea, evaluación de fuentes de silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

Tratamiento	Fuentes de silicio	Ingresos	Egresos	Utilidad	Rentabilidad
		(Q/ha)	(Q/ha)	neta (Q/ha)	%/ha)
1	Silicato de Potasio + fertilizante	Q177,870.00	Q127,219.68	Q50,650.32	39.81
2	Dióxido de Silicio +fertilizante	Q180,091.80	Q126,879.18	Q53,212.62	41.94
3	Silicato de Potasio + 0 fertilizante	Q152,499.20	Q114,224.04	Q38,275.16	33.51
4	Dióxido de Silicio + 0 fertilizante)	Q152,160.40	Q113,883.54	Q38,276.86	33.61
5	Testigo relativo	Q173,609.80	Q126,692.28	Q46,917.52	37.03

Como se puede observar en el cuadro presentado anteriormente, el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizante) fue el que presentó una utilidad neta de Q53,212.62 la cual es superior a los demás tratamientos y una rentabilidad mayor ante los demás tratamientos, ya que la rentabilidad en este tratamiento fue de 41.94%, seguido del tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizante) el cual tuvo una utilidad neta de Q50,650.32 y una rentabilidad del 39.81%.

Según los datos obtenidos en el análisis económico se puede concretar que los productores pueden obtener una mejor rentabilidad en el cultivo de cebolla realizando cuatro aplicaciones foliares de Dióxido de Silicio vía foliar durante todo el ciclo del cultivo.



En este sentido en la tabla número 29 se presenta un resumen de las diferentes variables evaluadas durante esta investigación con la finalidad de conocer la tendencia de cada uno de los tratamientos y su respuesta a las aplicaciones foliares de las diferentes fuentes de Silicio que se evaluaron vía foliar en el cultivo de cebolla.

**Tabla 29.**

*Resumen de variables, evaluación de fuentes de Silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.*

Tratamiento	Rendimiento	Millares/ ha		Altura	Número	Diámetro de tallo (cm)	Diámetro del bulbo (cm)		Rentabilidad %
		Primera	Segunda	de Planta (cm)	de hojas (cm)		Polar	Ecuatorial	
1	57.63	410.83	99.37	59.24	8	1.20	5.81	5.75	39.81
2	58.35	424.50	85.70	60.40	8	1.27	5.72	5.83	41.94
3	49.41	365.50	136.58	54.34	8	1.10	5.26	5.33	33.51
4	49.30	340.20	160.00	53.72	8	1.12	5.43	5.48	33.61
5	56.25	403.92	106.28	56.62	8	1.08	5.64	5.75	37.03

Al realizar un análisis de los datos presentados en la tabla anterior se puede determinar que el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizante) siempre tuvo una tendencia superior a los demás tratamientos, seguido del tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizantes) en la mayoría de variables, excepto para la variable número de hojas por planta en donde tuvieron un comportamiento igual a los demás tratamientos.

## 8. CONCLUSIONES

Al realizar el análisis estadístico para la variable de rendimiento en t/ha, se observa que existió una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, con lo que se acepta la hipótesis número uno, ya que los tratamientos que presentaron los mejores resultados fueron el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizante), tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizantes) y el tratamiento número cinco (testigo relativo). Se debe hacer mención que, aunque los tres tratamientos mencionados anteriormente son iguales estadísticamente se tuvieron mejores resultados en el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizantes).

Al hacer un análisis de la tabla comparativa realizado para la variable de millares por hectárea se puede concluir que el tratamiento que tuvo un comportamiento superior a los demás tratamientos en cuanto a calidad del bulbo producido, fue el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizantes), seguido del tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizantes); estos fueron los que presentaron la mayor cantidad de bulbo de primera según la clasificación que se realiza en el mercado local.

Al realizar el análisis estadístico para la variable altura de planta se llegó a la conclusión que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos; debido a esto se acepta la hipótesis número tres siendo los siguientes tratamientos los que presentaron los mejores resultados: tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizante), tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizantes) y el tratamiento número cinco (testigo relativo).

Para la variable número de hojas por planta, no se encontraron diferencias estadísticas al realizar el análisis de varianza, por lo tanto, se puede concluir que las aplicaciones foliares de las

dos fuentes de Silicio evaluadas no tuvieron efecto sobre la misma, por lo que se rechaza la hipótesis número cuatro.

Para la variable diámetro de tallo según el análisis de varianza realizado a los datos de campo se concluye que existió una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis número cinco; en esta variable los mejores resultados se presentaron en los tratamientos número dos (dióxido de silicio + fertilizante), tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizantes y el tratamiento número 4 (dióxido de silicio + 0 fertilizantes).

En cuanto al diámetro polar del bulbo se tuvo una diferencia significativa entre los tratamientos siendo el tratamiento número tres (silicato de potasio + 0 fertilizante) el que presentó un diámetro polar diferente estadísticamente ante los demás tratamientos por lo tanto se acepta la hipótesis número seis.

Para la variable diámetro ecuatorial del bulbo no existió diferencia estadística entre los tratamientos, debido a estos resultados se rechaza la hipótesis número siete.

Para la variable cantidad de nutrientes en el área foliar se pudo determinar que no existió una diferencia notable entre el contenido de nutrientes, ya que en la mayoría de tratamientos el contenido de nutrientes se encontró dentro de los niveles de suficiencia sugeridos por el laboratorio donde se realizaron los análisis.

Según el análisis económico realizado para cada uno de los tratamientos, el tratamiento número dos (dióxido de silicio + fertilizante) fue el que presentó una mayor rentabilidad ante los demás tratamientos evaluados, seguido del tratamiento número uno (silicato de potasio + fertilizante).

## **9. RECOMENDACIONES**

Según los resultados obtenidos en esta investigación y de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolló, se recomienda aplicar 0.89 kilogramos de Dióxido de Silicio en cuatro aplicaciones foliares durante el ciclo de producción del cultivo de cebolla, ya que esta fuente fue la que presentó los mejores resultados en cuanto a rendimiento del cultivo.

En futuras investigaciones se recomienda realizar una evaluación de Silicio granulado aplicado al suelo para conocer el efecto del mismo en el cultivo de cebolla

Se recomienda también, hacer una réplica de esta investigación bajo condiciones edafoclimáticas diferentes a las observadas en el presente estudio, para determinar si el efecto de las fuentes de Silicio es el mismo bajo diferentes condiciones.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEFA. (2019). *El Silicio como Fertilizante y Bioestimulante Agrícola*. Obtenido de AEFA Web site: <https://aefa-agronutrientes.org/el-silicio-como-fertilizante-y-bioestimulante-agricola>
- Agrinova. (2017). *Gama de productos*. Obtenido de [http://www.agrinova.com/productos/silicato\\_potasio\\_green\\_silk.htm](http://www.agrinova.com/productos/silicato_potasio_green_silk.htm)
- Aguilar, J. (2012). *Aplicación de silicio en tomate y su efecto en la calidad nutricional*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura, Coahuila, México.
- Álvarez, C., & Osorio, W. (2014). *Silicio Agronómicamente Esencial*. Itagui, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Silicio Agronómicamente: <https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/agrosilicium/Silicio+compendio+-+agron%C3%B3micamente+esencial.pdf>
- Analíticas, S. (2017). *Informe de análisis de suelo*. Mixco, Guatemala: Soluciones Analíticas.
- Artinaid. (2003). *Porcentaje de los elementos de la corteza de la tierra*. Obtenido de Web site <http://.artinaid.com/2013/04/la-litosfera-de-la-tierra/>.
- Bejo. (2017). *Semilla de hortalizas*. Guatemala.
- Benavides, E. (2012). *Respuesta del pasto Raigrás Aubade (Lolium sp), a dosis de silicio en interacción con diferentes dosis de NPK*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas , Pasto, Nariño.
- BIOSISTEMAS. (s.f.). *Guía para la toma de muestra foliar*. Obtenido de Web site [http://www.utadeo.edu.co/files/collections/documents/field\\_attached\\_file/muestreo\\_para\\_analisis\\_foliares.pdf](http://www.utadeo.edu.co/files/collections/documents/field_attached_file/muestreo_para_analisis_foliares.pdf)
- Casaca, A. (2005). *El Cultivo de Cebolla*. Tegucigalpa: Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Obtenido de SCRIBD Web site: <https://es.scribd.com/document/108610762/El-Cultivo-de-Cebolla>
- Castellanos, L., Mello, R., & Silva, C. (2015). *El silicio en la resistencia de los cultivos a las plagas agrícolas. Cultivos tropicales*, 10. Obtenido de Web site <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193243640002>
- Coloma, L. (2015). *Efecto de la aplicación foliar con dos fuentes de silicio en la agronomía y rendimiento del cultivo de arroz (Oriza sativa L), en el Quinche, provincia de Pichincha*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

- De la cruz, M. (2012). *Fertilización foliar con potasio, calcio y silicio en fresa realizada en Chapingo, México*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia Instituto de Horticultura, Chapingo, México.
- De Paz, R. (2014). *Diseños y análisis de experimentos agrícolas* (Vol. Tercera edición). Guatemala: Centro Universitario de Occidente.
- Delgado, G. (2010). *Evaluación de extractos vegetales y la aplicación de silicio para el manejo integrado de enfermedades foliares e insectos plagas en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en el condor Yaguachil*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de Guayaquil, Ciencias Agrarias, Guayaquil, Ecuador.
- Enciso, C. (2019). *Guía Técnica Cultivo de Cebolla*. San Lorenzo, Paraguay: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Obtenido de Web site <https://www.jica.go.jp>
- España, J. (2016). *Evaluación del silicio en el desarrollo de café en invernadero; Esquipulas, Chiquimula*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Zacapa.
- Estauder, N. (2010). *Guía Para Diseñar Programas Efectivos de Fertilización*.
- FAO. (2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Foliales, A. (2011). Analisis Foliar. 20. Mexico. Obtenido de Analisis Foliar Web site: <https://fuentesdeinformacioniapb.files.wordpress.com/2013/11/analisis-foliar.pdf>
- García, D. (2012). *Efecto de la aplicación de dosis de silicio mas abonos orgánicos en la poda de rehabilitación de café variedad Catimor en el distrito Alonso de Alvarado Roque provincia de Lamas*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Martín Tarapopo, Departamento Academico Agrosilvo Pastoral, Tarapopo, Perú.
- García, M. (2003). *Plagas, enfermedades y fisiopatías de cultivo de la cebolla*. Obtenido de Libros Agronomicos Web site: <C:/Users/User/Downloads/librosagronicos.blogspot.com-%20Plagas,%20enfermedades%20y%20fisiopat%C3%ADas%20del%20cultivo%20de%20la%20cebolla.pdf>
- Goites, E. (2008). *Manual de cultivos para la huerta orgánica familiar*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de Web site [http://www.incyte.org/incyte/sites/default/files/Manual\\_Cultivos\\_Pro\\_Huerta\\_Cerbas.pdf](http://www.incyte.org/incyte/sites/default/files/Manual_Cultivos_Pro_Huerta_Cerbas.pdf)
- Gudiel, R. (2010). *Efecto de cuatro dosis de caolín sobre las poblaciones de trips (*Trips tabaci*, *Thripidae* en el cultivo de cebolla (*Allium cepa*, *Liliaceae*), en Monjas, Jalapa*. Tesis de

Grado Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Ciencias ambientales y agrícolas, Jutiapa.

INE. (2003). *III Censo Nacional Agropecuario*. Instituto Nacional de Estadística, Guatemala.

INIA. (2017). *Manual de Producción de Cebolla*. Santiago de Chile. Obtenido de Web site <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/15%20Manual%20Cebollas.pdf>

Intagri. (2017). *Silicio para la nutrición y protección vegetal*. Obtenido de Intagri Web site: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y-proteccion-vegetal#>

Laguna, T., & López, J. (2004). Manejo integrado de plagas (en línea). Managua: Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/fitopatologia/wp-content/uploads/sites/30/2018/03/Guia-manejo-integrado-de-plagas-en-cebolla.pdf>

León, G. (2007). *Control de plagas y enfermedades en los cultivos*. Bogotá: Grupo Latino.

López, E., & González, B. (2014). *Diseño y análisis de experimentos (en línea)* (Vol. Segunda Edición). Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala. Obtenido de Web site [http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/images/2/2b/Dise%C3%B1o\\_y\\_An%C3%A1lisis\\_de\\_Experimentos\\_2014.pdf](http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/images/2/2b/Dise%C3%B1o_y_An%C3%A1lisis_de_Experimentos_2014.pdf)

MAGA. (2015). *El agro en cifras*. Guatemala. Obtenido de [https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/Integracion%20y%20comercio%20exterior/el\\_agro\\_en\\_cifras\\_2015.pdf](https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/Integracion%20y%20comercio%20exterior/el_agro_en_cifras_2015.pdf)

MAGA. (2017). Ficha de mercado. Guatemala. Obtenido de <https://precios.maga.gob.gt/archivos/fichas/Cebolla%20Blanca%20Seca%20de%20Primera%20Mayorista.pdf>

Martínez, T. (2014). *Control de plagas y enfermedades en el cultivo de cebolla industrial (Allium cepa) en Fresnillo Zacatecas*. Tesis de Grado Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de México, México.

Medina, J. (2008). *Guía Técnica Cebolla*. Santo Domingo: Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Obtenido de [http://190.167.99.25/digital/cebolla\\_guia\\_idiaf.pdf](http://190.167.99.25/digital/cebolla_guia_idiaf.pdf)

Moreira, A., & Hurtado, G. (2003). *Cultivo de la cebolla*. Obtenido de Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal "Enrique Álvarez Cordova" Web site: <http://www.centa.gob.sv/2015/cebolla/>

- Nájera, J. (2016). *Evaluación de la disponibilidad en el suelo y contenido de fósforo en plantas de café en respuesta a la aplicación de silicio; finca El Hato, Santa Rosa, Guatemala, C.A.* Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía .
- Peñañiel, M. (2009). *Efecto de la aplicación edáfica del silicio en diferentes dosis, en el cultivo de papa china (Colocasia esculenta) en combinación con dos niveles de abono orgánico.* Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Escuela politécnica del ejército, Ciencias Agroecuarías, Sangolquí.
- Pinedo, J. (2011). *Evaluación de dosis de silicio en el rendimiento de pepino híbrido (Cucumis sativus L) variedad Estonewall fl Lamas San Martín.* Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
- Quero. (s.f.). *Nueva tecnología para optimizar la producción agrícola tecnificada y tradicional y mejorar la calidad agrícola de suelos.* Michoacán México: Instituto Tecnológico Superior de Uruapan.
- Quiroga, A. (2016). *Respuesta a las aplicaciones de silicio en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L) variedad Modan, en condiciones de estrés hídrico bajo cubierta en Culiacán, Sinaloa.* Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de Ciencia Aplicadas y Ambientales, Ingeniería Agronómica, Bogotá.
- Segeplan. (2011). *Plan de desarrollo municipal zuni.* Quetzaltenango: Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia. Recuperado el 2 de septiembre de 2017
- SEPHU. (14 de Mayo de 2009). El Silicio como elemento fertilizante y protector de enfermedades y plagas. Zaragoza. Obtenido de [http://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/81972/028---15.05.09---El-Silicio-como-fertilizante-y-fungicida.pdf](http://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/028---15.05.09---El-Silicio-como-fertilizante-y-fungicida.pdf)
- SEPHU. (3 de Agosto de 2012). *El Silicio (SiO<sub>2</sub>).* Zaragoza: SEPHU. Obtenido de [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/81972/074---03.08.12---El-Silicio-en-Arroz.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/074---03.08.12---El-Silicio-en-Arroz.pdf)
- SEPHU. (2017). *El Silicio en la Vida y Rendimiento y Salud de las Plantas.* Obtenido de SEPHU Web site: [http://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/81972/010---13.09.07---El-Silicio-en-la-vida,-rendimiento-y-salud-de-las-plantas--Anexo-I-.pdf](http://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/010---13.09.07---El-Silicio-en-la-vida,-rendimiento-y-salud-de-las-plantas--Anexo-I-.pdf)
- Urrutia, F. (2016). *Eficacia de fuentes y dosis de silicio para el control de Mildium bellosa (Peronospora destructor) en cebolla; El Progreso, Jutiapa.* Tesis de Grado, Ingeniero



Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Jutiapa.

Vallejo, F., & Estrada, E. (2004). Producción de hortalizas de clima cálido (en línea). Colombia, sede palmira: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Web site <http://www.uneditorial.net/uflip/Produccion-de-hortalizas-de-clima-calido/pubData/source/Produccion-de-hortalizas-de-clima-calido.pdf>

## 11. ANEXOS

Costo de producción del tratamiento uno (silicato de potasio + fertilizante), evaluación de fuentes de silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>I. EGRESOS</b>				<b>Q127,219.68</b>
<b>A. Costos Directos (Variables)</b>				<b>Q97,536.40</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				<b>Q58,946.40</b>
<b>a. Pílon</b>				<b>Q28,061.00</b>
Pilón de cebolla Santa María	Millar (1000 plantas)	510.2	Q55.00	Q28,061.00
<b>b. Fertilizantes</b>				<b>Q14,719.20</b>
<b>Orgánicos</b>				<b>Q3,450.00</b>
Gallinaza	Saco de 45.36 kg	69	Q50.00	Q3,450.00
<b>Químicos</b>				<b>Q10,829.70</b>
15-15-15	Saco de 45.36 kg	5.73	Q230.00	Q1,317.90
20-20-0	Saco de 45.36 kg	5.73	Q215.00	Q1,231.95
15-0-0-26 CaO+0.3B	Saco de 45.36 kg	5.73	Q230.00	Q1,317.90
(12-11-18+ MgO 2.7 +S 8 + B 0.015 + Fe 0.2 + Mn 0.02 + Zn 0.02)	Saco de 45.36 kg	11.46	Q350.00	Q4,011.00
13-0-46	Saco de 45.36 kg	5.73	Q515.00	Q2,950.95
<b>Foliares</b>				<b>Q439.50</b>
Silisek	Envase de 1 Litro	2.93	Q150.00	Q439.50
<b>c. Insecticidas</b>				<b>Q3,486.05</b>
Phorate	Envase de 2 kg	22.90	Q75.00	Q1,717.50
Organofosforado, Chlorpyrifos	Litro	3.43	Q140.00	Q480.20
Clorpirifos, Cipermetrina	Litro	2.29	Q240.00	Q549.60
Avermectina, Abamectin	Litro	0.34	Q1,500.00	Q510.00
Thiocyclan	Bolsa de 0.2 kg	1.83	Q125.00	Q228.75
<b>d. Fungicidas</b>				<b>Q6,849.55</b>
<b>Curativos</b>				<b>Q4,582.50</b>
Fosetil aluminio+Propomocarb	Litro	3.43	400	Q1,372.00
Azoxistrobina, Difenconazole	Litro	0.88	Q950.00	Q836.00
Difeconazol	Litro	1.14	Q725.00	Q826.50
Tebuconazole, Fluopyram	Litro	1.72	Q900.00	Q1,548.00
<b>Preventivos</b>				<b>Q2,267.05</b>
Antracol	Kg	13.74	Q80.00	Q1,099.20
Aceite parafínico	Litro	13.74	Q85.00	Q1,167.85
<b>e. Adherentes</b>				<b>Q234.60</b>
Break Thru 100 SL	Litro	0.69	Q340.00	Q234.60

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>f. Herbicidas</b>				<b>Q476.00</b>
Linuron	Kg	1.19	Q400.00	Q476.00
<b>g. Envases para cosecha</b>				<b>Q3,280.00</b>
Arpilla	Unidad	1312.00	Q2.50	Q3,280.00
<b>H. Transporte</b>				<b>Q1,840.00</b>
Flete para el lugar de venta	Unidad	46.00	Q40.00	Q1,840.00
<b>2. Mano de obra</b>				<b>Q38,590.00</b>
<b>a. Preparacion del terreno</b>				<b>Q6,375.00</b>
Limpia del terreno	Jornales	6	Q85.00	Q510.00
Barbecho	Jornales	69	Q85.00	Q5,865.00
<b>b. siembra</b>				<b>Q5,865.00</b>
Establecimiento de la plantación	Jornales	69	Q85.00	Q5,865.00
<b>c. control de malezas</b>				<b>Q11,305.00</b>
Aplicación de herbicida pre-emergente	Jornales	3	Q85.00	Q255.00
Primer desmalezado	Jornales	23	Q85.00	Q1,955.00
Segundo desmalezado	Jornales	46	Q85.00	Q3,910.00
Tercer desmalezado	Jornales	46	Q85.00	Q3,910.00
Aplicaciones de fertilizantes 1ra, 2da, 3ra, 4ta y 5ta aplicación.	Jornales	15	Q85.00	Q1,275.00
<b>d. Control fitosanitario</b>				<b>Q3,315.00</b>
Aplicaciones de plaguicidas	Jornales	39	Q85.00	Q3,315.00
<b>e. Cosecha</b>				<b>Q11,730.00</b>
Cosecha y clasificado de bulbo	Jornales	138	Q85.00	Q11,730.00
<b>B. costos Indirectos (Fijos)</b>				<b>Q29,683.28</b>
<b>1. Arrendamiento del terreno</b>				<b>Q7,666.00</b>
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q7,666.00	Q7,666.00
<b>2. Análisis de suelos</b>				<b>Q385.00</b>
Análisis básico de suelos	Unidad	1	Q385.00	Q385.00
<b>3. Análisis Foliar</b>				<b>Q2,125.00</b>
Análisis foliar	Unidad	5	Q425.00	Q2,125.00
<b>4. Costos de administración</b>				<b>Q19,507.28</b>
20 % de los costos directos				Q19,507.28
<b>II INGRESOS</b>				<b>Q177,870.00</b>
a. producción	Saco de 45.36 Kg	1270.5	Q140.00	Q177,870.00
<b>Utilidad neta</b>				<b>Q50,650.32</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>39.81</b>

Costo de producción del tratamiento dos (dióxido de silicio + fertilizante), evaluación de fuentes de silicio, a evaluar en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2018.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>I. EGRESOS</b>				<b>Q126,879.18</b>
<b>A. Costos Directos (Variables)</b>				<b>Q97,252.65</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				Q58,662.65
<b>a. Pílon</b>				<b>Q28,061.00</b>
Pílon de cebolla Santa María	Millar (1000 plantas)	510.2	Q55.00	Q28,061.00
<b>b. Fertilizantes</b>				<b>Q14,435.45</b>
<b>Orgánicos</b>				<b>Q3,450.00</b>
Gallinaza	Saco de 45.36 kg	69	Q50.00	Q3,450.00
<b>Químicos</b>				<b>Q10,829.70</b>
15-15-15	Saco de 45.36 kg	5.73	Q230.00	Q1,317.90
20-20-0	Saco de 45.36 kg	5.73	Q215.00	Q1,231.95
15-0-0-26 CaO+0.3B	Saco de 45.36 kg	5.73	Q230.00	Q1,317.90
(12-11-18+ MgO 2.7 +S 8 + B 0.015 + Fe 0.2 + Mn 0.02 + Zn 0.02)	Saco de 45.36 kg	11.46	Q350.00	Q4,011.00
13-0-46	Saco de 45.36 kg	5.73	Q515.00	Q2,950.95
<b>Foliares</b>				<b>Q155.75</b>
Botrysec	Kilogramo	0.89	Q175.00	Q155.75
<b>c. Insecticidas</b>				<b>Q3,486.05</b>
Phorate	Envase de 2 kg	22.90	Q75.00	Q1,717.50
Organofosforado, Chlorpyrifos	Litro	3.43	Q140.00	Q480.20
Clorpirifos, Cipermetrina	Litro	2.29	Q240.00	Q549.60
Avermectina, Abamectin	Litro	0.34	Q1,500.00	Q510.00
Thiocyclan	Bolsa de 0.2 kg	1.83	Q125.00	Q228.75
<b>d. Fungicidas</b>				<b>Q6,849.55</b>
<b>Curativos</b>				<b>Q4,582.50</b>
Fosetil aluminio+Propomocarb	Litro	3.43	400	Q1,372.00
Azoxistrobina, Difenconazole	Litro	0.88	Q950.00	Q836.00
Difeconazol	Litro	1.14	Q725.00	Q826.50
Tebuconazole, Fluopyram	Litro	1.72	Q900.00	Q1,548.00
<b>Preventivos</b>				<b>Q2,267.05</b>
Antracol	Kg	13.74	Q80.00	Q1,099.20
Aceite parafínico	Litro	13.74	Q85.00	Q1,167.85
<b>e. Adherentes</b>				<b>Q234.60</b>
Break Thru 100 SL	Litro	0.69	Q340.00	Q234.60
<b>f. Herbicidas</b>				<b>Q476.00</b>

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Linuron	Kg	1.19	Q400.00	Q476.00
<b>g. Envases para cosecha</b>				<b>Q3,280.00</b>
Arpilla	Unidad	1312.00	Q2.50	Q3,280.00
<b>H. Transporte</b>				<b>Q1,840.00</b>
Flete para el lugar de venta	Unidad	46.00	Q40.00	Q1,840.00
<b>2. Mano de obra</b>				<b>Q38,590.00</b>
<b>a. Preparacion del terreno</b>				<b>Q6,375.00</b>
Limpia del terreno	Jornales	6	Q85.00	Q510.00
Barbecho	Jornales	69	Q85.00	Q5,865.00
<b>b. siembra</b>				<b>Q5,865.00</b>
Establecimiento de la plantación	Jornales	69	Q85.00	Q5,865.00
<b>c. control de malezas</b>				<b>Q11,305.00</b>
Aplicación de herbicida preemergente	Jornales	3	Q85.00	Q255.00
Primer desmalezado	Jornales	23	Q85.00	Q1,955.00
Segundo desmalezado	Jornales	46	Q85.00	Q3,910.00
Tercer desmalezado	Jornales	46	Q85.00	Q3,910.00
Aplicaciones de fertilizantes 1ra, 2da, 3ra, 4ta y 5ta aplicación.	Jornales	15	Q85.00	Q1,275.00
<b>d. Control fitosanitario</b>				<b>Q3,315.00</b>
Aplicaciones de plaguicidas	Jornales	39	Q85.00	Q3,315.00
<b>e. Cosecha</b>				<b>Q11,730.00</b>
Cosecha y clasificado de bulbo	Jornales	138	Q85.00	Q11,730.00
<b>B. costos Indirectos (Fijos)</b>				<b>Q29,626.53</b>
<b>1. Arrendamiento del terreno</b>				<b>Q7,666.00</b>
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q7,666.00	Q7,666.00
<b>2. Análisis de suelos</b>				<b>Q385.00</b>
Análisis básico de suelos	Unidad	1	Q385.00	Q385.00
<b>3. Análisis Foliar</b>				<b>Q2,125.00</b>
Análisis foliar	Unidad	5	Q425.00	Q2,125.00
<b>4. Costos de administración</b>				<b>Q19,450.53</b>
20 % de los costos directos				Q19,450.53
<b>II INGRESOS</b>				<b>Q180,091.80</b>
a. producción	Saco de 45.36 Kg	1286.37	Q140.00	Q180,091.80
<b>Utilidad neta</b>				<b>Q53,212.62</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>41.94</b>

Costo de producción del tratamiento tres (silicato de potasio + 0 fertilizante), evaluación de fuentes de silicio, a evaluar en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2018.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>I. EGRESOS</b>				<b>Q114,224.04</b>
<b>A. Costos Directos (Variables)</b>				<b>Q86,706.70</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				Q48,116.70
<b>a. Pílon</b>				<b>Q28,061.00</b>
Pílon de cebolla Santa María	Millar (1000 plantas)	510.2	Q55.00	Q28,061.00
<b>b. Fertilizantes</b>				<b>Q3,889.50</b>
<b>Orgánicos</b>				<b>Q3,450.00</b>
Gallinaza	Saco de 45.36 kg	69	Q50.00	Q3,450.00
<b>Químicos</b>				<b>Q0.00</b>
15-15-15	Saco de 45.36 kg	0.00	Q230.00	Q0.00
20-20-0	Saco de 45.36 kg	0.00	Q215.00	Q0.00
15-0-0-26 CaO+0.3B	Saco de 45.36 kg	0.00	Q230.00	Q0.00
(12-11-18+ MgO 2.7 +S 8 + B 0.015 + Fe 0.2 + Mn 0.02 + Zn 0.02)	Saco de 45.36 kg	0.00	Q350.00	Q0.00
13-0-46	Saco de 45.36 kg	0.00	Q515.00	Q0.00
<b>Foliales</b>				<b>Q439.50</b>
Silisek	Envase de 1 Litro	2.93	Q150.00	Q439.50
<b>c. Insecticidas</b>				<b>Q3,486.05</b>
Phorate	Envase de 2 kg	22.90	Q75.00	Q1,717.50
Organofosforado, Chlorpyrifos	Litro	3.43	Q140.00	Q480.20
Clorpirifos, Cipermetrina	Litro	2.29	Q240.00	Q549.60
Avermectina, Abamectin	Litro	0.34	Q1,500.00	Q510.00
Thiocyclan	Bolsa de 0.2 kg	1.83	Q125.00	Q228.75
<b>d. Fungicidas</b>				<b>Q6,849.55</b>
<b>Curativos</b>				<b>Q4,582.50</b>
Fosetil aluminio+Propomocarb	Litro	3.43	400	Q1,372.00
Azoxistrobina, Difenconazole	Litro	0.88	Q950.00	Q836.00
Difeconazol	Litro	1.14	Q725.00	Q826.50
Tebuconazole, Fluopyram	Litro	1.72	Q900.00	Q1,548.00
<b>Preventivos</b>				<b>Q2,267.05</b>
Antracol	Kg	13.74	Q80.00	Q1,099.20
Aceite parafínico	Litro	13.74	Q85.00	Q1,167.85
<b>e. Adherentes</b>				<b>Q234.60</b>
Break Thru 100 SL	Litro	0.69	Q340.00	Q234.60
<b>f. Herbicidas</b>				<b>Q476.00</b>

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Linuron	Kg	1.19	Q400.00	Q476.00
<b>g. Envases para cosecha</b>				<b>Q3,280.00</b>
Arpilla	Unidad	1312.00	Q2.50	Q3,280.00
<b>H. Transporte</b>				<b>Q1,840.00</b>
Flete para el lugar de venta	Unidad	46.00	Q40.00	Q1,840.00
<b>2. Mano de obra</b>				<b>Q38,590.00</b>
<b>a. Preparación del terreno</b>				<b>Q6,375.00</b>
Limpia del terreno	Jornales	6	Q85.00	Q510.00
Barbecho	Jornales	69	Q85.00	Q5,865.00
<b>b. siembra</b>				<b>Q5,865.00</b>
Establecimiento de la plantación	Jornales	69	Q85.00	Q5,865.00
<b>c. control de malezas</b>				<b>Q11,305.00</b>
Aplicación de herbicida pre-emergente	Jornales	3	Q85.00	Q255.00
Primer desmalezado	Jornales	23	Q85.00	Q1,955.00
Segundo desmalezado	Jornales	46	Q85.00	Q3,910.00
Tercer desmalezado	Jornales	46	Q85.00	Q3,910.00
Aplicaciones de fertilizantes 1ra, 2da, 3ra, 4ta y 5ta aplicación.	Jornales	15	Q85.00	Q1,275.00
<b>d. Control fitosanitario</b>				<b>Q3,315.00</b>
Aplicaciones de plaguicidas	Jornales	39	Q85.00	Q3,315.00
<b>e. Cosecha</b>				<b>Q11,730.00</b>
Cosecha y clasificado de bulbo	Jornales	138	Q85.00	Q11,730.00
<b>B. costos Indirectos (Fijos)</b>				<b>Q27,517.34</b>
<b>1. Arrendamiento del terreno</b>				<b>Q7,666.00</b>
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q7,666.00	Q7,666.00
<b>2. Análisis de suelos</b>				<b>Q385.00</b>
Análisis básico de suelos	Unidad	1	Q385.00	Q385.00
<b>3. Análisis Foliar</b>				<b>Q2,125.00</b>
Análisis foliar	Unidad	5	Q425.00	Q2,125.00
<b>4. Costos de administración</b>				<b>Q17,341.34</b>
20 % de los costos directos				Q17,341.34
<b>II INGRESOS</b>				<b>Q152,499.20</b>
a. producción	Saco de 45.36 Kg	1089.28	Q140.00	Q152,499.20
<b>Utilidad neta</b>				<b>Q38,275.16</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>33.51</b>

Costo de producción del tratamiento cuatro (dióxido de silicio + 0 fertilizante), evaluación de fuentes de silicio, a evaluar en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2018.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>I. EGRESOS</b>				<b>Q113,883.54</b>
<b>A. Costos Directos (Variables)</b>				<b>Q86,422.95</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				Q47,832.95
<b>a. Pilon</b>				<b>Q28,061.00</b>
Pilón de cebolla Santa Maria	Millar (1000 plantas)	510.2	Q55.00	Q28,061.00
<b>b. Fertilizantes</b>				<b>Q3,605.75</b>
<b>Orgánicos</b>				<b>Q3,450.00</b>
Gallinaza	Saco de 45.36 kg	69	Q50.00	Q3,450.00
<b>Químicos</b>				<b>Q0.00</b>
15-15-15	Saco de 45.36 kg	5.73	Q0.00	Q0.00
20-20-0	Saco de 45.36 kg	5.73	Q0.00	Q0.00
15-0-0-26 CaO+0.3B	Saco de 45.36 kg	5.73	Q0.00	Q0.00
(12-11-18+ MgO 2.7 +S 8 + B 0.015 + Fe 0.2 + Mn 0.02 + Zn 0.02)	Saco de 45.36 kg	11.46	Q0.00	Q0.00
13-0-46	Saco de 45.36 kg	5.73	Q0.00	Q0.00
<b>Foliares</b>				<b>Q155.75</b>
Botrysec	Kilogramo	0.89	Q175.00	Q155.75
<b>c. Insecticidas</b>				<b>Q3,486.05</b>
Phorate	Envase de 2 kg	22.90	Q75.00	Q1,717.50
Organofosforado, Chlorpyrifos	Litro	3.43	Q140.00	Q480.20
Clorpirifos, Cipermetrina	Litro	2.29	Q240.00	Q549.60
Avermectina, Abamectin	Litro	0.34	Q1,500.00	Q510.00
Thiocyclan	Bolsa de 0.2 kg	1.83	Q125.00	Q228.75
<b>d. Fungicidas</b>				<b>Q6,849.55</b>
<b>Curativos</b>				<b>Q4,582.50</b>
Fosetil aluminio+Propomocarb	Litro	3.43	400	Q1,372.00
Azoxistrobina, Difenconazole	Litro	0.88	Q950.00	Q836.00
Difeconazol	Litro	1.14	Q725.00	Q826.50
Tebuconazole, Fluopyram	Litro	1.72	Q900.00	Q1,548.00
<b>Preventivos</b>				<b>Q2,267.05</b>
Antracol	Kg	13.74	Q80.00	Q1,099.20
Aceite parafinico	Litro	13.74	Q85.00	Q1,167.85
<b>e. Adherentes</b>				<b>Q234.60</b>
Break Thru 100 SL	Litro	0.69	Q340.00	Q234.60
<b>f. Herbicidas</b>				<b>Q476.00</b>



Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Linuron	Kg	1.19	Q400.00	Q476.00
<b>g. Envases para cosecha</b>				<b>Q3,280.00</b>
Arpilla	Unidad	1312.00	Q2.50	Q3,280.00
<b>H. Transporte</b>				<b>Q1,840.00</b>
Flete para el lugar de venta	Unidad	46.00	Q40.00	Q1,840.00
<b>2. Mano de obra</b>				<b>Q38,590.00</b>
<b>a. Preparacion del terreno</b>				<b>Q6,375.00</b>
Limpia del terreno	Jornales	6	Q85.00	Q510.00
Barbecho	Jornales	69	Q85.00	Q5,865.00
<b>b. siembra</b>				<b>Q5,865.00</b>
Establecimiento de la plantación	Jornales	69	Q85.00	Q5,865.00
<b>c. control de malezas</b>				<b>Q11,305.00</b>
Aplicación de herbicida preemergente	Jornales	3	Q85.00	Q255.00
Primer desmalezado	Jornales	23	Q85.00	Q1,955.00
Segundo desmalezado	Jornales	46	Q85.00	Q3,910.00
Tercer desmalezado	Jornales	46	Q85.00	Q3,910.00
Aplicaciones de fertilizantes 1ra, 2da, 3ra, 4ta y 5ta aplicación.	Jornales	15	Q85.00	Q1,275.00
<b>d. Control fitosanitario</b>				<b>Q3,315.00</b>
Aplicaciones de plaguicidas	Jornales	39	Q85.00	Q3,315.00
<b>e. Cosecha</b>				<b>Q11,730.00</b>
Cosecha y clasificado de bulbo	Jornales	138	Q85.00	Q11,730.00
<b>B. costos Indirectos (Fijos)</b>				<b>Q27,460.59</b>
<b>1. Arrendamiento del terreno</b>				<b>Q7,666.00</b>
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q7,666.00	Q7,666.00
<b>2. Análisis de suelos</b>				<b>Q385.00</b>
Análisis básico de suelos	Unidad	1	Q385.00	Q385.00
<b>3. Análisis Foliar</b>				<b>Q2,125.00</b>
Análisis foliar	Unidad	5	Q425.00	Q2,125.00
<b>4. Costos de administración</b>				<b>Q17,284.59</b>
20 % de los costos directos				Q17,284.59
<b>II INGRESOS</b>				<b>Q152,160.40</b>
a. produccion	Saco de 45.36 Kg	1086.86	Q140.00	Q152,160.40
<b>Utilidad neta</b>				<b>Q38,276.86</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>33.61</b>

Costo de producción del tratamiento cinco (testigo relativo), evaluación de fuentes de silicio, a evaluar en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2018.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>I. EGRESOS</b>				<b>Q126,692.28</b>
<b>A. Costos Directos (Variables)</b>				<b>Q97,096.90</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				Q58,506.90
<b>a. Pilon</b>				<b>Q28,061.00</b>
Pilón de cebolla Santa Maria	Millar (1000 plantas)	510.2	Q55.00	Q28,061.00
<b>b. Fertilizantes</b>				<b>Q14,279.70</b>
<b>Orgánicos</b>				<b>Q3,450.00</b>
Gallinaza	Saco de 45.36 kg	69	Q50.00	Q3,450.00
<b>Químicos</b>				<b>Q10,829.70</b>
15-15-15	Saco de 45.36 kg	5.73	Q230.00	Q1,317.90
20-20-0	Saco de 45.36 kg	5.73	Q215.00	Q1,231.95
15-0-0-26 CaO+0.3B	Saco de 45.36 kg	5.73	Q230.00	Q1,317.90
(12-11-18+ MgO 2.7 +S 8 + B 0.015 + Fe 0.2 + Mn 0.02 + Zn 0.02)	Saco de 45.36 kg	11.46	Q350.00	Q4,011.00
13-0-46	Saco de 45.36 kg	5.73	Q515.00	Q2,950.95
<b>Foliales</b>				<b>Q0.00</b>
fertilizantes foliares	Envase de 1 Litro			Q0.00
<b>c. Insecticidas</b>				<b>Q3,486.05</b>
Phorate	Envase de 2 kg	22.90	Q75.00	Q1,717.50
Organofosforado, Chlorpyrifos	Litro	3.43	Q140.00	Q480.20
Clorpirifos, Cipermetrina	Litro	2.29	Q240.00	Q549.60
Avermectina, Abamectin	Litro	0.34	Q1,500.00	Q510.00
Thiocyclan	Bolsa de 0.2 kg	1.83	Q125.00	Q228.75
<b>d. Fungicidas</b>				<b>Q6,849.55</b>
<b>Curativos</b>				<b>Q4,582.50</b>
Fosetil aluminio+Propomocarb	Litro	3.43	400	Q1,372.00
Azoxistrobina, Difenconazole	Litro	0.88	Q950.00	Q836.00
Difeconazol	Litro	1.14	Q725.00	Q826.50
Tebuconazole, Fluopyram	Litro	1.72	Q900.00	Q1,548.00
<b>Preventivos</b>				<b>Q2,267.05</b>
Antracol	Kg	13.74	Q80.00	Q1,099.20
Aceite parafinico	Litro	13.74	Q85.00	Q1,167.85
<b>e. Adherentes</b>				<b>Q234.60</b>
Break Thru 100 SL	Litro	0.69	Q340.00	Q234.60
<b>f. Herbicidas</b>				<b>Q476.00</b>

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Linuron	Kg	1.19	Q400.00	Q476.00
<b>g. Envases para cosecha</b>				<b>Q3,280.00</b>
Arpilla	Unidad	1312.00	Q2.50	Q3,280.00
<b>H. Transporte</b>				<b>Q1,840.00</b>
Flete para el lugar de venta	Unidad	46.00	Q40.00	Q1,840.00
<b>2. Mano de obra</b>				<b>Q38,590.00</b>
<b>a. Preparación del terreno</b>				<b>Q6,375.00</b>
Limpia del terreno	Jornales	6	Q85.00	Q510.00
Barbecho	Jornales	69	Q85.00	Q5,865.00
<b>b. siembra</b>				<b>Q5,865.00</b>
Establecimiento de la plantación	Jornales	69	Q85.00	Q5,865.00
<b>c. control de malezas</b>				<b>Q11,305.00</b>
Aplicación de herbicida pre-emergente	Jornales	3	Q85.00	Q255.00
Primer desmalezado	Jornales	23	Q85.00	Q1,955.00
Segundo desmalezado	Jornales	46	Q85.00	Q3,910.00
Tercer desmalezado	Jornales	46	Q85.00	Q3,910.00
Aplicaciones de fertilizantes 1ra, 2da, 3ra, 4ta y 5ta aplicación.	Jornales	15	Q85.00	Q1,275.00
<b>d. Control fitosanitario</b>				<b>Q3,315.00</b>
Aplicaciones de plaguicidas	Jornales	39	Q85.00	Q3,315.00
<b>e. Cosecha</b>				<b>Q11,730.00</b>
Cosecha y clasificado de bulbo	Jornales	138	Q85.00	Q11,730.00
<b>B. costos Indirectos (Fijos)</b>				<b>Q29,595.38</b>
<b>1. Arrendamiento del terreno</b>				<b>Q7,666.00</b>
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q7,666.00	Q7,666.00
<b>2. Análisis de suelos</b>				<b>Q385.00</b>
Análisis básico de suelos	Unidad	1	Q385.00	Q385.00
<b>3. Análisis Foliar</b>				<b>Q2,125.00</b>
Análisis foliar	Unidad	5	Q425.00	Q2,125.00
<b>4. Costos de administración</b>				<b>Q19,419.38</b>
20 % de los costos directos				Q19,419.38
<b>II INGRESOS</b>				<b>Q173,609.80</b>
a. producción	Saco de 45.36 Kg	1240.07	Q140.00	Q173,609.80
<b>Utilidad neta</b>				<b>Q46,917.52</b>
<b>Rentabilidad %</b>				<b>37.03</b>

### INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliete : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC (12978)  
 Persona Responsable : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC  
 Finca : ESTANCIA DE LA CRUZ (25884)  
 Localización : Zunil, QUETZALTENANGO  
 Referencia Cliente : PARCELA LA MURALLA  
 Cultivo : GENERALES ( 87)

Número de orden : 103699  
 Código de muestra : 17.10.30.03.04  
 Fecha de ingreso : 30/10/2017  
 Fecha del informe : 10/11/2017  
 Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETROS DE SUELOS		RANGO ADECUADO
pH	5.43	5.50 _ 7.20
Concentración de Sales (C.S.)	0.20 dS/m	0.2 _ 0.8
Materia Orgánica (M.O.)	2.10 %	2.0 _ 4.0
C.I.C.e	8.1 meq/100 ml	5.0 _ 15.0
Saturación K	9.15 %	4% _ 6%
Saturación Ca	73.69 %	60% _ 80%
Saturación Mg	16.42 %	10% _ 20%
Saturación Al+H	0.70 %	< 20%

ELEMENTO	CONC. ppm (p/v)	NIVELES			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
Fósforo P	641.3	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			30 - 75	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Potasio K	290.1	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			150 - 300	70 K <sub>2</sub> O
Calcio Ca	1198.0	XXXXXXXXXXXX			1000 -2000	
Magnesio Mg	160.2	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			100 - 250	
Azufre S	45.1	XXXXXXXXXXXX			10 - 100	
Cobre Cu	10.1	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			1 - 7	
Hierro Fe	284.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			40 - 250	
Manganeso Mn	40.3	XXXXXXXXXXXX			10 - 250	
Zinc Zn	22.9	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			2 - 25	
Aluminio Al	< 8.0	X			< 20% Sat Al	

\*\* No se tienen datos del rango adecuado para este elemento. \* Kg/Ha x 1.54 = lbs/mz

Revisado:   
 Gerente de Laboratorios

Metodología con base en:  
 Sparks D.(ed) (1996). Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods.  
 Soil pH(1:2). Soil: Water Ratio Method.  
 Western States Laboratory Proficiency Testing program Soil and Plant Analytical Methods. Versión 4.10.1998

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.  
 La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.  
 Este informe es válido únicamente en su impresión original



Resultados de análisis de suelo, efecto de fuentes de silicio en el cultivo de Cebolla; Zunil, Quetzaltenango, 2018.

### INFORME DE ANALISIS DE PLANTAS

Cliete : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC (13329)  
 Persona Responsable : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC  
 Finca : LA MURALLA (26576)  
 Localización : Zunil, QUETZALTENANGO  
 Referencia Cliente : TRATAMIENTO 1  
 Cultivo : CEBOLLA -Allium cepa ( 43)

Número de orden : 107851  
 Código de muestra : 18.08.09.07.13  
 Fecha de ingreso : 09/08/2018  
 Fecha del informe : 17/08/2018  
 Asesor : RECEPCION AGRICOLA

ELEMENTO	CONC. (p/p)	NIVELES			RANGO ADECUADO	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
%						
Nitrógeno	Nt	3.14	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1.50 - 2.50	
Fósforo	P	0.26	XXXXXXXXXXXX		0.25 - 0.40	
Potasio	K	3.63	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1.00 - 4.00	
Calcio	Ca	1.57	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		0.50 - 1.50	
Magnesio	Mg	0.32	XXXXXXXXXXXXXXX		0.20 - 0.50	
ppm						
Boro	B	30.82	XXXXXXXXXXXX		30 - 45	
Cobre	Cu	5.69	XXXXXXXXXXXX		5 - 20	
Hierro	Fe	90.62	XXXXXXXXXXXXXXX		60 - 200	
Manganeso	Mn	122.40	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		30 - 200	
Zinc	Zn	66.62	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		10 - 100	

Kg/Ha \* 1.54 = lbs/mz

Cualquier duda o consulta comuníquese con su asesor técnico o técnicos de Soluciones Analíticas.

Revisado: \_\_\_\_\_



Gerente de Laboratorios

- Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 16th.ed. 1995.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.  
 La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.  
 Este informe es válido únicamente en su impresión original



Resultados de análisis foliar del tratamiento uno, evaluación de fuentes de silicio a evaluar en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2018.

### INFORME DE ANALISIS DE PLANTAS

Cliente : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC (13329)  
 Persona Responsable : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC  
 Finca : LA MURALLA (26576)  
 Localización : Zunil, QUETZALTENANGO  
 Referencia Cliente : TRATAMIENTO 2  
 Cultivo : CEBOLLA -Allium cepa ( 43)

Número de orden : 107851  
 Código de muestra : 18.08.09.07.14  
 Fecha de ingreso : 09/08/2018  
 Fecha del informe : 17/08/2018  
 Asesor : RECEPCION AGRICOLA

ELEMENTO	CONC. (p/p)	NIVELES			RANGO ADECUADO	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
		%				
Nitrógeno	Nt	3.25	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1.50 - 2.50	
Fósforo	P	0.23	XXXXXXXXXX		0.25 - 0.40	**
Potasio	K	3.31	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1.00 - 4.00	
Calcio	Ca	1.38	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		0.50 - 1.50	
Magnesio	Mg	0.31	XXXXXXXXXXXXXX		0.20 - 0.50	
		ppm				
Boro	B	26.99	XXXXXXXXXX		30 - 45	1.1 B2O3
Cobre	Cu	4.94	XXXXXXXXXX		5 - 20	0.3 Cu
Hierro	Fe	69.26	XXXXXXXXXXXX		60 - 200	
Manganeso	Mn	86.00	XXXXXXXXXXXXXXX		30 - 200	
Zinc	Zn	46.40	XXXXXXXXXXXXXXX		10 - 100	

Kg/Ha \* 1.54 = lbs/mz

\*\* Las deficiencias de elementos primarios (N, P, K) y secundarios (Ca, Mg, S) se sugiere corregirlas con aplicaciones al suelo.  
 Cualquier duda o consulta comuníquese con su asesor técnico o técnicos de Soluciones Analíticas.

Revisado:   
 Gerente de Laboratorios

- Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 16th.ed. 1995.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.  
 La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.  
 Este informe es válido únicamente en su impresión original



Resultados de análisis foliar del tratamiento dos, evaluación de fuentes de silicio a evaluar en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2018.

### INFORME DE ANALISIS DE PLANTAS

Cliente : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC (13329)  
 Persona Responsable : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC  
 Finca : LA MURALLA (26576)  
 Localización : Zunil, QUETZALTENANGO  
 Referencia Cliente : TRATAMIENTO 3  
 Cultivo : CEBOLLA -Allium cepa ( 43)

Número de orden : 107851  
 Código de muestra : 18.08.09.07.15  
 Fecha de ingreso : 09/08/2018  
 Fecha del informe : 17/08/2018  
 Asesor : RECEPCION AGRICOLA

ELEMENTO	CONC. (p/p)	NIVELES			RANGO ADECUADO	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
		%				
Nitrógeno	Nt	2.80	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1.50 - 2.50	
Fósforo	P	0.25	XXXXXXXXXX		0.25 - 0.40	
Potasio	K	2.63	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1.00 - 4.00	
Calcio	Ca	1.16	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		0.50 - 1.50	
Magnesio	Mg	0.29	XXXXXXXXXXXX		0.20 - 0.50	
		ppm				
Boro	B	25.15	XXXXXXXX		30 - 45	1.1 B2O3
Cobre	Cu	4.60	XXXXXXXXXX		5 - 20	0.3 Cu
Hierro	Fe	54.39	XXXXXXXXXX		60 - 200	0.5 Fe
Manganeso	Mn	45.90	XXXXXXXXXX		30 - 200	
Zinc	Zn	22.17	XXXXXXXXXXXX		10 - 100	

Kg/Ha \* 1.54 = lbs/mz

Cualquier duda o consulta comuníquese con su asesor técnico o técnicos de Soluciones Analíticas.

Revisado:   
 Gerente de Laboratorios

- Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 16th.ed. 1995.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.  
 La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.  
 Este informe es válido únicamente en su impresión original



Resultados de análisis foliar del tratamiento tres, evaluación de fuentes de silicio a evaluar en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2018.



14 Avenida 19-50 Condado El Naranjo  
 Ofibodegas San Sebastián, Bodega 23,  
 Zona 4 de Mixco, Guatemala.  
 PBX.: 2416-2916 Fax: 2416-2917  
 info@solucionesanaliticas.com  
 www.solucionesanaliticas.com



Lotificación El Relicario, Lote 6  
 Carretera al Pacífico, Km. 91  
 Santa Lucía Cotz., Escuintla.  
 PXB.: 7882-2428  
 sedesl@solucionesanaliticas.com

### INFORME DE ANALISIS DE PLANTAS

Cliente : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC (13329)  
 Persona Responsable : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC  
 Finca : LA MURALLA (26576)  
 Localización : Zunil, QUETZALTENANGO  
 Referencia Cliente : TRATAMIENTO 4  
 Cultivo : CEBOLLA -Allium cepa ( 43)

Número de orden : 107851  
 Código de muestra : 18.08.09.07.16  
 Fecha de ingreso : 09/08/2018  
 Fecha del informe : 17/08/2018  
 Asesor : RECEPCION AGRICOLA

ELEMENTO	CONC. (p/p)	NIVELES			RANGO ADECUADO	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
%						
Nitrógeno	Nt	2.86	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1.50 - 2.50	
Fósforo	P	0.27	XXXXXXXXXXXX		0.25 - 0.40	
Potasio	K	2.68	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1.00 - 4.00	
Calcio	Ca	1.24	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		0.50 - 1.50	
Magnesio	Mg	0.28	XXXXXXXXXXXX		0.20 - 0.50	
ppm						
Boro	B	28.98	XXXXXXXXXX		30 - 45	1.1 B2O3
Cobre	Cu	4.70	XXXXXXXXXX		5 - 20	0.3 Cu
Hierro	Fe	65.04	XXXXXXXXXXXX		60 - 200	
Manganeso	Mn	68.67	XXXXXXXXXXXX		30 - 200	
Zinc	Zn	36.77	XXXXXXXXXXXX		10 - 100	

.Kg/Ha \* 1.54 = lbs/mz

Cualquier duda o consulta comuníquese con su asesor técnico o técnicos de Soluciones Analíticas.

Revisado:   
 Gerente de Laboratorios

- Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 16th.ed. 1995.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.  
 La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.  
 Este informe es válido únicamente en su impresión original



Resultados de análisis del tratamiento cuatro, evaluación de fuentes de silicio a evaluar en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2018.



14 Avenida 19-50 Condado El Naranjo  
Ofibodegas San Sebastián, Bodega 23,  
Zona 4 de Mixco, Guatemala.  
PBX.: 2416-2916 Fax: 2416-2917  
info@solucionesanaliticas.com  
www.solucionesanaliticas.com



Lotificación El Relicario, Lote 6  
Carretera al Pacífico, Km. 91  
Santa Lucía Cotz., Escuintla.  
PXB.: 7882-2428  
sedesl@solucionesanaliticas.com

### INFORME DE ANALISIS DE PLANTAS

Cliente : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC (13329)  
Persona Responsable : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC  
Finca : LA MURALLA (26576)  
Localización : Zunil, QUETZALTENANGO  
Referencia Cliente : TRATAMIENTO 4

Número de orden : 107851  
Código de muestra : 18.08.09.07.16  
Fecha de ingreso : 09/08/2018

14 Avenida 19-50 Condado El Naranjo  
Ofibodegas San Sebastián, Bodega 23,  
Zona 4 de Mixco, Guatemala.  
PBX.: 2416-2916 Fax: 2416-2917  
info@solucionesanaliticas.com  
www.solucionesanaliticas.com



Lotificación El Relicario, Lote 6  
Carretera al Pacífico, Km. 91  
Santa Lucía Cotz., Escuintla.  
PXB.: 7882-2428  
sedesl@solucionesanaliticas.com

### INFORME DE ANALISIS DE PLANTAS

Cliente : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC (13329)  
Persona Responsable : FRANCISCO ELEUTERIO HUIX XIC  
Finca : LA MURALLA (26576)  
Localización : Zunil, QUETZALTENANGO  
Referencia Cliente : TRATAMIENTO 5  
Cultivo : CEBOLLA -Allium cepa ( 43)

Número de orden : 107851  
Código de muestra : 18.08.09.07.17  
Fecha de ingreso : 09/08/2018  
Fecha del informe : 17/08/2018  
Asesor : RECEPCION AGRICOLA

ELEMENTO	CONC. (p/p)	NIVELES			RANGO ADECUADO	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
%						
Nitrógeno	Nt	3.25	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1.50 - 2.50	
Fósforo	P	0.28	XXXXXXXXXXXXXXX		0.25 - 0.40	
Potasio	K	3.35	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1.00 - 4.00	
Calcio	Ca	1.38	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		0.50 - 1.50	
Magnesio	Mg	0.30	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		0.20 - 0.50	
ppm						
Boro	B	27.86	XXXXXXXXXXXXXXX		30 - 45	1.1 B2O3
Cobre	Cu	4.55	XXXXXXXXXXXXXXX		5 - 20	0.3 Cu
Hierro	Fe	75.23	XXXXXXXXXXXXXXX		60 - 200	
Manganeso	Mn	104.70	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		30 - 200	
Zinc	Zn	55.82	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		10 - 100	

Kg/Ha \* 1.54 = lbs/mz

Cualquier duda o consulta comuníquese con su asesor técnico o técnicos de Soluciones Analíticas.

Revisado:   
Gerente de Laboratorios

- Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 16th.ed. 1995.

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.  
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.  
Este informe es válido únicamente en su impresión original



Resultados del análisis foliar del tratamiento cinco, evaluación de fuentes de silicio a evaluar en el municipio de Zunil, Quetzaltenango.