



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Fertilizantes foliares con contenido de sílice y calcio en la producción del cultivo de la lechuga variedad Great Lakes 659 en la provincia de Lamas

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Linder Muñoz Gatica

ASESOR:

Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramírez

Tarapoto – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Fertilizantes foliares con contenido de sílice y calcio en la producción del cultivo de la lechuga variedad Great Lakes 659 en la provincia de Lamas

AUTOR:

Linder Muñoz Gatica

Sustentada y aprobada el 12 de diciembre 2019, ante el honorable jurado

.....
Ing. M.Sc. Elías Torres Flores
Presidente

.....
Ing. M.Sc. Tedy Castillo Díaz
Secretario

.....
Ing. Jorge Luis Peláez Rivera
Miembro

.....
Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramírez
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Linder Muñoz Gatica, con DNI N° 43580439, egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, con la tesis titulada: Fertilizantes foliares con contenido de sílice y calcio en la producción del cultivo de la lechuga variedad Great Lakes 659 en la provincia de Lamas.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiado, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se construirán en aportes a la realidad investigativa.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio, (al presentar otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

Tarapoto, 12 de diciembre de 2019




.....
Linder Muñoz Gatica
DNI. 43580439

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: <i>Muñoz Gatica Linden</i>	
Código de alumno : <i>071121</i>	Teléfono: <i>992 362 139</i>
Correo electrónico : <i>lmunoz.pnrce@gmail.com</i>	DNI: <i>43580439</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: <i>Ciencias Agrarias</i>
Escuela Profesional de: <i>Agronomía</i>

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos de trabajo de investigación

Título: <i>Fertilizantes foliares con contenido de sílice y calcio en la producción del cultivo de la lechuga variedad Great Lakes 659 en la provincia de Lamos</i>
Año de publicación: <i>2019</i>

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indiquen el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el Título Profesional o Grado Académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el Inciso 12.2, del Artículo 12° del Reglamento Nacional de Trabajos de Investigaciones para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales –RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.



.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM-T.

Fecha de recepción del documento:

23 / 01 / 2020




.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM-T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

****Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Índice general

	Página
Resumen	ix
Abstract	x
Introducción	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
1.1. Antecedentes de la investigación.....	3
1.2. Bases teóricas	5
1.3. Definición de términos básicos.....	25
CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS	
2.1. Tipo y nivel de investigación.....	26
2.2. Diseño de investigación.....	26
2.3. Población y muestra.....	27
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
2.5. Técnicas de procedimiento y análisis de datos	31
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1. Resultados.....	33
3.2. Discusión	40
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS.....	56

Índice de tablas

	Página
Tabla 1. Composición química del silicato de potasio (Viosil).....	11
Tabla 2. Valor nutricional de la lechuga en 100 gramos de sustancia	24
Tabla 3. Esquema del analisis de varianza.....	26
Tabla 4. Descripcion de los tratamientos	26
Tabla 5. Datos meteorologicos, según Senamhi (2018).....	29
Tabla 6. Características físicas y químicas del suelo	29
Tabla 7. Análisis de varianza para la altura de planta en centímetros.....	33
Tabla 8. Análisis de varianza para el diámetro del tallo en centímetros	34
Tabla 9. Análisis de varianza para el número de hojas por planta	35
Tabla 10. Análisis de varianza para el peso de la planta en gramos.....	36
Tabla 11. Análisis de varianza para materia fresca y seca de raíces (g).....	37
Tabla 12. Análisis de varianza para materia seca y fresca del follaje (g).....	38
Tabla 13. Análisis de varianza para rendimiento en kg.ha ⁻¹	39
Tabla 14. Análisis económico de los tratamientos estudiados	40

Lista de Siglas y Abreviaturas

- **CO₂**: Dióxido de carbón
- **Ha**: hectárea
- **Kg**: kilogramo
- **INIA**: Instituto Nacional De Innovación Agraria
- **INEI**: Instituto Nacional de Estadística e Informática
- **SENAMHI**: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
- **DBCA**: Diseño de Bloques Completamente al Azar
- **Tn**: Tonelada

Resumen

El informe titulado “fertilizantes foliares con contenido de sílice y calcio en la producción del cultivo de la lechuga variedad Great Lakes 659 en la provincia de Lamas”, tuvo como objetivo determinar cuál de las dosis de sílice y calcio tienden a mejorar el rendimiento y el beneficio/Costo, en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Great Lakes 659, se ejecutó en el fundo hortícola “El Pacífico”, de propiedad del sr. Jorge Luís Peláez Rivera a una altitud de 835 m.s.n.m.m., con un Bosque Seco Tropical (bs-T), describiendo los tratamientos en T0 testigo, T1 1000 ml.ha⁻¹ de Viosil (Silicio), T2 500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca, T3 500 ml.ha⁻¹ de Promat Ca + 1000 ml.ha⁻¹ de Viosil (Silicio), los indicadores evaluados altura de planta, diámetro de la base del tallo, número de hojas por planta, peso de la planta, tamaño de la raíz, materia fresca y seca en raíces, materia fresca y seca en el follaje, rendimiento en la producción en t.ha⁻¹ y análisis económico, concluyendo que el tratamiento T3 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca + 1000 ml.ha⁻¹ de Viosil) fue la mejor dosis que determinó el incremento del rendimiento a 43162.50 kg.ha⁻¹ y beneficio costo con un valor de 0.47, en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Great Lakes 659, así mismo se indica que el contenido de los abonos foliares en las diferentes dosis aplicados al cultivo de la lechuga interactuaron con el contenido de nutrientes de suelo al incorporar estiércol de gallina de postura con dosis de 30 toneladas por hectárea.

Palabras clave: *Lactuca sativa*, fertilizante foliar, cultivo de lechuga, rendimiento, producción.

Abstract

The following report titled as “Foliar fertilizers with silica and calcium content in the production of the Great Lakes 659 lettuce crop in the province of Lamas”, was aimed to determine which of the doses of silica and calcium tend to improve yield and benefit / Cost, in the cultivation of lettuce (*Lactuca sativa*) variety Great Lakes 659, was executed in the horticultural farm "El Pacifico", owned by Mr. Jorge Luis Peláez Rivera at an altitude of 835 meters above sea level, with a Tropical Dry Forest (bs-T), describing the treatments in T0 control, T1 1000 ml.ha-1 of Viosil (Silicon), T2 500 ml.ha-1 of Promet Ca, T3 500 ml.ha-1 of Promat Ca + 1000 ml.ha-1 of Viosil (Silicon), the indicators evaluated plant height, stem base diameter, number of leaves per plant, plant weight , root size, fresh and dry matter in roots, fresh and dry matter in the foliage, yield in production in t.ha-1 and economic analysis, concluding that the T3 treatment (500 ml.ha-1 of Promet Ca + 1000 ml.ha-1 of Viosil) was the best dose that determined the increase in yield to 43162.50 kg.ha-1 and cost benefit with a value of 0.47, in the cultivation of lettuce (*Lactuca sativa*) variety Great Lakes 659 Likewise, it is indicated that the content of the leaf fertilizers in the different doses applied to the lettuce culture interacted with the nutrient content of soil by incorporating posture manure with doses of 30 tons per hectare.

Keywords: *Lactuca sativa*, foliar fertilizer, lettuce cultivation, yield, production.



Introducción

La lechuga presenta muchos aspectos importantes por el valor nutricional que tiene las hojas, normalmente se toma cruda, como ingrediente de ensaladas y otros platos, es ampliamente conocida y se fomenta casi en todos los países del mundo, también han sido y son utilizadas en infusión como un ansiolítico moderado que facilita el dormir.

En el departamento de San Martín, específicamente en la provincia de Lamas, se viene impulsando el cultivo de la lechuga con la variedad Great Lakes 659, y en cuya variedad se han realizado diferentes investigaciones con diferentes manejos técnicos y empleo de pesticidas, traduciéndose en una variabilidad de rendimientos.

En los últimos años, no se han realizado investigaciones con la aplicación de sílice y calcio; y según los antecedentes indican que los efectos del sílice y calcio juegan un rol importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, cuya conversión en los rendimientos son significativos (Primavesi, 1984). Muchas veces, a estos dos nutrientes, no se le toma en cuenta en programas de fertilización de cultivos de alto rendimiento o de alta calidad. Existen excepciones, como en el caso del tomate y el maní, donde los productores insisten en un buen suministro de Ca.

Existe poca información relacionada con la aplicación de estos dos nutrientes minerales en la horticultura; razón por la cual se pretende desarrollar el presente trabajo de investigación en el cultivo de la lechuga con la variedad Great Lakes 659, con la finalidad de determinar cuál de las dosis de sílice y calcio, ya sea combinada o en forma unitaria podrían ser las dosis que incidan en la determinación de un mayor rendimiento y rentabilidad del cultivo.

La hipótesis planteada en esta investigación fue la aplicación de sílice y calcio en forma unitaria o combinada mejorando el rendimiento del cultivo de la lechuga Great Lakes 659, bajo condiciones del distrito de Lamas, siendo posible determinar la dosis más influyente en el incremento de la producción del cultivo de la lechuga, variedad Great Lakes 659.

El trabajo de investigación tuvo como objetivo general de determinar los efectos de la aplicación del fertilizante foliar con contenido de Si y Ca, en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L), variedad Great Lakes 659 en el distrito de Lamas.

Los problemas en la producción de hortalizas específicamente en el cultivo de lechuga variedad Great Lakes 659, generan dificultades en el rendimiento obteniéndose en la actualidad de 0.8 a 1.2 kg/m², debiendo ser en un promedio de 1.7 a 2.0 kg/m², es posible que una de las causas sea el mal manejo de fertilización. Ante esta problemática hace necesario evaluar la aplicación de dosis de sílice y calcio para mejorar el rendimiento del cultivo. Por otro lado, esta hortaliza ha ido incrementando su demanda en el mercado local y nacional pues por el cambio del hábito de consumo la población lo está incorporando en la dieta cada día.

La investigación planteada muestra como objetivo general determinar cuál de las dosis de sílice y calcio tienden a mejorar el rendimiento y el beneficio / Costo, en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Great Lakes 659, en el distrito de Lamas; y como objetivos específicos evaluar las tres dosis foliares de sílice y calcio en el rendimiento del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Great Lakes 659 y realizar el análisis económico de los tratamientos estudiados.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Antecedentes de la investigación

Miyake y Takahashi (1983); reportaron que aplicaciones de silicio en la solución nutritiva (0, 0.08, 0.33 y 1.67 mol m⁻³) provocaron aumentos significativos en el número y peso de frutos, número de hojas, altura y peso seco de plantas de pepino, en proporción directa con el incremento de las concentraciones de silicio en la solución nutritiva.

Brady (1992), indica que cuanto mayor cantidad de silicio soluble activo esté presente, mejores serán los beneficios para el suelo y la planta. Horna (2007), manifiesta que el silicio refuerza a la planta su capacidad de distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción.

El efecto de la aplicación foliar de Silicio + Calcio se explica debido a la que el Silicio desempeña un rol importante en la regulación de la captación y balance de minerales en las plantas. Ambos elementos parecen inseparablemente presentes en el mantenimiento de la integridad y fortaleza de la pared celular y en varias funciones metabólicas involucradas en el crecimiento y desarrollo. Se necesita cierta concentración de silicio en el agua - suelo para que el Ca presente que es más bien inmóvil, se torne disponible para ser captado por las plantas y lo que al parecer encontró las condiciones óptimas en el presente trabajo de investigación. Por otro lado, el silicio refuerza el sistema vascular y como resultado, las plantas pueden elevar más agua en el corriente de transpiración y en esa agua, algo del Ca presente en el suelo o medio de cultivo. Ha sido una opción selectiva en las plantas superiores a favor del Ca, pero la mayoría de las plantas parecen que pueden beneficiarse del silicio (sea que acumule silicio o no). El silicio ya puede entregarse directamente a la hoja con aspersión foliar, tal como lo manifiesta Bent (2008).

Pinedo (2011), evaluó diferentes dosis de silicio en el rendimiento de pepino (*Cucumis satibus* L.) usando el híbrido Stonewall F-1. Los resultados obtenidos

indican que el Tratamiento T3 (2.4 Litros de Silicio x ha⁻¹), fue el que arrojó los mejores y mayores valores promedio en los indicadores de productividad siendo estos de 64.96 frutos por planta, 12.82 frutos cuajados por planta, 10.47 cm de diámetro del fruto, 26.10 cm de longitud del fruto y un peso de 575.67 g por fruto cosechado respectivamente. El tratamiento que obtuvo mayor rendimiento (249.45 t.ha⁻¹), utilidad neta (S/9 361.40), y el mayor porcentaje en rentabilidad (60.07%) fue el T3, seguidamente de T2, T1 y T0 que obtuvieron rendimientos de 220.39 t.ha⁻¹, 167.07 t.h⁻¹ a y 119.01 t.ha⁻¹ respectivamente y por ende menores valores de utilidad neta y porcentaje de rentabilidad.

García (2012), evaluó tres dosis de silicio en el cultivo de café (5, 10 y 15 cc), complementado con diferentes abonos orgánicos, cuyas conclusiones más relevantes fueron: que los tratamientos con aplicación de la solución enriquecida con silicio: T2 (5 cc), T3 (10 cc) y T4 (15 cc) tuvieron mayor precocidad de brotamiento después de la poda de rehabilitación del café, sin existir significación estadística entre ellos. T4 (15 cc Si) fue el más precoz brotando a los 30.20 días, superior a T0 (Testigo absoluto) y T1 (A.O sin Si), que brotaron a los 33.42 y 34.02 días, respectivamente. La dosis 15 cc de Si (T4), indujo el mayor número de brotes/planta con 10.03 brotes en promedio, superando a los demás tratamientos T0, T3, T1, T2. Los que mejores respuestas dieron. Esto vuelve a demostrar los beneficios del Silicio en este caso favoreciendo la aparición de un mayor número de ramas por brote después de la poda. La tendencia de que los tratamientos con mayores dosis de silicio están entre los más sobresalientes en el número de hojas/brote, mientras que el testigo absoluto y el de menor dosis de silicio ocupan los últimos lugares. El mayor desarrollo de área foliar tuvo el tratamiento T4 (15 cc Si) con 79.68 cm², seguido por T3 (10 cc Si) con área foliar de 75.5 cm² en promedio. Las dosis de formulación de silicio que mejor contribuyeron a la inducción de crecimiento y desarrollo de brotes en la planta de café, después de la poda de rehabilitación, fueron los tratamientos T4 (15 cc Si) y T3 (10 cc Si).

Mori (2012), evaluó diferentes dosis de calcio y silicio en el cultivo de pepinillo usando el híbrido Em American Slicer 160 F-1, concluyendo de la siguiente manera: Que a mayor dosis de Ca y Si la altura de la planta, frutos cosechados, peso, longitud y rendimiento en t.ha⁻¹, tienden a incrementarse. La misma autora sostiene que la

aplicación 150 kg.ha⁻¹ de Si y 350 kg.ha⁻¹ de Ca fueron los tratamientos que alcanzaron los mejores promedios de rendimiento, con 132,832.00 kg.ha⁻¹ y 106,704.49 kg.ha⁻¹ resultando estadísticamente iguales entre sí, constituyéndose en las dosis más adecuadas de aplicación de Si y Ca respectivamente.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Generalidades del silicio

El Silicio es el segundo elemento más abundante de la corteza terrestre, con un promedio de 27,6 %. Si en el suelo varía de 230 a 350 g/kg; en suelos arenosos no meteorizados pueden contener 400 g/kg de este elemento y los suelos tropicales altamente meteorizados pueden contener 90 g/kg de Si. Las fuentes principales de Si incluyen minerales silicatados primarios y secundarios, y cuarzo (SiO₂). El cuarzo es el mineral más común en los suelos, comprendiendo 90 a 95 % de las fracciones arena y limo. Los suelos bajos en Si se presentan en regiones intensamente meteorizadas, de alta precipitación pluvial. Las propiedades de suelos deficientes en Si incluyen Si total bajo, alto Al, baja saturación de bases, y pH bajo. Además, tienen capacidad de fijación de P extremadamente alta debido a su alta CIC y contenido de óxidos de Fe y Al (Azabache, 2003).

SEPHU (2009), afirma que el tratamiento de los suelos con Silicio biogeoquímicamente puede optimizar la fertilidad del suelo mejorando las propiedades hídricas, físicas y químicas del mismo, favoreciendo la asimilación de nutrientes. Por otra parte, la fertilización con Silicio puede aumentar la absorción de fósforo en los suelos ya que desbloquea formas fijadas de P en el suelo y lo pone en formas disponibles para poder ser asimilado por las plantas.

El silicio hace que de los tallos baje oxígeno a la raíz llegando al parénquima, oxidando de ésta, manera la rizosfera (zona aledaña a la raíz), logrando que el Fe y Mn reducido (forma en que lo toma la planta) se oxide, siendo esta forma poco absorbida por las plantas, lo que evita una excesiva toma de estos elementos, que, aunque son necesarios para las plantas, su abundancia puede volverlos tóxicos. Además, el silicio refuerza en la planta su capacidad de distribución de carbohidratos

requeridos para el crecimiento. El silicio tiene acción sinérgica con el calcio y el magnesio mejorando la vida media de las cosechas percederas, incrementando la eficiencia de las prácticas de post-cosecha (Navarro y Navarro, 2003).

Las plantas deficientes en silicio son quebradizas y susceptibles de infecciones fúngicas. La presencia de silicio, en contenido adecuado, aumenta el rendimiento del cultivo de arroz y la resistencia al ataque de hongos (Hernández 2002, Fihlo *et al.* 2000).

El silicio juega un papel importante en la planta, este elemento controla el desarrollo del sistema radicular, la asimilación y distribución de nutrientes minerales, incrementa la resistencia de la planta al estrés abiótico (temperatura, viento, alta concentración de sales y metales pesados, hidrocarburos, aluminio, etc.) y biótico (insectos, hongos, enfermedades) (Quero 2007, 2008; Viana 2008, Chaudhary *et al.* 2003, Hernández 2002).

Hernández (2002) y Quero (2008) mencionan que, además de las gramíneas, el silicio es esencial para cultivos como el tomate, el pepino, como ejemplo de la presencia biológica del silicio, además, se puede mencionar que este se encuentra presente en semillas de pistacho, avena, cebada y frijol en concentraciones de 1,4; 4,25; 2,42 y 1,20 g/kg, respectivamente. En hojas se encuentran concentraciones de 0,5 a 30 g/kg (Quero 2008) y en el cultivo de chile la producción y calidad de cosecha se incrementan con la aplicación de fertilizantes, aguas de riego y compost ricos en silicio.

Horna (2007), menciona que entre los beneficios del Si para las plantas es que: protege la fase de reproducción, provee fortaleza estructural y proporciona mecanismos naturales de defensa contra el ataque de enfermedades e insectos. El Si también está involucrado en los mecanismos que aumentan la tolerancia de las plantas al estrés medioambiental: sequía, temperaturas extremas, etc. Por otro lado, el Silicio tiene acción sinérgica con el Ca y Mg mejorando la vida de las cosechas.

1.2.2 Comportamiento del silicio en el suelo

Quero (2008), indica que la intemperización de minerales, aluminio-silicatos a minerales arcillosos, es un ejemplo de reacciones incongruentes que ocurren activamente en un suelo agrícola. Teniendo efecto a partir de que los minerales del suelo reaccionan con el agua de riego o lluvia y componentes del ambiente, produciendo compuestos que pasan a la solución del suelo más la arcilla-degradada sólida, con un contenido menor de silicio y cationes, calcio, potasio, etc. Estas reacciones de intemperización se pueden escribir en términos de la disponibilidad de agua (H_2O), protones hidrogeno (I-T), bióxido de carbono (CO_2 (g)) y ácido carbónico (H_2CO_3), provenientes del medio ambiente del suelo y que la aplicación de tecnologías agrícolas pueden regular con precisión y oportunidad. Otro factor que promueve las reacciones de intemperización es el tamaño de las partículas de arcilla y la temperatura. Por ejemplo, la intemperización del mineral feldespato llamado ortoclase ($KAlSi_3O_8$ (S)) al mineral arcilloso llamado caolinita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$ (S)) es una importante reacción en suelos de clima húmedo. Nosotros podemos escribir la reacción en términos de H^+ y agua (H_2O).

Como se observa, el silicio en la forma de H_4SiO_4 se incorpora a las arcillas, incrementando la capacidad de intercambio catiónico, además de que mejora la capacidad de movilización de nutrientes y su retención catiónica, impidiendo la lixiviación de minerales solubles y en estado iónico, adicionalmente el pH del suelo se torna alcalino a consecuencia de los silicatos.

1.2.3 Moderación de minerales del Si

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 (Bent, 2008).

1.2.4 El efecto del Silicio en la producción y calidad

Los cultivadores necesitan obtener máxima producción para poder mantenerse en el negocio (sobre todo de Nitrógeno) comprometen la calidad nutritiva y de post cosecha (por ejemplo, cascaras muy débiles en la Zanahoria). El suministro de adecuado silicio durante el cultivo contrarresta tales características negativas.

La producción intensiva en horticultura, sobre todo bajo condiciones de invernadero, somete a las plantas a más estrés. Las plantas están forzadas a ser más productivas y a crecer más rápido, sometidas a los modernos protocolos para economizar energía. Frecuentemente tal estrés tiene el resultado de una escasez de silicio causado por una presión de turgencia inadecuada para elevar el agua, silicio y minerales (Ca incluido) a los puntos de crecimiento de la planta. Si a las células jóvenes y elásticas les falta silicio, si el tejido resultante de la planta estará altamente propenso al colapso bajo condiciones de la alta presión de turgencia.

En contraste, una parte del gel de Sílice depositado alrededor y encima de los estomas debido a la evaporación, se cristaliza como Sílice. Esto reduce la transpiración y por lo tanto la captación de Ca.

El gel de Sílice y los complejos de Sílice depositados en la epidermis / cutícula de la hoja también pueden ayudar a reducir la pérdida de humedad y puedan afectar los llamados “punto de goteo de la hoja” en algunas especies. Estos efectos de silicio ayudan a la planta a mantener su balance de agua según el medio ambiente cambiante. La epidermis / cutícula más fuerte y más gruesa también otorga a las hojas mayor resistencia a los patógenos micóticos, insectos dañinos, y el estrés hídrico (Bent, 2008).

1.2.5 El silicio en la solución suelo

El ácido silícico (H_4SiO_4) es el principal grupo en forma hidratada. A concentraciones altas de este elemento en solución, el H_4SiO_4 polimeriza para formar

precipitaciones de sílice amorfo SiO_2 . Se ha reportado niveles de 3 a 37 mg/l de Si en solución en un amplio rango.

- **Importancia del silicio**

El silicio (Si) es uno de los dos elementos más abundantes en la corteza terrestre. No obstante, la acción de la meteorización hace que el silicio natural sea insuficiente para desempeñar su papel como nutriente de los cultivos, siendo necesaria una fertilización complementaria. Suelos muy meteorizados, altamente lixiviados, ácidos, con bajos niveles de silicio intercambiable son considerados pobres en silicio disponible para las plantas. El silicio es absorbido por las raíces junto con el agua de la solución del suelo y fácilmente translocado en el xilema. La cantidad de fertilizante silicatado que debe ser aplicada aún no ha sido determinada para la mayoría de suelos y cultivos, pero todo indica que cuanto mayor cantidad de silicio soluble activo esté presente, mejores serán los beneficios para el suelo y la planta (Brady, 1992).

- **Beneficios del silicio**

Quero (2008), destaca lo siguiente:

- a) **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 (15-100 %), maíz (15-35 %), trigo (10-30 %), cebada (10- 40 %), caña de azúcar (55-150 %), diversos frutales como el aguacate, mango, (40-70 %), zarzamora, guayaba, hortalizas, Jitomate, Chile (50-150 %) y otros, como el fríjol, Pastos forrajeros, agave, también se promueven beneficios al suelo para mantener una agricultura sustentable. La fertilización mineral con silicio tiene un doble efecto en el sistema suelo-planta. Primeramente, la nutrición con silicio al cultivo refuerza en la planta su capacidad de almacenamiento y distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción de cosecha, la autoprotección contra enfermedades causadas por hongos y bacterias, el ataque de insectos y ácaros y de las condiciones desfavorables de clima, al estimular el desarrollo y actividad de estructuras poliméricas en la cutícula, los tricomas y fitolitos en la superficie de las hojas. En segundo lugar, el tratamiento del suelo

con sustancias con silicio biogeoquímicamente activo optimiza la fertilidad del suelo, a través de mejorar la retención y disponibilidad del agua, sus propiedades físicas y químicas y de mantener los nutrientes en forma disponible para la planta.

- b) **El silicio restaura la degradación del suelo e incrementa su nivel de fertilidad para la producción agrícola.** De 40 a 300 kg de silicio por hectárea de suelo cultivado, son extraídos anualmente por las cosechas. La falta de ácidos monosilícicos y la disminución de silicio amorfo conducen a la destrucción de los complejos órgano-minerales, se aceleran la degradación de la materia orgánica del suelo y se empeora la composición mineral. La aplicación de fertilizantes minerales con silicio es obligatoria para una agricultura sustentable y altamente efectiva en cualquier tipo de suelo.
- c) **El silicio incrementa la resistencia del suelo contra la erosión del viento y agua.** La aplicación de silicio mineral al suelo, remedia y restaura su estructura, incrementa la capacidad de retención de agua (de 30 a 100 %) y la capacidad de intercambio catiónico, sobre todo en pH's mayores a 7.0. Se incrementa la estabilidad ante la erosión al promover la formación de agregados coloidales. El Silicio ayuda al desarrollo del sistema radicular de la planta y puede incrementar la masa de raíces de un 50 a 200 %, por lo que también estimula el macollamiento (mayor número de tallos por semilla).
- d) **El silicio incrementa la resistencia a la sequía en las plantas.** La fertilización con silicio puede optimizar el aprovechamiento del agua de riego en un 30 a 40 % y ampliar los intervalos del riego sin efectos negativos sobre las plantas. Adicionalmente al sistema irrigación-drenaje, la fertilización con minerales de silicio activo, permiten completar la rehabilitación de suelos afectados por sales, compactación y bajos niveles de pH.
- e) **El silicio tiene acción sinérgica con el Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Zinc (Zn) y Molibdeno (Mo).** Los seis elementos presentan una acción sinérgica, optimizando el desarrollo del cultivo y producción de cosecha, también se mejora la vida media de las cosechas percederas.

El silicio líquido incrementa la cantidad de enzimas, silicasas y silicateinas que estimulan el desarrollo de raíces de un 50 a 200% más, aumenta la nutrición de P en las plantas de un 40 a 60% sin la aplicación de fuentes fosfatadas e incrementa la

eficiencia de la aplicación de roca fosfórica de un 100 a 200%, previniendo la transformación del P en compuestos inmóviles y como mejorador del suelo puede reducir la lixiviación de los nutrientes en los suelos arenosos, especialmente N y K, guardándolos en una forma disponible para la planta (Agroperfect S.A., 2011).

Al aplicar fuentes de silicio como Viosil® (bioestimulante a base de silicio), que contiene en su formulación silicio activado como SiO₂, el cual al hidrolizarse se forma el ácido monosilícico (H₄SiO₄), forma en que es absorbido el silicio por las plantas.

Agroperfect. S. A. (2011), indica que Viosil® es un producto totalmente amigable con el ecosistema, siendo considerado a nivel mundial como una vacuna para optimizar al máximo los organismos y los nutrientes por ser potencializador de las funciones metabólicas. Es compatible con cualquier tipo de producto, de cero toxicidades para todo ser vivo y provee a las plantaciones agrícolas de un óptimo estado de los suelos, las raíces, plantas y frutos. El rango de dosis de aplicación en maíz es de 2 a 8 l.ha⁻¹. La composición química del producto se muestra en la tabla 1, donde se observa un contenido importante de Si y K.

Tabla 1

Composición química del silicato de potasio (Viosil®)

Composición química	
Silicio	>160 gr x lt
Potasio	220 gr x lt
Excipientes	Csp.
pH	10 - 11
solubilidad agua (20c)	100%
Aspecto físico	Líquido incoloro

Fuente: AGROPERFECT S.A. (2011).

1.2.6 El calcio en el suelo

Las funciones del calcio en el suelo son muy diversas y, desde el punto de vista químico, se podría destacar que es el encargado de neutralizar la acidez del suelo aumentando el pH, incrementa el porcentaje de saturación de bases, y participa en los mecanismos de intercambio catiónico entre la solución y el complejo de intercambio catiónico, además de elevar el potencial redox (Gil, 1995).

El calcio es antagonista de algunos elementos como como K, Fe, Mn, B y Zn, dificultando su asimilación y reduciendo la toxicidad del Mn, B, Zn (Sillampaa, 1976). Desde el punto de vista edafológico cabría destacar que favorece la estabilidad estructural del suelo, y también los mecanismos de difusión gaseosa atmósfera-suelo, y permite la circulación del agua, ya que impide la destrucción de agregados y el taponamiento de los poros del suelo.

Atendiendo a la actividad fisiológica del calcio podría establecerse que facilita la respiración radicular. Favorece la evolución de la materia orgánica en el suelo mediante procesos de humificación o mineralización. Estimula la actividad de organismos nitro fijadores, y reduce la virulencia de algunas de las enfermedades criptogámicas (Fuentes, 1997).

- **Transporte y absorción de calcio en las plantas**

Según Bergmann (1992), manifiesta que el calcio es un nutriente esencial para las plantas que está inmovilizado formando sales de ácidos orgánicos e inorgánicos.

Las alteraciones fisiológicas asociadas con la nutrición cálcica son factores importantes para los cultivos. De hecho, según Poovaiah (1993), al aumentar la concentración de calcio en tejidos vegetales debería disminuir la incidencia de éstas fisiopatías y, por tanto, mejorar la calidad del producto. Sin embargo, niveles de calcio bajos en determinados órganos de una planta no siempre son el resultado de una absorción de calcio insuficiente, sino que puede deberse a problemas de distribución (Paiva *et al.*, 1998).

El calcio que está presente en las paredes celulares, en forma de pectatos cálcicos, parece estar involucrado en la absorción de iones y mantenimiento de la permeabilidad de la membrana (Simón, 1978). Su presencia en ella es esencial para mantener las estructuras, ya que una disminución o ausencia provoca entre otros efectos, despolarización del potencial transmembrana (Gil, 1995).

Montzerrat (2012), corrobora al indicar, que el calcio promueve el alargamiento celular, toma parte en la regulación estomática. Participa en los procesos metabólicos de absorción de otros nutrientes. Fortalece la estructura de la pared celular - el calcio

es una parte esencial de la pared celular de las plantas. Participa en los procesos enzimáticos y hormonales.

Otras funciones atribuidas al calcio son regular la absorción de nitrógeno, actuar sobre la translocación de los hidratos de carbono y proteínas en el interior de la planta. Neutralizar los ácidos orgánicos que se pueden originar en el en el metabolismo vegetal, tal cual ocurre con el ácido oxálico. Esto implica que interviene en la regulación del pH celular y en su osmorregulación activando enzimas como amilasa y fosfolipasa. También se ha descrito que regula la absorción o contrarresta los efectos perjudiciales del exceso de otros elementos como potasio, sodio o magnesio (Hanson, 1984).

Los excesos de calcio pueden inmovilizar en forma de cristales de oxalato de calcio (Marschner, 1995). Estos cristales se encuentran en los tallos y peciolo (Terblanche *et al.*, 1979). Así la movilidad del calcio podría estar sujeta a restricciones fisiológicas que limitan su absorción durante el desarrollo del fruto (Swietlik y Faust, 1984). Por otro lado el calcio es muy poco tóxico para los vegetales, de modo que concentraciones muy altas suelen provocar pocos efectos negativos.

El calcio es poco móvil y tiende a acumularse en los órganos más viejos, mientras que los de mayor actividad metabólica (hojas en crecimiento, flores, frutos y meristemas apicales) son los que necesitan un mayor aporte, por tanto, la deficiencia de este macronutriente afecta en primer lugar a las partes en formación y meristemas en crecimiento, donde queda fijado y prácticamente inmóvil en sus paredes celulares, debido a esta inmovilidad, las hojas viejas pueden tener concentraciones normales de calcio, mientras que las hojas jóvenes, frutos u otros órganos pueden presentar niveles por debajo de la normalidad (Chiu y Bould, 1977).

El movimiento del calcio es unidireccional, ascendiendo desde las raíces hacia las zonas meristemáticas y los tejidos jóvenes. Una vez depositado en el tejido foliar no recircula, incluso bajo condiciones de estrés cálcico (Hanger, 1979).

La movilidad del calcio es mucho mayor en la compartimentación extracelular de la planta, constituido por el apoplasto (conjunto de paredes celulares, incluida las

células del xilema) que en la compartimentación intracelular o simplasto, comunidad de protoplastos vivos, incluido los tubos del floema (Marschner. 1983).

La toma de calcio por las plantas está influenciada por su estado redox, por el Ph del suelo y por la concentración de otros cationes, además de estar relacionado con sus funciones en la pared celular, respiración, fotosíntesis, transpiración y efectos específicos (antagonismo)y/o sinergismo) de otros iones. Las plantas lo absorben únicamente en forma iónica y es transportado hacia la parte aérea de la planta por el flujo de transpiración a través del xilema. A diferencia del K^+ y Mg^{2+} , iones que, como el nitrógeno y los compuestos de fósforo, son fácilmente transportados exclusivamente a través de los vasos del xilema (Bergmann, 1992), bien en forma iónica o acompañado con los ácidos málico o cítrico (Vang-Petersen, 1980).

Tras alcanzar la superficie de la raíz, el calcio se mueve pasivamente por el flujo de transpiración acompañando al agua (Kirbky y Pilbeam, 1984). La fuerza impulsora del movimiento del agua por el árbol es la evaporación a través de las hojas, y el calcio se arrastra por la corriente de transpiración.

El transporte del calcio a las hojas parece estar más relacionado con la tasa de crecimiento de las raíces que con la de los brotes (Scaife y Clarkson, 1978). En plantas herbáceas, el calcio se inmoviliza rápidamente, mientras que, en leñosas, el movimiento ascendente del calcio es bajo, pero apreciable con mucha acumulación en la corteza y poca madera.

1.2.7 Sociedad Calcio – Silicio

Bent (2008), el Silicio desempeña un rol importante en la regulación de la captación y balance de minerales en las plantas. Ambos elementos parecen inseparablemente presentes en el mantenimiento de la integridad y fortaleza de la pared celular y en varias funciones metabólicas involucradas en el crecimiento y desarrollo. Se necesita cierta concentración de silicio en el agua – suelo para que el Ca presente que es más bien inmóvil, se torne disponible para ser captado por las plantas. El silicio refuerza el sistema vascular. Como resultado, las plantas pueden elevar más agua en el corriente de transpiración y en esa agua, algo del Ca presente en el suelo o medio de cultivo. Ha sido una opción selectiva en las plantas superiores a favor del Ca. Pero

la mayoría de las plantas parecen que pueden beneficiarse del silicio (sea que acumule silicio o no).

1.2.8 Relación del fósforo con el silicio

Aduayi, citado por Carrillo (1987), ha demostrado que el fósforo, como nutrimento en las primeras etapas de desarrollo del cafeto, es el responsable de formar cafetos vigorosos y con buen sistema de raíces, y promotor de la floración y desarrollo del fruto en la etapa de producción. En el almácigo, Salazar, citado por Carrillo (1987), encontró respuesta positiva al fósforo. El elevado grado de “intemperización” de nuestros suelos (tropicales) reduce el tenor de silicio disponible para las plantas, así como la disponibilidad de fósforo (P) en el suelo. La diferencia es que la reducción de la disponibilidad del silicio ocurre debido a las pérdidas por lixiviación, en tanto que la disponibilidad del fósforo disminuye por la fijación. La gran mayoría de nuestros suelos tienen gran poder de fijación del fósforo; lo que los hace grandes competidores con las plantas por el fósforo suministrado por el fertilizante.

Cada vez que se aplican fertilizantes fosfatados en el suelo, se tienen pérdidas por fijación. Entre otros factores, esta pérdida será mayor cuando mayor haya sido la “intemperización” sufrida por el suelo, y cuando más arcillosa sea su textura. Algunos autores citan pérdidas de hasta un 70 % del fósforo aplicado en suelos del Brasil. Algunas prácticas minimizan el problema y mejoran el aprovechamiento del fósforo, como el encalado, la siembra directa, la aplicación localizada de fuentes de fósforo soluble y el uso de fuentes de fósforo con solubilidad gradual (Chueiri, 2004).

Se ha demostrado también una notable correlación silicio-fósforo (Si-P). El aporte al suelo de fertilizantes silícicos solubles, incrementa la asimilación del fósforo por la planta, posiblemente debido a un intercambio de los fosfatos absorbidos a los hidróxidos por silicatos. En suelos ácidos pobres en sílice resulta muy apropiado adicionar escorias básicas de defosforilación, las cuales junto al aporte de cantidades variables de Ca, Mg, Mn y Si sirven para una mejora del pH del suelo y para favorecer la asimilación del fósforo (Navarro y Navarro, 2000).

Sephu (2009), afirma que el tratamiento de los suelos con Silicio biogeoquímicamente puede optimizar la fertilidad del suelo mejorando las

propiedades hídricas, físicas y químicas del mismo, favoreciendo la asimilación de nutrientes. Por otra parte, la fertilización con Silicio puede aumentar la absorción de fósforo en los suelos ya que desbloquea formas fijadas de P en el suelo y lo pone en formas disponibles para poder ser asimilado por las plantas.

1.2.9 Función del Calcio y Silicio

Kamprath (1980), indica cuando se emplea calcio en un suelo se reemplaza al aluminio, el aluminio se hidroliza en solución formando hidróxido de aluminio e H^+ , mientras el pH de la solución aumenta la hidrolisis continua con la formación de $Al(OH)^3$ que al subir el pH la disponibilidad de nutrientes para la planta es mayor.

Horna (2007), menciona que el silicio, al incrementar los iones baja el contenido de aluminio y hierro de esta forma actúa como regulador del pH del suelo por mecanismo electrostático “bloquea” al Fe, Al y Mn, elementos causantes de la acidez de los suelos, permitiendo liberar al Ca, P, K, Mo, Zn, B, etc. De esta forma el sistema radical de la planta al tomar los elementos con mayor facilidad logra aumentar la biomasa o población de raíces, de donde a mayor desarrollo del sistema radical, mayor absorción de nutrientes, a mayor absorción de nutrientes mayor vitalidad y producción de la planta.

Importante para la producción de follaje y de las ramas laterales, como desarrollo de los frutos. Su deficiencia se manifiesta con amarillamiento de las hojas más viejas que luego se generaliza en todo el follaje pudiendo llegar a defoliarse por completo. Los frutos se vuelven amarillos y pequeños se caen con facilidad. La mayor fuente de nitrógeno se encuentra en guano de isla, estiércol descompuesto, la gallinaza, harina de sangre el estiércol líquido, los orines y abonos verdes (Figuroa, 1998).

1.2.10 Ficha técnica: de Viosil y Promet Ca

➤ Descripción del viosil:

Silicato de potasio al 38% de ácido Orto Silícico: es único en el mercado y compatible con cualquier tipo de insumo, se encarga de potencializar las funciones metabólicas de las plantas para que estas aprovechen al máximo los nutrientes optimizando el estado de los suelos, raíces, hojas y frutos, aumenta la productividad de un 10 a 40% de acuerdo al cultivo.

Su función es atrapar minerales pesados como el aluminio, hierro y cobre que causan la acidez al suelo, mejorando así su pH y poniendo a disposición de la planta mayor cantidad de nutrientes.

El silicio líquido incrementa la cantidad de enzimas silicasas y silicateinas que estimulan el desarrollo de las raíces de un 50 a 200% más.

Potencializa los fungicidas al trasportarlos de una manera inmediata a través de los estomas de la planta con resultados notables en el control de enfermedades fungosas como la sigatoka y otras.

Viosil triplica los sistemas de defensa de la planta haciéndola más resistentes a los ataques de los insectos, hongos y otras enfermedades.

El silicio crea un gel polímero de 2.5 micras de espesor, el mismo que aumenta a las hojas los fitolitos que son los cristales que recogen la luz del sol, la multiplicación y reparten eficientemente en toda la planta, aprovechando al máximo las horas de luz y aumentando la cantidad de CO₂ disponible.

Es un producto orgánico, de tipo Fertilizantes y abonos para el suelo, productos químicos destinados a la horticultura, agricultura y silvicultura.

➤ **Promet calcio:**

Es un componente líquido de proteinato de calcio, calcio de alta movilidad y concentración dentro de la planta. La aplicación utilizada es foliar y radicular. Las especificaciones en densidad es de 1290 g / l y pH 3.5 – 4.5.

Descripción

PROMET Ca, es una fórmula innovadora, constituida por calcio complejado con aminoácidos de origen natural en estado levógiro (preferentemente requerido por las plantas).

Esta moderna combinación con nitrógeno orgánico facilita la asimilación del calcio en forma rápida y segura, incrementando la eficiencia de este nutriente en la planta.

Los aminoácidos son sustancias orgánicas, se encuentran libres en el tejido vegetal o formando parte de péptidos y proteínas; además son agentes complejantes que de forma natural utilizan las plantas en la absorción y asimilación de elementos secundarios y microelementos.

El Calcio es un elemento fundamental en las plantas, fortalece la estructura de la pared y membrana celular. Permite la formación de calmodulina activando Ca-ATPasas que inhibe la emisión prematura de etileno en citoplasma y cierre de fosfolípidos, interviene en la síntesis de pectina, formando compuestos de pectatos de calcio que dan estabilidad a las paredes celulares; además regula la absorción del nitrógeno, actúa en el transporte de azúcares y proteínas en el interior de la planta; activa enzimas como: Amilasa, fosfolipasa y algunas ATPasas; participa activamente en el desarrollo del tubo polínico.

La vitamina B1 tiene como función un efecto antioxidante que reduce rápidamente las enzimas oxidadas.

Composición o concentración en %(p/v):

Aminoácidos libres 38.0 ± 1.00 , Calcio (CaO) 10.0 ± 0.30 , Nitrógeno orgánico (N) 4.0 ± 0.10 y Vitamina B1 0.1 ± 0.02 .

La dosis de empleo en hortalizas de hojas es de 200-400 g/hl Desde la 4^o-5^o hoja cada 7 días

Origen: USA www.qsindustrial.biz

1.2.11 Origen y morfología del cultivo de lechuga

Biblioteca de la Agricultura (2000), menciona que es una planta bianual, con hojas más o menos redondas y semillas provistas de vilano plumoso. Su capacidad de germinación es de 4 – 5 años.

Clasificación taxonómica

Dirección de Agricultura (2002), presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Vegetal
Clase	: Angiosperma

Subclase	: Dicotiledoneae
Orden	: Campanulales
Familia	: Compositae
Género	: Lactuca
Especie	: <i>sativa L.</i>
N. científico	: <i>Lactuca sativa L.</i>

Infoagro (2000), describe la morfología de la siguiente manera:

- Raíz: Que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad.
- Hojas: Están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.
- Tallo: Es cilíndrico y ramificado, es comprimido y en este se ubican las hojas muy próximas entre sí, generando el hábito de roseta típico de la familia.
- Inflorescencia: Son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos.
- Semillas: Están provistas de un vilano plumoso.

1.2.12 Fenología del cultivo

Solórzano (1992), menciona que el cultivo de la lechuga en nuestra región bajo el sistema de trasplante y siembra directa presenta la siguiente fenología:

Emergencia	: 6 días en siembra directa
Trasplante	: 25 a 30 días después del almácigo
Cosecha	: 60 a 80 días después del trasplante : 45 a 70 días en siembra directa
Producción de semillas	: 120 días.

Requerimiento climático

- ❖ **Temperatura.** La temperatura óptima de germinación oscila entre 18 - 20 °C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14 - 18 °C por el día y 5 - 8 °C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12 °C por el día y 3 - 5 °C por la noche. Este cultivo soporta peor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura

máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas de hasta -6 °C. Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia (Angulo, 2008).

- ❖ **Precipitación.** El cultivo requiere precipitaciones que fluctúen entre 1200 a 1500 mm anuales, necesitando entre 250 a 350 mm durante su periodo vegetativo. El exceso de humedad de campo es perjudicial para este tipo de cultivo, pues favorece la proliferación de las enfermedades fungosas y bacterianas (<http://www.slhfarm.com/lechugaguia.html>).

- ❖ **Humedad relativa.** El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un periodo de sequía, aunque éste sea muy breve. La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan (Angulo, 2008; (<http://www.slhfarm.com/lechugaguia.html>)).

Requerimiento edáfico

- ❖ **Suelo.** Los suelos preferidos por la lechuga son los ligeros, arenoso-limosos, con buen drenaje, situando el pH óptimo entre 6,7 y 7,4. En los suelos humíferos, la lechuga vegeta bien, pero si son excesivamente ácidos será necesario encalar. Este cultivo, en ningún caso admite la sequía, aunque la superficie del suelo es conveniente que esté seca para evitar en todo lo posible la aparición de podredumbres de cuello. En cultivos de primavera, se recomiendan los suelos arenosos, pues se calientan más rápidamente y permiten cosechas más tempranas. En cultivos de otoño, se recomiendan los suelos francos, ya que se enfrían más despacio que los suelos arenosos. En cultivos de verano, es preferible los suelos ricos en materia orgánica, pues hay un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos y el crecimiento de las plantas es más rápido (Angulo, 2008; Infoagro, 2009).

Paquetes Tecnológicos realizados con las variedades Grand Rapid's y Great Lakes 659 (UNA – La Molina, 2000)

Tamaño de planta: 0,2 m, diámetro: 0,3 m, clima no tolera temperaturas mayores de 25 °C, tipo de siembra directa, trasplante plántula con tres hojas verdaderas Mixta, cantidad de semillas es de 0,5 – 0,6 Kg.ha⁻¹, semillas por gramo es de 800 a 1000, distanciamiento entre plantas es de 0,3 m Entre surcos es de 0,8 m, 02 hileras de planta por surco, suelos sueltos, ricos en materia, la lechuga de trasplante es medianamente tolerante a la salinidad Poco tolerante a la acidez, pH óptimo de 6,0 a 6,8. Abonamiento y fertilización aplicar materia orgánica a la preparación del terreno. Aplicar 1/3 del nitrógeno después del desahije (siembra directa) o del deshierbo (trasplante) y el resto 20 días después, dosis: 120 - 0 - 0, riegos: Ligeros y frecuentes, incluso durante la cosecha. Evitar el exceso de humedad. Control de malezas: manual de utilizarse herbicidas no selectivos con campanas de protección para las plantas, debe de evitarse el contacto de las personas con el producto. Plagas: Comedores de hojas, Gusano de tierra, Mosca minadora, Mosquillas de los brotes, Pulgones, Enfermedades: Chupadera, Floración prematura, Mildeu, Pudrición gris, Virosis. Momento de la cosecha, cuando el repollo de hojas es consistente y no cede la presión de los dedos (lechuga de cabeza) o cuando las hojas han alcanzado su máximo desarrollo (lechuga de hojas) y son tiernas y suaves. Periodo de cosecha: Inicio: 60 – 80 días después de la siembra, duración de 15 a 25 días. Rendimiento: 5,000 docenas/ha.

1.2.13 Fertilización

El aporte de estiércol en el cultivo de lechuga se realiza a razón de 3 Kg / m² cuando se trata de un cultivo principal desarrollado de forma independiente de otros. No obstante, cuando se cultiva en invernadero, puede no ser necesaria la estercoladura, si ya se aportó estiércol en los cultivos anteriores (Sánchez, 2009).

El **abonado de fondo** puede realizarse a base de complejo 8-15-15, a razón de 50 g/m². Posteriormente, en sistema de riego tradicional por gravedad, un **abonado de cobertera** orientativo consistiría en el aporte de unos 10 g/m² de nitrato amónico. En suelos de carácter ácido, el nitrato amónico puede ser sustituido por nitrato de cal a razón de unos 30 g/m², aportados en cada riego, sin superar el total de 50 g/m². También son comunes las aplicaciones de nitrógeno vía foliar, en forma de urea,

cuando los riegos son interrumpidos y las necesidades de nitrógeno elevadas (Infoagro, 2009).

El silicio como fertilizante aumenta la productividad en la horticultura. Hoy la agricultura mundial requiere anualmente de aproximadamente 800 mil toneladas de fertilizantes minerales ricos en silicio, para promover el desarrollo de una agricultura saludable y sustentable. Esto invariablemente ocurrirá en suelos con más de 700 t.ha⁻¹ de silicio elemental y pH mayor a 7,5; donde ocurre también un alta capacidad de intercambio catiónico (Quero 2008).

1.2.14 Aplicación de riego

Dirección de Agricultura (2002), menciona que existen otras maneras de regar la lechuga como el riego por gravedad y el riego por aspersión, pero cada vez están más en recesión, aunque el riego por surcos permite incrementar el nitrógeno en un 20 %.

Junta de Usuarios de Riego (2008), mencionan que la aplicación de agua en la Región San Martín para el cultivo de hortalizas es de 4000 m³/ha/campaña.

1.2.15 Variedad Great Lakes 659

Las variedades de lechuga se pueden clasificar en los siguientes grupos botánicos (Angulo, 2008):

Great Lakes 659. De tamaño mediano y cobertura foliar externa compacta, es tolerante a quemaduras de punta con hojas atractivas y borde ligeramente rizados. La cosecha se produce a los 75 – 85 días dependiendo de las condiciones de crecimiento. Buen comportamiento de templado a templado cálido.

1.2.16 Requerimientos nutricionales del cultivo de lechuga

Marschner (2002), menciona que previo a la siembra es importante el abonado o enmienda orgánica, con lo que se consigue mantener el suelo mullido, fundamentalmente para aquellos más pesados. Se puede utilizar estiércol de bovinos, de equinos, o de aves que contengan cáscara de arroz (cama de pollo parrillero). Para utilizarlos deben estar bien descompuestos y colocarlos, si es posible, en el cultivo precedente, o por lo menos con un mes de anticipación. Se recomiendan dosis de 12

a 15 toneladas por ha., en los casos que no se haya utilizado nunca de 4 a 5 toneladas cuando el suelo no ha recibido abonos anteriormente.

Los requerimientos de los principales nutrientes para una cosecha superior a los 21.000 kg.ha⁻¹ de M.V, son los siguientes:

- 80 a 100 kg.ha⁻¹ de nitrógeno
- 35 kg.ha⁻¹ de fósforo como P₂O₅
- 150 a 200 kg.ha⁻¹ de potasio como K₂O
- 40 kg.ha⁻¹ de calcio como O Ca.
- 10 kg.ha⁻¹ de magnesio como MgO.

La deficiencia de nutrientes afecta notoriamente el desarrollo de la planta, limita el rendimiento, deprime la calidad comercial y su capacidad para resistir el transporte.

Por otro lado, un exceso de nitrógeno hace que tienda a florecer con más facilidad y que tenga menor tolerancia al traslado hacia los centros de comercialización.

El potasio es el elemento que la planta extrae en mayor proporción, debiéndose cuidar el aporte del mismo, especialmente en épocas de bajas temperaturas. Su absorción se encuentra relacionada con el nivel de magnesio y calcio, ya que un exceso de aquel, reduce la absorción de éstos últimos.

También existe una alteración de origen fisiológico llamada "quemadura del borde de las hojas", que está relacionada con el metabolismo del calcio. Esto no significa una deficiencia del elemento en el suelo, sino que es causada por una transpiración excesiva, cuando se combinan en el ambiente temperaturas elevadas y baja humedad relativa, acompañada de fluctuaciones en el suministro de agua al suelo.

Algunas recomendaciones para reducir estos inconvenientes son evitar la falta de calcio en el suelo, mantener constante la provisión de agua (regar a la tarde o a la noche), evitar el exceso de fertilizantes con amonio y potasio y pulverizar las hojas con soluciones de calcio. En verano se recomiendan como mínimo dos aplicaciones, en especial desde el estado de roseta del cultivo, dependiendo de la rigurosidad del

clima; a mayor temperatura ambiente, mayor cuidado se deberá tener con la provisión del calcio.

1.2.17 Principales usos

Infoagro (2009) manifiesta que esta hortaliza se caracteriza por ser rica en calcio y fibra. Se utiliza en frescos, en ensaladas y como acompañante en diferentes platos de la cocina. Industrialmente se usa para la fabricación de cremas cosméticas. El aporte de calorías de esta hortaliza es muy bajo, mientras que en vitamina C es muy rica, teniendo las hojas exteriores más calidad de la misma frente a las interiores, también resulta una fuente importante de vitamina K, con lo que protege a la osteoporosis. Otras vitaminas que destacan en la lechuga son la A, E y ácido fólico. Está compuesta en un 94% de agua y aporta mucho potasio y fósforo.

La lechuga es una hortaliza pobre en calorías y rica, aunque las hojas exteriores son más ricas en vitamina C, que las interiores. En la tabla 2, se muestra el valor nutricional de la lechuga en 100 gramos de sustancia.

Tabla 2

Valor nutricional de la lechuga en 100 gramos de sustancia

Carbohidratos (g)	20.1
Proteínas (g)	8.4
Grasas (g)	1.3
Calcio (g)	0.4
Fósforo (mg)	138.9
Vitamina C (mg)	125.7
Hierro (mg)	7.5
Niacina (mg)	1.3
Riboflavina (mg)	0.6
Tiamina (mg)	0.3
Vitamina A (U.I)	1155
Calorías (cal)	18

Fuente: Infoagro (2009).

1.3 Definición de términos básicos

Fertilización Foliar: es reconocida como una técnica eficiente, al combinar la rápida respuesta de los cultivos luego de su aplicación con la calidad de los frutos que proporciona. La velocidad con la que las hojas absorben los nutrientes es ocho o nueve veces mayor que la absorción del suelo (Bent, 2008).

Morfología: se define como el estudio de la estructura y forma de las plantas, e incluye la Citología y la Histología (Biblioteca de la Agricultura, 2000).

Aplicación Foliar: es una práctica común de suministrar nutrientes a las plantas a través de su follaje. Se trata de rociar fertilizantes disueltos en agua directamente sobre las hojas (Bent, 2008).

Rendimiento: Es la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada. Se mide usualmente en toneladas métricas por hectárea (Primavesi, 1984).

Fenología: estudia cómo, afectan las variables meteorológicas a las manifestaciones periódicas o estacionales de las plantas (floración, aparición (cuajado) de frutos y su maduración, caída de hojas y dormancia, etc (Solorzano, 1992).

Fertilizante: Sustancia que mejora la calidad de la tierra y facilita el crecimiento de las plantas (SEPHU, 2009).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Tipo y nivel de investigación

Investigación tipo aplicada, nivel experimental.

2.2 Diseño de investigación

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizó el Diseño Estadístico de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

Tabla 3

Esquema del análisis de varianza

Fuente de variabilidad	Grados de libertad
Bloques	$(r - 1) = 3$
Tratamientos	$(t - 1) = 3$
Error experimental	$(r - 1)(t - 1) = 9$
Total	$rt - 1 = 15$

Fuente: Elaboración propia (2017).

Bloques (r=4), Tratamientos (t=4)

Tratamientos en estudio:

Tabla 4

Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
T0	Testigo (Sin aplicación)
T1	1000 ml.ha ⁻¹ de Viosil (Silicio)
T2	500 ml.ha ⁻¹ de Promet Ca
T3	500 ml.ha ⁻¹ de Promet (Ca) + 1000 ml.ha ⁻¹ de Viosil (Silicio)

Fuente: Elaboración propia (2017).

Características del campo experimental

Parcela

Nº de bloques	: 04
Ancho	: 13.20 m
Largo	: 22.80 m
Área total del bloque	: 300.96 m ²
Separación entre bloques	: 0.50 m.

Bloque

Ancho	: 3.30 m
Largo	: 4.56 m
Área	: 15.04 m ²
Área neta	: 15.04 m ²

2.3 Población y muestra

Población

En este trabajo la población estuvo definida por la especie *Lactuca sativa*. Conformada por 75 plantas distribuidas en los 4 tratamientos haciendo un total de 300 con las 4 repeticiones.

Muestra

La muestra del respectivo trabajo estuvo constituida por una planta de lechuga, se trabajó con 10 plantas por tratamiento para las evaluaciones que hacen un total de 40 muestras.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1 Técnica de la observación:

Se utilizó una de las técnicas más usadas en la investigación, se utilizó guías de observación, libretas de apuntes, plumón indeleble, lapiceros, cartillas de evaluación, toma fotográfica, cámaras fotográficas, balanza, laptop, impresoras, etiquetas,

rastrillo, regla, vernier, estacas, palana, rafia, costal, mula mecánica, etc., técnicas que permitieron interrelacionarse directamente con los elementos que son materia del trabajo de investigación.

2.4.2 Material biológico

El cultivo indicador fue la variedad de lechuga Great Lakes 659 y la aplicación de los tratamientos se hizo semanalmente y en una sola dosis a todos los tratamientos estudiados. Como fuente de silicio se aplicó el fertilizante líquido conocido como **Viosil**. Como fuente de Calcio se aplicó **Promet Ca**.

2.4.3 Ubicación del campo experimental

El trabajo de investigación se ejecutó en el fundo hortícola “El Pacífico”, de propiedad del señor Jorge Luís Peláez Rivera, en el distrito y provincia de Lamas.

a. Ubicación geográfica

Latitud Sur	: 06° 20' 15''
Longitud Oeste	: 76° 30' 45''
Altitud	: 835 m.s.n.m.m.

b. Ubicación política

Fundo	: Pacífico
Provincia	: Lamas
Distrito	: Lamas
Región	: San Martín

2.4.4 Características edafoclimáticas de la zona en estudio

a. Características climáticas

Ecológicamente donde se ejecutó el trabajo de investigación presenta una zona de vida caracterizada por ser Bosque Seco Tropical (bs-T), (Holdridge, 1970). En la tabla 5, se muestran los datos meteorológicos.

Tabla 5*Datos meteorológicos, según SENAMHI (2018)*

Meses	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Prom.
Año: 2018					
Temperatura Mínima (°C)	19.3	18.6	23.0	25	21.48
Temperatura Media (°C)	23.0	23.2	24.9	25	24.03
Temperatura Máxima (°C)	27.4	28.2	30.1	25.40	27.68
Precipitación (mm)	89.1	68.2	55.3	234.70	111.83
Humedad relativa (HR)	90	88	85	85.10	87.03

Fuente: SENAMHI (2018).

b. Características edáficas

Las condiciones de textura del fondo hortícola “El Pacífico” es de Franco Arenoso, con un pH de 6.99, materia orgánica es 1.96. En la tabla 6, se muestra, las características físicas y químicas del suelo.

Tabla 6*Características físicas y químicas del suelo*

Determinaciones		Dato	Interpretación
pH		6,99	Neutro
M.O (%)		1,96	Bajo
C.E. (µS)		113,25	No hay problema de sales
Análisis Físico de la muestra			
	(%) Arena	53,0	
	(%) Limo	16,0	
	(%) Arcilla	31,0	
Clase Textural			Franco Arcillo Arenoso
Elementos mayores disponibles			
	N (%)	0,0882	Bajo
	P (ppm)	30,63	Alto
	K (ppm)	136,23	Medio
Análisis Químico de Cambiables			
	Ca ⁺⁺ (meq/100 g)	6,32	Bajo
	Mg ⁺⁺ (meq/100 g)	1,12	Bajo
	K ⁺ (meq/100 g)	0,3	Bajo
	Na ⁺ (meq/100 g)	0,1	Muy Bajo
C.I.C. (meq/100 g)		7,9	

Fuente: Laboratorio de Suelos de la FCA-UNSM-T (2018).

2.4.5 Conducción del experimento

a. Limpieza del terreno

Esta actividad se realizó utilizando machete y lampa para eliminar las malezas, y separarla de las parcelas.

b. Preparación del terreno y mullido

Se efectuó removiendo el suelo con el uso de una mula mecánica. Seguidamente se empezó a nivelar las parcelas con la ayuda de un rastrillo.

c. Parcelado y etiquetado

Se realizó, después de la remoción del suelo, se procedió a parcelar y etiquetar el campo experimental dividiendo en cuatro bloques, cada uno con sus respectivos cuatro tratamientos.

d. Muestreo del suelo

Se tomaron 10 sub muestras de suelo de 500 g cada una a una profundidad de 20 cm, se mezcló y homogenizó para constituir una muestra de 1 kg, la cual fue remitida al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de San Martín, para su respectivo análisis.

e. Siembra

En el almácigo se sembró la fecha 28/08/2018 estando disponible para realizar el traslado a campo definitivo la fecha 13/09/2018, colocando aproximadamente 3 semillas por golpe, para ser deshijado a los 15 días y dejar una planta por golpe, a un distanciamiento de 0.20m entre fila y 0.20 m entre planta teniendo una densidad de 376 plantas por tratamiento.

Tanto en el almácigo y en campo definitivo no se aplicó plaguicida debido a que los niveles de daño económico fueron muy bajos resultado ser no significativo.

f. Aplicación de dosis de abonos foliares Viosil, Promet Ca.

Para la aplicación de estos productos se utilizó una mochila a palanca de 20 l de almacenamiento y se adicionó los siguientes productos: (Viosil: 1000 ml.ha⁻¹), (Promet Ca: 500 ml.ha⁻¹), y (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹ + Viosil: 1000 ml.ha⁻¹).

La primera aplicación se realizó a los 8 días de la siembra es decir en la fecha 21/09/2018, la segunda aplicación fue en la fecha 06/10/2018 que es a los 15 días de la primera aplicación.

2.4.6 Labores culturales

a. Control de maleza

Se realizó de manera frecuente y de manera manual dos veces durante el periodo fenológico.

b. Riego

Se efectuó de manera continua y de acuerdo a la incidencia de las lluvias a registrarse mediante sistema de aspersión.

c. Cosecha

La cosecha se realizó a partir de la fecha 28/10/2018, cuando la variedad alcancen su madurez fisiológica de mercado, y en forma manual.

2.5 Técnica de procesamiento y análisis de datos

2.5.1 Técnica estadística

Los datos obtenidos en el trabajo de campo, fueron cuantificados, luego sometidos a un tratamiento estadístico, como elemento que ofrece mayor nivel de precisión y confiabilidad cuando se trata de medir los resultados.

Fueron procesados y analizados por el Sistema de Análisis Estadístico (SPSS) versión 22, los resultados se presentaron en grafico de barras, que nos permitió analizar y entender mejor, la complejidad de los resultados encontrados.

2.5.2 Indicadores evaluados

a. Altura de planta

Se evaluó al momento de la cosecha con una regla graduada, tomando al azar 10 plantas por tratamiento.

b. Diámetro de la base del tallo

Se efectuó tomando al azar 10 plantas por tratamiento, la medición se realizó empleando un vernier graduado.

c. Número de hojas por planta

Se contabilizó la cantidad de hojas de las 10 plantas tomadas al azar por cada tratamiento.

d. Peso de la planta

Se pesó la planta de las 10 plantas al azar por cada tratamiento, para lo cual se utilizó una balanza de precisión.

e. Tamaño de la raíz

Se midió la longitud de las raíces, las medidas se tomaron con una regla graduada de las 10 plantas seleccionadas al azar.

f. Materia fresca y seca en raíces

Se seleccionó 10 plantas tomadas al azar extrayendo la materia fresca de las raíces, para luego ser pesado en una balanza de precisión; posteriormente se colocó a la estufa y se pesó como materia seca de las raíces.

g. Materia fresca y seca en el follaje

Se seleccionó 10 plantas tomadas al azar extrayendo la materia fresca del follaje, para luego ser pesado en una balanza de precisión; posteriormente se colocó a la estufa y se pesó como materia seca de los follajes.

h. Rendimiento en la producción en t.ha⁻¹

Se pesaron 10 plantas tomadas al azar por cada tratamiento, se usó una balanza, el resultado fue convertido a t.ha⁻¹.

i. Análisis económico

La relación beneficio/costo se efectuó de acuerdo a la siguiente fórmula:

Relación Beneficio/Costo = Beneficio neto/Costo de producción

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

3.1.1 De la altura de planta (cm)

Tabla 7

Análisis de varianza para la altura de planta en centímetros

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F.C.	P-valor
Bloques	0.774	3	0.258	1.117	0.392 N.S.
Tratamientos	9.972	3	3.324	14.381	0.001**
Error experimental	2.080	9	0.231		
Total	12.826	15			

$R^2 = 83.8\%$

C.V. = 20.6%

Promedio = 23.36

N.S. No significativo **Significativo al 99%

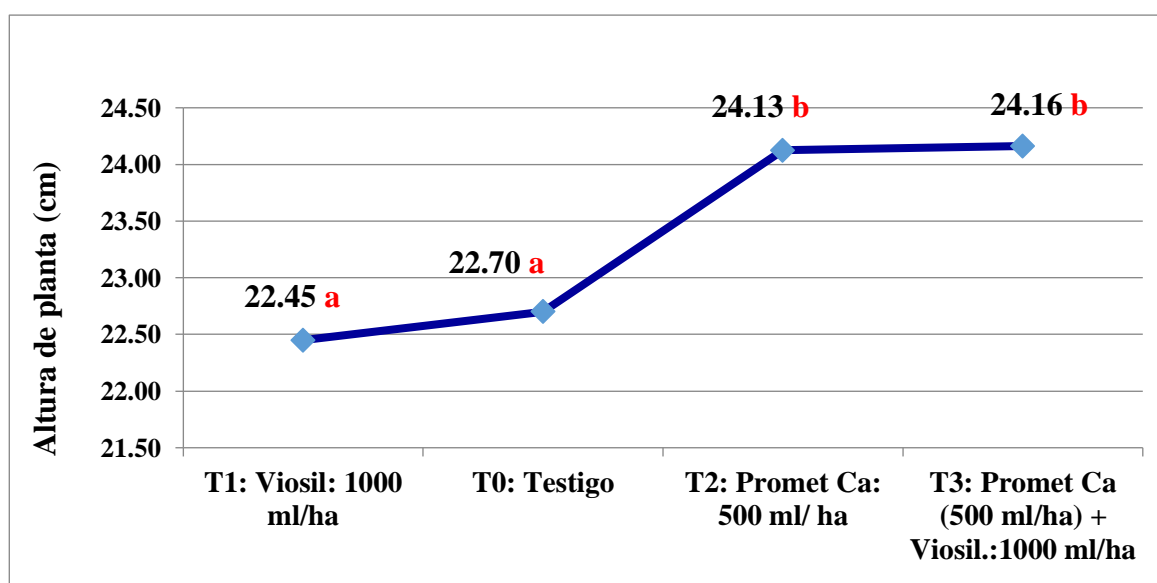


Figura 1: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para los promedios de tratamientos respecto a la altura de planta (cm)

3.1.2 Del diámetro de la base del tallo (cm)

Tabla 8

Análisis de varianza para el diámetro del tallo en centímetros

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F.C.	P-valor
Bloques	0.003	3	0.001	0.211	0.887 N.S.
Tratamientos	0.001	3	0.000	0.123	0.944 N.S.
Error experimental	0.036	9	0.004		
Total	0.040	15			

$R^2 = 10.0\%$ C.V. = 4.1% Promedio = 1.54
 N.S. No significativo **Significativo al 99%

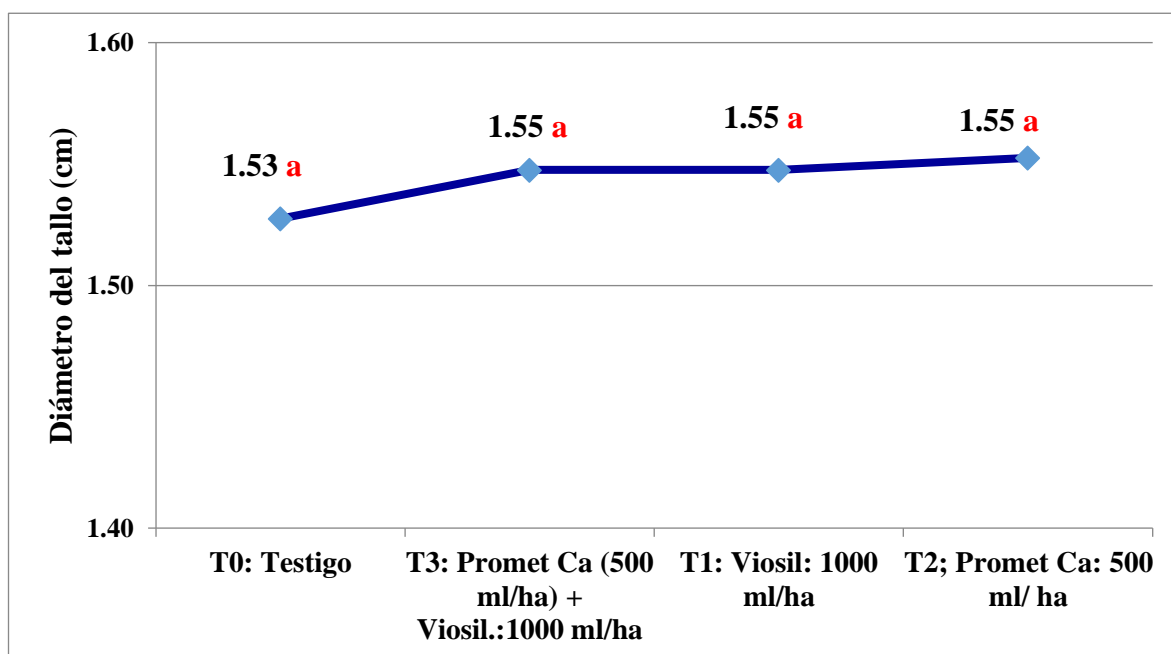


Figura 2: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para los promedios de tratamientos respecto al diámetro del tallo (cm)

3.1.3 Del número de hojas por planta

Tabla 9

Análisis de varianza para el número de hojas por planta (datos transformados por \sqrt{x})

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F.C.	P-valor
Bloques	0.004	3	0.001	0.171	0.913 N.S.
Tratamientos	0.026	3	0.009	0.987	0.441 N.S.
Error experimental	0.079	9	0.009		
Total	0.109	15			

$R^2 = 27.9\%$

C.V. = 2.41%

Promedio = 3.93

N.S. No significativo

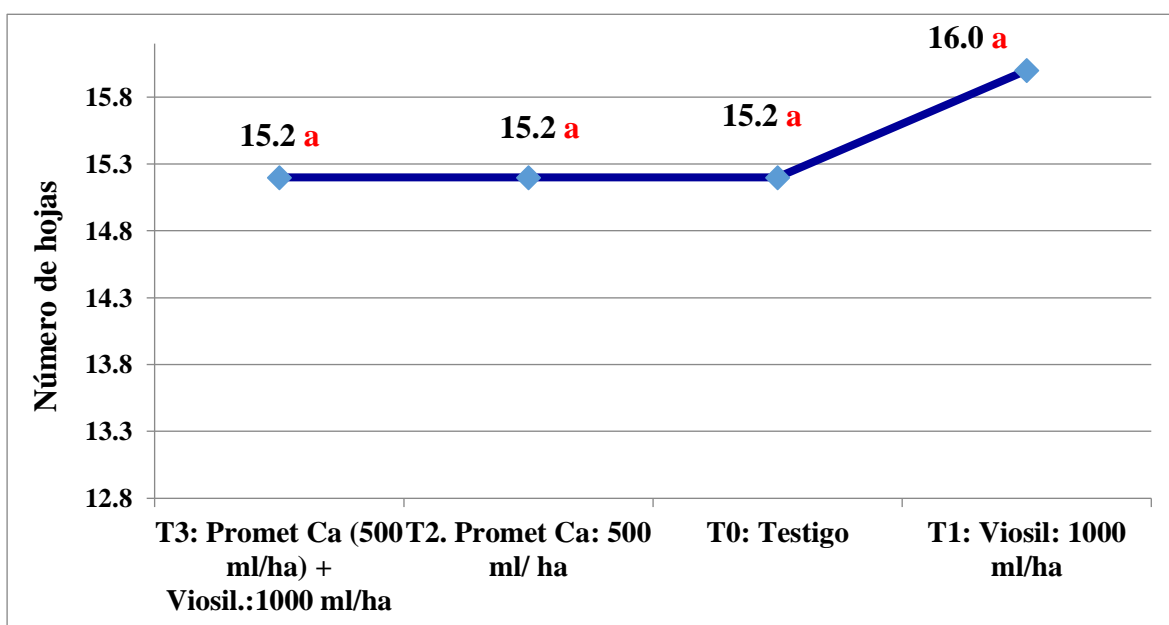


Figura 3: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para los promedios de tratamientos respecto al número de hojas por planta.

3.1.4 Del peso de la planta (g)

Tabla 10

Análisis de varianza para el peso de la planta en gramos (g)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F.C.	P-valor
Bloques	449.287	3	149.762	2.496	0.126 N.S.
Tratamientos	10222.582	3	3407.527	56.788	0.000 **
Error experimental	540.041	9	60.005		
Total	11211.909	15			

$R^2 = 95.2\%$ C.V. = 5.84% Promedio = 132.61
 N.S. No significativo **Significativo al 99%

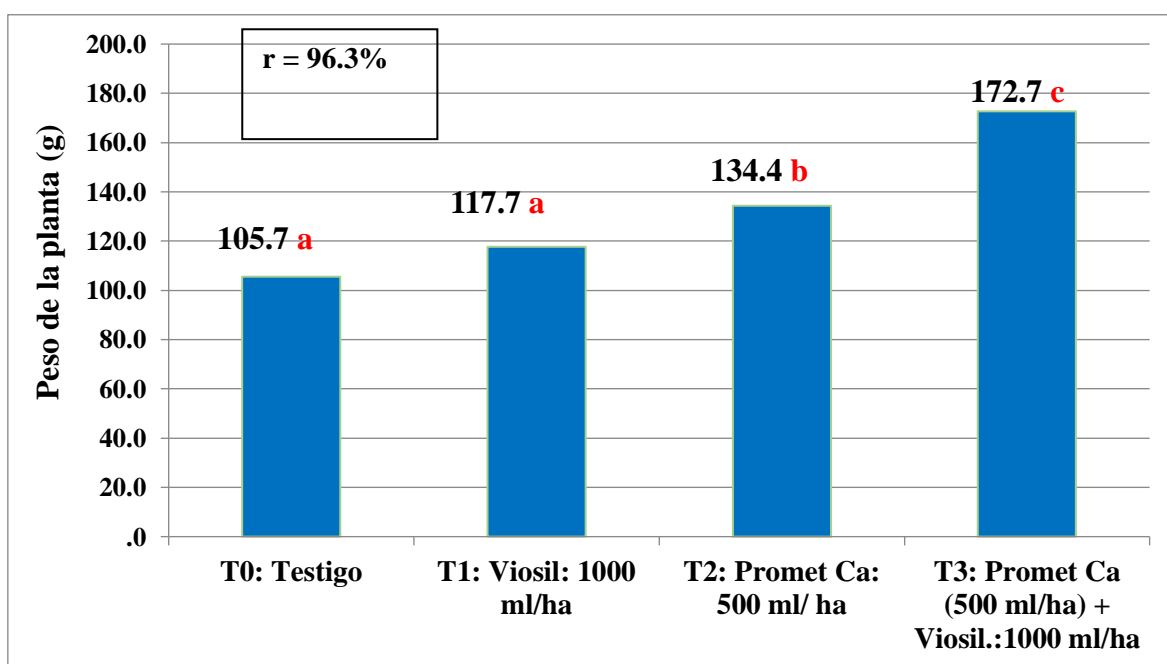


Figura 4: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para los promedios de tratamientos respecto al peso de la planta (g)

3.1.5 Materia fresca y seca en raíces (g)

Tabla 11

Análisis de varianza para materia fresca y seca de raíces (g)

Fuente de variabilidad	GL	Materia fresca (g)		Materia seca (g)	
		Suma de cuadrados	P-valor	Suma de cuadrados	P-valor
Bloques	3	0,190	0,070 N.S.	0,007	0,002 **
Tratamientos	3	3,964	0,000 **	0,011	0,000 **
Error experimental	9	0,171		0,002	
Total	15	4,324		0,020	

R²= 96,0% C.V.= 0,28% R²= 91,3% C. V = 2,6%

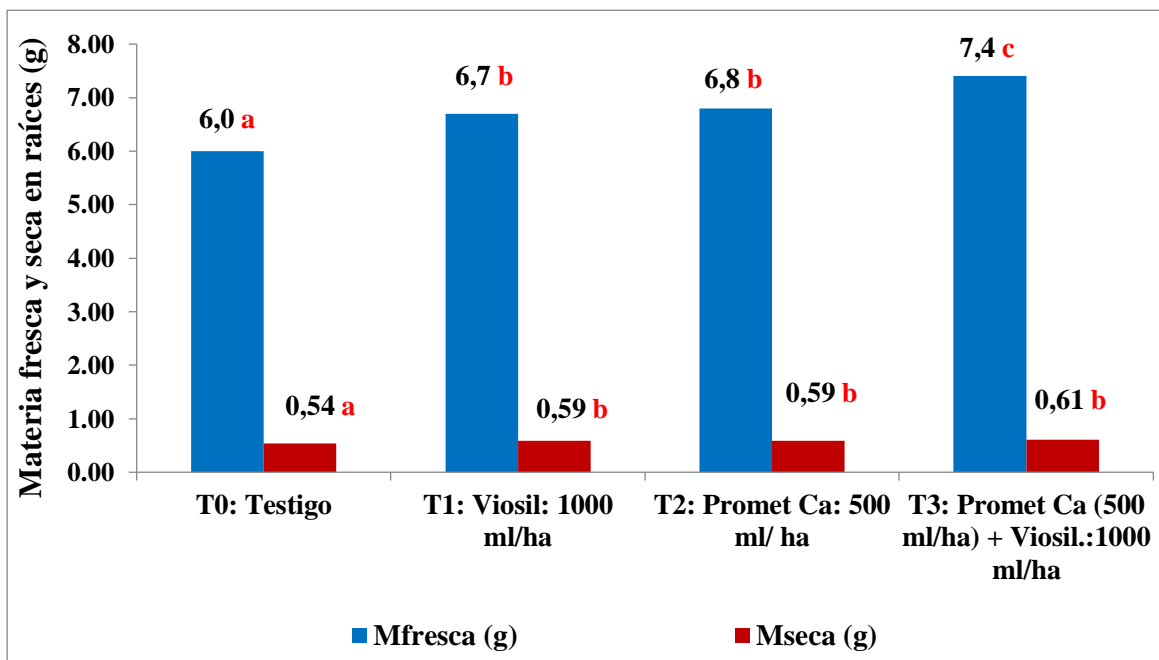


Figura 5: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para los promedios de tratamientos respecto a la materia fresca y seca de raíces (g)

3.1.6 Materia fresca y seca en el follaje (g)

Tabla 12

Análisis de varianza para materia seca y fresca del follaje (g)

Fuente de variabilidad	GL	Materia fresca (g)		Materia seca (g)	
		Suma de cuadrados	P-valor	Suma de cuadrados	P-valor
Bloques	3	1,518	0,062 N.S.	0,013	0,878 N.S.
Tratamientos	3	1801,426	0,000 **	30,094	0,000 **
Error experimental	9	1,292		0,179	
Total	15	1804,235		30,287	
		R ² =99,9%	C.V.= 0,53%	R ² =99,4%	C.V.= 2,25%

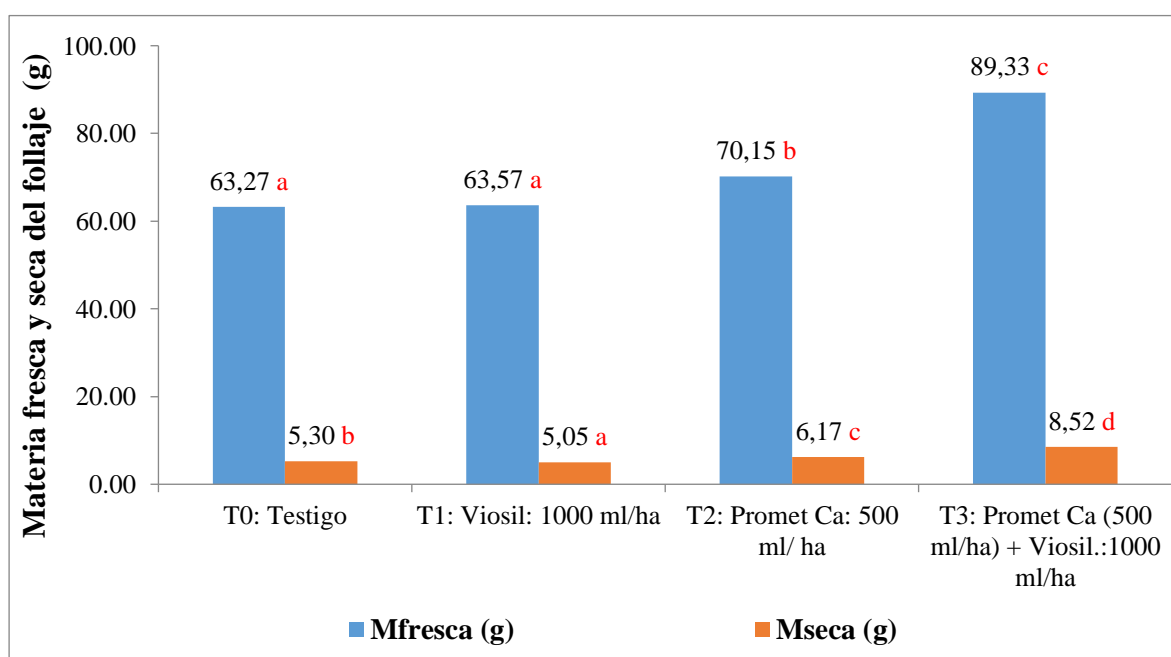


Figura 6: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para los promedios de tratamientos respecto a la materia fresca y seca del follaje (g)

3.1.7 Del rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Tabla 13

Análisis de varianza para el rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F.C.	P-valor
Bloques	2.808E7	3	9360143.229	2.496	0.126 N.S.
Tratamientos	6.389E8	3	2.130E8	56.788	0.000 **
Error experimental	3.375E7	9	3750282.118		
Total	7.007E8	15			

 $R^2 = 95.2\%$

C.V. = 18.5%

Promedio = 33151.56

N.S. No significativo

**Significativo al 99%

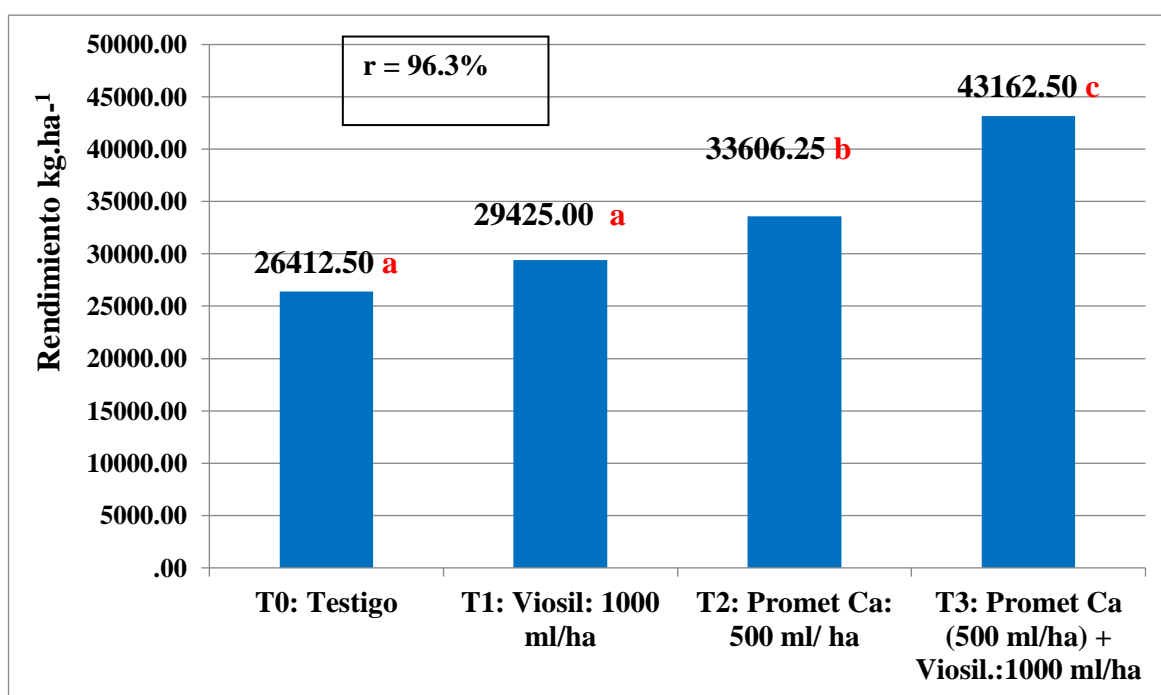


Figura 7: Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para los promedios de tratamientos respecto al rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

1.3.8 Del análisis económico de los tratamientos

Tabla 14

Análisis económico de los tratamientos estudiados

Tratamientos	Rdto (kg.ha ⁻¹)	Costo de producción (S/.)	Precio de venta x kg (S/.)	Beneficio bruto (S/.)	Beneficio neto (S/.)	B/C	Rent. (%)
T0 (Testigo)	26 412.50	17 155.24	0.60	15 847.50	-1307.74	-0.08	-7.62
T1 (Viosil: 1000 ml/ha)	29 425.00	17 350.50	0.60	17 655.00	304.50	0.02	1.75
T2 (Promet Ca: 500 ml/ ha)	33 606.25	17 389.13	0.60	20 163.75	2774.63	0.16	15.96
T3 (Promet Ca (500 ml/ha) + Viosil.:1000 ml/ha)	43 162.50	17 655.25	0.60	25 897.50	8242.25	0.47	46.68

3.2 Discusión

3.2.1 De la altura de planta (cm)

En la tabla 7 se presenta el análisis de varianza para la altura de planta en centímetros, el cual no detectó diferencias significativas en Bloques, pero si altamente significativa al 99% para la fuente de variabilidad tratamientos, cuya interpretación inicial está referida a que al menos uno de los tratamientos estudiados fue diferente a los demás. El Coeficiente de Determinación (R^2) con un valor de 83.8% explica suficientemente bien los efectos que han tenido los tratamientos estudiados (Dosis foliares de Si y Ca) sobre la altura de la planta, por otro lado el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con 20.6% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan al 5% para los promedios de tratamientos (figura 1), corrobora el resultado del análisis de varianza (tabla 7) al detectar diferencias significativas entre tratamientos. Donde se puede observar que los tratamientos T3 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca + 1000 ml.ha⁻¹ de Viosil) y T2 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca) con promedios estadísticamente iguales entre sí de 24.16 cm y 24.13 cm de altura de planta, respectivamente superaron estadísticamente a los demás tratamientos, seguido de los

tratamientos T0 (Testigo), T1 (1000 ml.ha⁻¹ de Viosil) quienes obtuvieron promedios de 22.7 cm, y 22.45 cm de altura de planta, respectivamente.

Los resultados obtenidos permiten inferir que las aplicaciones foliares de Ca+Si (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca + 1000 ml.ha⁻¹ de Viosil) y de (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca), tuvieron efecto evidente sobre la altura de planta.

Brady (1992), manifiesta que cuanto mayor cantidad de Si soluble activo este presente, mejores serán los beneficios para el suelo y la planta. Los resultados obtenidos parecen coincidir con las apreciaciones de muchos investigadores (CIAT, 1985; Aduayi, citado por Carrillo, 1987; Epstein, 1994; Marschner, 1995; Epstein, 1999; SEPHU, 2000; Caycedo y Chabarringa, 2007 y Quero, 2008) quienes indican que los efectos de mayores dosis de Si aplicados a diferentes cultivos, originan que se mejoren las propiedades hídricas, físicas y químicas del suelo, que se produzca mayor retención y disponibilidad del agua, produciéndose mayor producción y estabilidad de la materia orgánica, enriquecimiento de la composición mineral y del pH suelo, mayor disponibilidad de nutrientes, mayor desarrollo de las raíces, mayor absorción de nutrientes, mayor vigorización, regulación de la temperatura, optimizando la capacidad de almacenamiento y transporte de fotosintatos en el plan de desarrollo del cultivo.

Miyake y Takahashi (1983) reportaron que aplicaciones de silicio en la solución nutritiva (0.08, 0.33 y 1.67 mol.m⁻³), provocaron aumentos significativos en el número de hojas en las plantas de pepino. Es posible, que todas estas valoraciones de los indicados investigadores, produjo mayor desarrollo fisiológico y metabólico del cultivo, propiciando mayor incremento en la altura de la planta. También Pinedo (2011) reporta que la aplicación de mayores dosis de silicio (2.4 Litros de Silicio x ha⁻¹) aplicadas a las plantas de pepinillo tuvieron mayor efecto en la variable de la altura de planta.

Como fuente de calcio se dosificó con Promet Ca y las mayores dosis probablemente produjo mayor estabilidad estructural del suelo, evolución de la materia orgánica del suelo, regulación del pH; desarrollo de las raíces, activación del desarrollo de las defensas naturales y mayor producción de la fotosíntesis, intervención en la síntesis

de la pectina, principal constituyente de la pared celular, proporcionándole más estabilidad a la membrana y por consiguiente se vigorice el cultivo; entre otros (Gil, 1995, Fuentes, 1997; Bergmann, 1992; Montzerrat, 2012; Chiu y Bould, 1977; http://www.plmlatina.com.pe/deaq/src/productos/6139_33.htm), produciéndose mayor efecto en la altura de planta. Es importante inferir, que las condiciones edafoclimáticas, también influenciaron en el crecimiento de la planta (SENAMHI, 2018 y Laboratorio de Suelos y Aguas FCA-UNSM-T, 2018).

Similar resultado también obtuvo Mori (2012), cuando evaluó diferentes dosis de calcio y silicio en el desarrollo del cultivo del pepinillo híbrido EM American Slicer 160 F-1. Los resultados obtenidos indican que con la aplicación de mayores dosis de Ca-Si (150 kg.ha^{-1} y 350 kg.ha^{-1}), se obtuvo mayor incremento en la altura de planta. Al parecer todas esas apreciaciones descritas influyeron para que las plantas crecidas con mayores dosis de Si – Ca, obtuvieran mayor incremento en el crecimiento de la planta.

3.2.2 Del diámetro del tallo (cm)

En la tabla 8 se presenta el análisis de varianza para el diámetro del tallo en centímetros y la cual no detectó diferencias significativas en Bloques ni tratamientos. El Coeficiente de Determinación (R^2) con un valor de 10.0% explica muy poco el efecto que han tenido los tratamientos estudiados (Dosis foliares de Si y Ca) sobre el diámetro del tallo, por otro lado el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con 4.1% no exige mayor discusión puesto que la variabilidad existente fue muy pequeña y la cual se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan al 5% para los promedios de tratamientos (figura 2), corrobora el resultado del análisis de varianza (Tabla 8) al no detectar diferencias significativas entre tratamientos. Donde se puede observar que los tratamientos T2 (500 ml.ha^{-1} de Promet Ca), T1 (1000 ml.ha^{-1} de Viosil), T3 (500 ml.ha^{-1} de Promet Ca + 1000 ml.ha^{-1} de Viosil) y T0 (Testigo) con promedios de 1.55 cm, 1.55 cm, 1.55 y 1.53 cm de diámetro del tallo respectivamente resultaron ser estadísticamente iguales entre sí. Esta razón justifica aún más que las aplicaciones foliares de Si y Ca no influyeron en

el diámetro del tallo y que esta variable no fue adecuada para medir los efectos de los tratamientos estudiados.

La variabilidad de resultados obtenidos en los diferentes tratamientos estudiados, estuvieron relacionados por las características genéticas propias de la planta. El crecimiento secundario en las plantas es responsable del engrosamiento de los tallos a diferencia del crecimiento primario que produce el elongamiento de los mismos. El cambium vascular produce células del xilema secundario hacia el interior y células de floema secundario hacia el exterior. El cambium está formado por células meristemáticas llamadas iniciales, que se regeneran permanentemente: cuando una célula se divide, genera una célula madre y otra célula inicial. Estas células madre de floema y xilema se dividen varias veces más, antes de diferenciarse en los tejidos.

3.2.3 Del número de hojas por planta

En la tabla 9 se presenta el análisis de varianza para el número de hojas por planta y la cual no detectó diferencias significativas en Bloques ni tratamientos. El Coeficiente de Determinación (R^2) con un valor de 27.9% explica muy poco el efecto que han tenido los tratamientos estudiados (Dosis foliares de Si y Ca) sobre el número de hojas por planta, por otro lado el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con 2.41% no exige mayor discusión puesto que la variabilidad existente fue muy pequeña y la cual se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan al 5% para los promedios de tratamientos (figura 3), corrobora el resultado del análisis de varianza (tabla 10) al no detectar diferencias significativas entre tratamientos. Donde se puede observar que los tratamientos T1 (1000 ml.ha⁻¹ de Viosil), T0 (Testigo), T2 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca) y T3 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca + 1 1000 ml.ha⁻¹ de Viosi) con promedios de 16.0 hojas, 15.2 hojas, 15.2 hojas y 15.2 hojas por planta respectivamente resultaron ser estadísticamente iguales entre sí. Esta razón justifica con mayor eficacia que las aplicaciones foliares de Si y Ca no influyeron en el número de hojas por planta y que esta variable no fue adecuada para medir los efectos de los tratamientos estudiados.

3.2.4 Del peso de la planta (g)

En la tabla 10 se presenta el análisis de varianza para la el peso de la planta en gramos y la cual no detectó diferencias significativas en Bloques, pero si altamente significativa al 99% para la fuente de variabilidad tratamientos, y cuya interpretación inicial está referida a que al menos uno de los tratamientos estudiados fue diferente a los demás. El Coeficiente de Determinación (R^2) con un valor de 95.2% explica muy bien el efecto que han tenido los tratamientos estudiados (Dosis foliares de Si y Ca) sobre el peso de planta, por otro lado el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con 5.84% no exige mayor discusión puesto que la variabilidad existente fue muy pequeña y la cual se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan al 5% para los promedios de tratamientos (figura 4), corrobora el resultado del análisis de varianza (tabla 9) al detectar diferencias significativas entre tratamientos. Donde se puede observar que el tratamiento T3 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca + 1000 ml.ha⁻¹ de Viosil) con un promedio de 172.7 gramos de peso de planta superó estadísticamente a los demás tratamientos, seguido de los tratamientos T2 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca), T1 (1000 ml.ha⁻¹ de Viosil) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 134.4 gramos, 117.7 gramos y 105.7 gramos de peso de la planta respectivamente.

Con esta variable evaluada, se observa que las dosis de aplicación foliar de Si y Ca superaron al tratamiento testigo, evidenciándose su efecto sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de lechuga. Así mismo, las aplicaciones de las dosis de Si y Ca establecieron un valor de correlación (r) de 96.3% entre la variable independiente (Dosis de aplicación foliar de Si y Ca) y la variable dependiente (Peso de la planta).

Resultado de estos efectos se deben a la acción del Silicio en combinación con Calcio quienes han podido tener efectos en el desarrollo radicular aumentando su potencial de soporte y absorción de agua como elemento básico para la fijación de CO₂ atmosférico y la consiguiente formación de fotosintatos (biomasa), fomentando dicho efecto en un mayor peso de la planta. Similar apreciación también obtuvo Quero (2008), quién considera que el silicio ayuda al desarrollo del sistema radicular de la planta y puede aumentar su masa radicular en un 50 y un 200% y por

consiguiente incrementar la absorción de nutrientes en beneficio del cultivo de pepinillo. También Miyake y Takahashi (1983), reportan que con mayores dosis de silicio provocaron aumentos significativos en el aumento de peso del cultivo de pepinillo. Así mismo Mori (2012), también reportó incremento del peso de fruto de pepinillo al evaluar con mayores dosis de Ca y Si al cultivo de pepinillo.

3.2.5 De la Materia fresca y seca en raíces (g)

En la tabla 11 se presenta el análisis de varianza para la materia fresca y seca en raíces (g) y el cual respecto a la materia seca, no detectó diferencias significativas en Bloques, pero si diferencias altamente significativas al 99% para la fuente de variabilidad tratamientos y respecto a la materia seca, si detectó diferencias significativas en Bloques, pero si diferencias altamente significativas al 99% para la fuente de variabilidad tratamientos, cuya interpretación está referida a que al menos uno de los tratamientos estudiados en ambas variables fue diferente a los demás. El Coeficiente de Determinación (R^2) con valores de 96,0% y 91,3% para la materia fresca y seca respectivamente, explica suficientemente bien los efectos que han tenido los tratamientos estudiados (Dosis foliares de Si y Ca) sobre la materia fresca y seca, por otro lado los Coeficientes de variabilidad (C.V.) de 0,28% y 2,6% para la materia fresca y seca respectivamente, se encuentran dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan al 5% para los promedios de tratamientos (figura 5), corrobora el resultado del análisis de varianza (cuadro 9) al detectar diferencias significativas entre tratamientos. Donde se puede observar respecto a la materia fresca, que con el tratamiento T3 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹ + Viosil 1000 ml.ha⁻¹) se alcanzó en mayor promedios con 7,4 g de materia fresca, superando estadísticamente a los tratamientos T2 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹), T1 (Viosil 1000 ml.ha⁻¹) y T0 (Testigo), quienes obtuvieron promedios de 6,8 g, 6,7 g y 6,0 g de materia fresca. Respecto a la materia seca, se observa que con los tratamientos T3 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹ + Viosil 1000 ml.ha⁻¹), T2 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹) y T1 (Viosil 1000 ml.ha⁻¹) se obtuvieron promedios de 0,61 g, 0,59 g y 0,59 g respectivamente y los cuales superaron al tratamiento T0 (Testigo) quién alcanzó un promedio de 0,54 g. En general afirmamos que la relación porcentual de tasa de humedad respecto a la materia seca fue de 91%, 91,19%, 91,32% y 91,75% para los tratamientos T0 (Testigo), T1 (Viosil 1000

ml.ha⁻¹), T2 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹) y T3 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹ + Viosil 1000 ml.ha⁻¹) respectivamente, esto significa que los tratamientos (T3, T2, T1) aplicados, aumentaron su capacidad de absorción de nutrientes dando como resultado un mayor rendimiento en el cultivo a diferencia del tratamiento T0 (Testigo).

3.2.6 Materia fresca y seca en el follaje

En la tabla 12 se presenta el análisis de varianza para la materia fresca y seca del follaje (g) y el cual respecto a la materia fresca y seca, no detectó diferencias significativas en Bloques, pero si diferencias altamente significativas al 99% para la fuente de variabilidad tratamientos, cuya interpretación se entiende que al menos uno de los tratamientos estudiados en ambas variables fue diferente a los demás. El Coeficiente de Determinación (R^2) con valores de 99,9% y 99,4% para la materia fresca y seca respectivamente, explica suficientemente bien los efectos que han tenido los tratamientos estudiados (Dosis foliares de Si y Ca) sobre la materia fresca y seca, por otro lado los Coeficientes de variabilidad (C.V.) de 0,53% y 2,25% para la materia fresca y seca respectivamente, se encuentran dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan al 5% para los promedios de tratamientos (figura 6), corrobora el resultado del análisis de varianza al detectar diferencias significativas entre tratamientos. Donde se puede observar respecto a la materia fresca, que con el tratamiento T3 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹ + Viosil 1000 ml.ha⁻¹) se alcanzó en mayor promedios con 89,33 g de materia fresca, superando estadísticamente a los tratamientos T2 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹), T1 (Viosil 1000 ml.ha⁻¹) y T0 (Testigo), quienes obtuvieron promedios de 70,15 g, 63,57 g y 63,27 g de materia fresca respectivamente. Respecto a la materia seca, se observa que con el tratamiento T3 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹ + Viosil 1000 ml.ha⁻¹) también se alcanzó en mayor promedios con 8,52 g de materia seca, superando estadísticamente a los tratamientos T2 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹), T1 (Viosil 1000 ml.ha⁻¹) y T0 (Testigo), quienes obtuvieron promedios de 6,17 g, 5,05 g y 5,3 g de materia seca respectivamente. En términos de diferencia y relación porcentual de tasa de humedad respecto a la materia seca fue de 91,62%, 92,05%, 91,2% y 90,46% para los tratamientos T0 (Testigo), T1 (Viosil 1000 ml.ha⁻¹), T2 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹) y T3 (Promet Ca 500 ml.ha⁻¹ + Viosil 1000 ml.ha⁻¹) respectivamente.

3.2.7 Del rendimiento en Kg.ha⁻¹

En la tabla 13 se presenta el análisis de varianza para el rendimiento en Kg.ha⁻¹ y la cual no detectó diferencias significativas en Bloques, pero si altamente significativa al 99% para la fuente de variabilidad tratamientos, y cuya interpretación inicial está referida a que al menos uno de los tratamientos estudiados fue diferente a los demás. El Coeficiente de Determinación (R^2) con un valor de 95.2% explica muy bien el efecto que han tenido los tratamientos estudiados (Dosis foliares de Si y Ca) sobre el rendimiento en Kg.ha⁻¹, por otro lado el Coeficiente de variabilidad (C.V.) con 18.5% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan al 5% para los promedios de tratamientos (figura 7), corrobora el resultado del análisis de varianza (tabla 13) al detectar diferencias significativas entre tratamientos. Donde se puede observar que el tratamiento T3 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca + 1000 ml.ha⁻¹ Viosil) con un promedio de 43,162.5 kg.ha⁻¹ superó estadísticamente a los demás tratamientos, seguido de los tratamientos T2 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca), T1 (1000 ml.ha⁻¹ de Viosil) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 33,606.25 kg.ha⁻¹, 29,425.0 kg.ha⁻¹ y 26,412.5 kg.ha⁻¹ de rendimiento respectivamente.

Con esta variable evaluada, se observa que las dosis de aplicación foliar de Si y Ca superaron al tratamiento testigo, evidenciándose su efecto sobre el rendimiento en kg.ha⁻¹. Así mismo, las aplicaciones de las dosis de Si y Ca establecieron un valor de correlación (r) de 96.3% entre la variable independiente (Dosis de aplicación foliar de Si y Ca) y la variable dependiente (Rendimiento en kg.ha⁻¹).

El efecto de la aplicación foliar de Silicio + Calcio se explica debido a la que el Silicio desempeña un rol importante en la regulación de la captación y balance de minerales en las plantas. Ambos elementos parecen inseparablemente presentes en el mantenimiento de la integridad y fortaleza de la pared celular y en varias funciones metabólicas involucradas en el crecimiento y desarrollo. Se necesita cierta concentración de silicio en el agua – suelo para que el Ca presente que es más bien inmóvil, se torne disponible para ser captado por las plantas y lo que al parecer encontró las condiciones óptimas en el presente trabajo de investigación. Por otro

lado, el silicio refuerza el sistema vascular y como resultado, las plantas pueden elevar más agua en el corriente de transpiración y en esa agua, algo del Ca presente en el suelo o medio de cultivo. Ha sido una opción selectiva en las plantas superiores a favor del Ca, pero la mayoría de las plantas parecen que pueden beneficiarse del silicio (sea que acumule silicio o no). El silicio ya puede entregarse directamente a la hoja con aspersión foliar, tal como lo manifiesta Bent (2008).

Por otro lado, Gutiérrez (2008), manifiesta que 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 hortalizas con un aumento del (50-150%). La fertilización Mineral con silicio tiene un doble efecto en el sistema Suelo-Planta. Primeramente, la nutrición con silicio al cultivo refuerza en la planta su capacidad de almacenamiento y distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción de cosecha. Del mismo modo (Loaiza, 2003); nos dice que, en condiciones de campo, el silicio puede estimular el crecimiento (entendido como la acumulación irreversible de materia seca, que se asocia a procesos de elongación y crecimiento celular).

Resultados similares también obtuvo Pinedo (2011) al evaluar diferentes dosis de silicio en el cultivo de pepinillo, obteniendo el mayor promedio en el rendimiento del peso del fruto cosechado. También Mori (2012), indica que con mayores dosis de Calcio y Silicio ($350 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Calcio + $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), obtuvo mayor incremento en el rendimiento del cultivo del pepinillo. Ambos autores sostienen que las mayores dosis de aplicación al cultivo, tienden a incrementar el rendimiento.

3.2.8 Del análisis económico de los tratamientos

En tabla 14, se presenta el análisis económico de los tratamientos, en la cual se pone en valor el costo total de producción para los tratamientos estudiados, este cuadro se construyó sobre la base del costo de producción, rendimiento y el precio actual al por mayor en el mercado local calculado en S/ 0.60 por kg de peso de hoja de lechuga.

Se puede apreciar que todos los tratamientos arrojaron índices superiores a cero, lo que significó que los ingresos netos fueron superiores a los egresos netos, en otras

palabras, los beneficios (ingresos) fueron mayores a los costos de producción (egresos) y en consecuencia los tratamientos generaron riqueza. Por otro lado, se evidencia el efecto de la aplicación foliar de Si y Ca y bajo las condiciones agroclimáticas donde se realizó el trabajo de investigación sobre el rendimiento y rentabilidad del cultivo de lechuga variedad Great Lakes 659. En resumen el tratamiento T3 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca + 1000 ml.ha⁻¹ de Viosil) obtuvo el mayor valor de B/C con 0.47 seguido de los tratamientos T2 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca), T1 (1000 ml.ha⁻¹ de Viosil) y T0 (Testigo) quienes obtuvieron valores de B/C de 0.16, 0.02, y -0.08, respectivamente.

CONCLUSIONES

Luego de discutir los resultados obtenidos, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- El tratamiento T3 (500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca + 1000 ml.ha⁻¹ de Viosil) fue la mejor dosis que determinó el incremento del rendimiento a 43162.50 kg. Ha⁻¹ y beneficio costo con un valor de 0.47, en el cultivo de la lechuga(*Lactuca sativa*) variedad Great Lakes 659, distrito de Lamas, así mismo se indica que el contenido de los abonos foliares en las diferentes dosis aplicados al cultivo de la lechuga interactuaron con el contenido de nutrientes de suelo al incorporar estiércol de gallina de postura con dosis de 30 toneladas por hectárea.

RECOMENDACIONES

Los resultados, discusiones y conclusiones obtenidas en las condiciones edafoclimáticas de la zona en estudio nos permiten hacer las siguientes recomendaciones:

- Recomendar la aplicación foliar de 500 ml.ha⁻¹ de Promet Ca + 1000 ml.ha⁻¹ de Viosil en el cultivo de Lechuga variedad Great Lakes 659, en condiciones de la provincia de Lamas.
- Realizar estudios de investigación futuros con diferentes dosis de combinación de Promet Ca y Viosil en las fases fenológicas del cultivo de la lechuga variedad Great Lakes 659.
- Evaluar el desarrollo del cultivo con datos meteorológicos diario.
- Realizar el análisis foliar del sílice y calcio para determinar las interacciones de los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

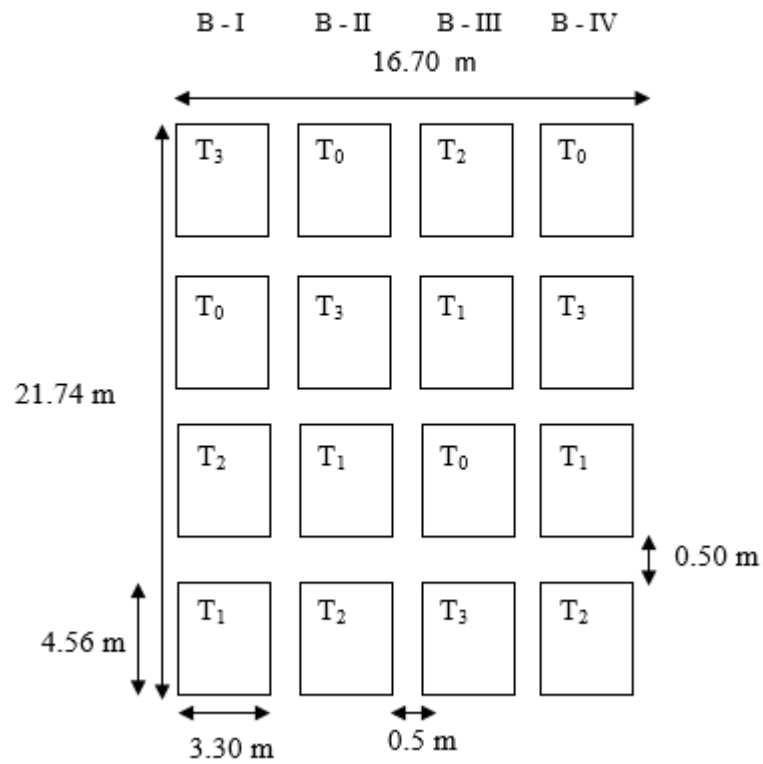
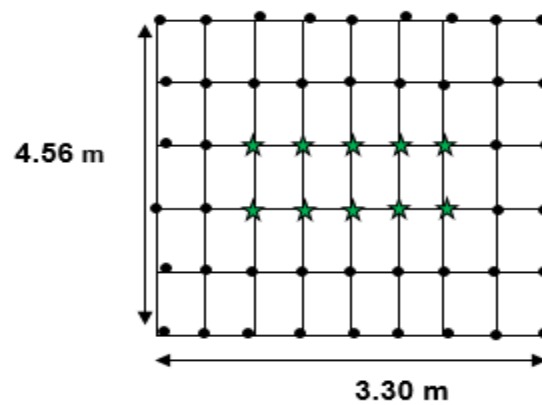
- Agroperfect S.A. (2011). [En línea]. ([http://www.agro-perfect.com/Documento revisado 23 de julio del2011](http://www.agro-perfect.com/Documento%20revisado%20de%20julio%20del2011)).
- Angulo, M. C. M. (2008). *Producción de Lechuga*. <http://www.slhfarm.com/lechugaguia.html>.04.05.2012
- Azabache, L. A. (2003). “*Fertilidad de suelo para una agricultura sostenible*” Lima – Perú, Pp. 167.
- Bergmann, W. (1992). *Nutritional disorders of plants. Development. Visual and Analytical Diagnosis*. Pp 132-151.
- Bent, E. (2008). “*Lo que no sabíamos del Silicio*”. Bergamo – Italia. 2008.
- Biblioteca de la Agricultura. (2000). “*Horticultura*” Edit. LEXUS. Barcelona – España.
- Brady, N. C. (1992). *The nature and properties of soil*. 10 ed. New York: Macmillan Publishing. 750 p.
- Caicedo, M. L. M. y Chavarriaga, M. (2007). *Efecto de la aplicación de dosis de silicio sobre el desarrollo en almácigo de plántulas de café variedad Colombia*. ISSN 0568-3076. Agron. 15(1): 27 - 37, 2007.
- Calzada, B. J. 1982. “Métodos estadísticos para la investigación”
- Carrillo P., Ignacio F. (1987). Boletín Técnico, No. 12. Chinchiná: CENICAFE. pp. 35-49
- Chiu, T. F. y Bould, C. (1977). *Sand-culture studies on the calcium nutrition of Young Apples with particular reference to bitter pit*. Journal of horticultural Science. 52: 19-28.
- Chueiri, W. A. (2004). “*El fósforo en los suelos tropicales*”. [En línea]. Revista El productor. Disponible en: [www.revistaelproductor.com/ setiembre2003/fertilización](http://www.revistaelproductor.com/setiembre2003/fertilización) [citado: 10 de noviembre de 2005].
- Figueroa, Z. R. (1998). “Guía para la caficultura ecológica”
- Filho, B., M.P; Zinder, G.H; Prabhu, A.S; Datnoff, L.E; Kornörfer, G.H. (2000). *Importancia do silicio para a cultura do arroz. Uma revisão de literatura*. Potafos. Encarte Técnico. Informações Agronômicas Nº 89-Marzo/2000.
- Fuentes, J. L. (1997). *Manual práctico sobre utilización de suelos y fertilizantes*.
- García, B. D. (2012). “*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*". Tesis Ing. Agron. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. 74 Pp.
- Gil, M. F. (1995). *Elementos de Fisiología Vegetal*. Relaciones hídricas. Nutrición mineral. Transporte, Metabolismo. Mundi-Prensa. Madrid.
- Hanger, B. C. (1979). *The movement of calcium in plants*. Communications in soil science and plant analysis. 10 (1&2). 171-179.
- Hanson, J. B. (1984). *The function of calcium in plant nutrition*. Advances in Plant Nutrition (Tinker P. B. and lauxhli A. eds) pp. 149-208. Praeger, New York.
- Hernández G., R. (2002). *Nutrición mineral de las plantas. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales*. Universidad de los Andes-Mérida, Venezuela. Disponible en www.forest.ula.ve/-rubenhg. Consultado el 11 de diciembre de 2008.
- Horna, Z. (2007). *Efectos del silicio en la nutrición vegetal producción de silicio orgánico*. Agryptus. Quevedo, Ecuador.
- Infoagro. (2009). *Agricultura*. El cultivo de la lechuga. <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga/htm>.
- Kamprath, J.E. (1980). *La acidez en el suelo bien drenados de los trópicos con limitantes para la producción de elementos INIPA- CIPA XVI*.
- Kirkby, E. A. y Pilbeam, D. J. (1984). *Calcium as a plant nutrient*. Plant Cell and environment. /: 397-405.
- Laboratorio de Suelos y Aguas Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. (2018). Análisis de suelo físico-químico.
- Marschner, H. (1995). *General introduction to the mineral nutrition*. Inorganic Plant Nutrition. (Lauchi A. Bielecki R. L. Eds). Pp 5-60. Springer-Verlag berlin (Alemania).
- Marschner, H. (1983). *General introduction to the mineral nutrition*. Inorganic Plant Nutrition. (Lauchi A. Bielecki R. L. Eds). Pp 5-60. Springer-Verlag berlin (Alemania).
- Miyake, Y. y E. Takahashi, (1983). "Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant. *Soil Science*". Plant Nutrition. Pp. 29: 71-83.
- Mori, P. M. M. (2012). *Uso de diferentes dosis de calcio y silicio para el mejor cuajado de frutos en el cultivo de pepinillo híbrido EM AMERICAM SLICER 160 F-1 en Lamas – San Martín*. Pp 81.

- Montzerrat, P. P. (2012). *Reflexiones en torno a la fertilización*. CA⁺² El calcio en el suelo. http://www.ruralcat.net/c/document_library/get_file?uuid=ee26c806-8537-4efc-82ae-3078698f41bd&groupId=10136.
- Navarro, S. & Navarro, G. (2003). *Química Agrícola*. Barcelona: Mundi prensa. pp. 424-427.
- Navarro, G. y Navarro, S. (2003). *Química agrícola, el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Madrid, España: Mundi - Prensa. 487 p.
- Paiva, E. A., Prieto, Martínez. H., Díaz Casali, V.W. y Padilha, L. (1998). *Occurrence of blossom-end rot in tomato as a function of calcium dose in the nutrient solution and air relative humidity*. Journal of plant Nutriition. 21: 2663-2670.
- Pinedo, G. J. A. (2011). *Evaluación de dosis de silicio en el rendimiento del pepino (Cucumis satibus L.) híbrido stonewall F-1, Lama-San Martín*. Tesis para optar el título profesional de Ing. Agron. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad nacional de San Martín. 71 Pp.
- Poovaiah, B. W. (1993). *Biochemical and molecular aspects of calcium action*. Acta horticulturae. 326: 139-147.
- Primavesi, A. (1984). *Manejo ecológico del suelo: la agricultura en regiones tropicales*. 5 ed. Buenos Aires: Ataneo.
- Quero, E. (2007). *12 virtudes del silicio*. *Biotecnología*. Abril 2007. N° 63. Teorema ambiental. Revista Técnico Ambiental. Editorial 3W México S.A de CV. Consultado el 29 de septiembre de 2008. Disponible en: www.teorema.com.mex.
- Quero, E. (2008). *“Protección y conservación para una alimentación sana”* www.loquequero.com/portal/index.php.
- Quero, E. (2008). *Silicio en la producción de Chile*. La biosilicificación Proceso biológico fundamental en la productividad vegetal. Consultado el 29 de septiembre de 2008. Disponible en <http://loquequero.com/potal>.
- Scaife, M. A y Clarkson, D. T. (1978). *Reassessment of the role of calcium in delopment of Bitter Pit in Apple*. Australian Journal Of Plant Physiology. 23: 273-243.
- SENAMHI (Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología). (2018). *Estación CO-Lamas. Datos Meteorológico de temperatura media mensual, precipitación total mensual y humedad relativa media mensual de los meses de Setiembre a Noviembre de 2012*. Dirección Regional-Tarapoto, San Martín. Perú.
- SEPHU (Sociedad Española de Productos Húmicos). (2009). *El silicio como elemento fertilizante*. Noticias Sephu N° 028. Zaragoza, España.

- Simon, E. W. (1978). *The symptoms of calcium deficiency in plants*. New Phytologist, 80: 1-15.
- Sillampaa, M. (1976). *Los oligoelementos en el suelo y en la agricultura*. Ed FAO. Roma.
El calcio en la planta: transporte y absorción.
- Solórzano, H. A. (1992). “*Producción de hortalizas de hoja en Tarapoto*”. Separata de Olericultura. DAAP- UNSM-T – PERÚ.
- Swietlik, D y Faust. (1984). *Foliar nutrition of fruit crops*. Horticulturae review. 6: 287-355.
- Terblanche, J. H, Gurgen. K. H., Bester, J. J. A y Pienaar, W. J. (1979). *Migration of ca in Golden delicious apples during storage, with special reference to bitter pit*. The Decidious Fruit Grower: 46-54.
- Vang-Petersen, (1980). *Calcium nutrition od Apple tres*. A review. Scientia Horticulturae. 12: 1-9.
- Viana, J.E. (2008). *Importancia del silicio en la nutrición vegetal*. Agromil. Tolima, Colombia. Consultado el 15 de septiembre de 2008. Disponible en www.silicioagromil.com.

ANEXOS:

Croquis de Campo Experimental**Detalle de la unidad experimental**

Anexo B: Costo de producción de los tratamientos

T0: Costo de producción para 1 ha de Lechuga en Lamas				
ACTIVIDAD	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Costo S/.
a. Preparación del terreno				900.00
Removido del suelo (Maquinaria)	Jornal	10	30	300
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	20	30	600
b. Mano de Obra				4 770.00
Siembra	Jornal	15	30	450.00
Acarreo de plántulas	Jornal	10	30	300.00
Deshierbo manual (2 veces)	Jornal	40	30	1 200.00
Preparación de Sustrato	Jornal	10	30	300.00
Riego	Jornal	10	30	300.00
Aplicación de Gallinaza	Jornal	4	30	120.00
Aporque	Jornal	20	30	600.00
Desahije	Jornal	15	30	450.00
Aplicación de Abono Foliar y fertilizantes orgánicos	Jornal	0	30	0.00
Cosecha, Pesado y Embalado	Jornal	20	30	600.00
Estibadores	Jornal	15	30	450.00
c. Insumos				6 070.00
Semilla	Kg.	0.5	140	70.00
Gallinaza	Kg.	30 000	0.2	6 000.00
Viosil	I	0	75	0.00
Promet Ca	I	0	60	0.00
d. Materiales				1 485.00
Palana de corte	Unidad	4.00	25	100.00
Machete	Unidad	4.00	10	40.00
Rastrillo	Unidad	4.00	15	60.00
Balanza tipo Reloj	Unidad	1.00	120	120.00
Cordel	M ³	200	0.3	60.00
Sacos	Unidad	500	1.2	600.00
Lampa	Unidad	4.00	20	80.00
Bomba Mochila	Unidad	1.00	375	375.00
Análisis de suelo	Unidad	1	50	50.00
e. Transporte	t	26.412	20	528.24
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5 670.00
Gastos Administrativos (10%)				567.00
Gastos Social (50%)				2 835.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				8 083.24
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				17 155.24

T1: Costo de producción para 1 ha de Lechuga en Lamas				
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Costo S/.
a. Preparación del terreno				900.00
Removido del suelo (Maquinaria)	Jornal	10	30	300
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	20	30	600
b. Mano de Obra				4 770.00
Siembra	Jornal	15	30	450.00
Acarreo de plántulas	Jornal	10	30	300.00
Deshierbo manual (2 veces)	Jornal	40	30	1 200.00
Preparación de Sustrato	Jornal	10	30	300.00
Riego	Jornal	10	30	300.00
Aplicación de Gallinaza	Jornal	4	30	120.00
Aporque	Jornal	20	30	600.00
Desahije	Jornal	15	30	450.00
Aplicación de Abono Foliar y fertilizantes orgánicos	Jornal	4	30	120.00
Cosecha, Pesado y Embalado	Jornal	20	30	600.00
Estibadores	Jornal	15	30	450.00
c. Insumos				6 145.00
Semilla	Kg.	0.5	140	70.00
Gallinaza	Kg.	30 000	0.2	6 000.00
Viosil	I	1	75	75.00
Promet Ca	I	0	60	0.00
d. Materiales				1 485.00
Palana de corte	Unidad	4.00	25	100.00
Machete	Unidad	4.00	10	40.00
Rastrillo	Unidad	4.00	15	60.00
Balanza tipo Reloj	Unidad	1.00	120	120.00
Cordel	M ³	200	0.3	60.00
Sacos	Unidad	500	1.2	600.00
Lampa	Unidad	4.00	20	80.00
Bomba Mochila	Unidad	1.00	375	375.00
Análisis de suelo	Unidad	1	50	50.00
e. Transporte	t	29.425	20	588.50
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5 670.00
Gastos Administrativos (10%)				567.00
Gastos Socia (50%)				2 895.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				8 218.50
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				17 350.50

T2: Costo de producción para 1 ha de Lechuga en Lamas				
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Costo S/.
a. Preparación del terreno				900.00
Removido del suelo (Maquinaria)	Jornal	10	30	3000
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	20	30	600
b. Mano de Obra				4 770.00
Siembra	Jornal	15	30	450.00
Acarreo de plántulas	Jornal	10	30	300.00
Deshierbo manual (2 veces)	Jornal	40	30	1 200.00
Preparación de Sustrato	Jornal	10	30	300.00
Riego	Jornal	10	30	300.00
Aplicación de Gallinaza	Jornal	4	30	120.00
Aporque	Jornal	20	30	600.00
Desahije	Jornal	15	30	450.00
Aplicación de Abono Foliar y fertilizantes orgánicos	Jornal	4	30	120.00
Cosecha, Pesado y Embalado	Jornal	20	30	600.00
Estibadores	Jornal	15	30	450.00
c. Insumos				6 100.00
Semilla	Kg.	0.5	140	70.00
Gallinaza	Kg.	30 000	0.2	6 000.00
Viosil	I	0	75	0.00
Promet Ca	I	0.5	60	30.00
d. Materiales				1 485.00
Palana de corte	Unidad	4.00	25	100.00
Machete	Unidad	4.00	10	40.00
Rastrillo	Unidad	4.00	15	60.00
Balanza tipo Reloj	Unidad	1.00	120	120.00
Cordel	M ³	200	0.3	60.00
Sacos	Unidad	500	1.2	600.00
Lampa	Unidad	4.00	20	80.00
Bomba Mochila	Unidad	1.00	375	375.00
Análisis de suelo	Unidad	1	50	50.00
e. Transporte	t	33.60625	20	672.13
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5 670.00
Gastos Administrativos (10%)				567.00
Gastos Socia (50%)				2895.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				8 257.13
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				17 389.13

T3: Costo de producción para 1 ha de Lechuga en Lamas				
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Costo S/.
a. Preparación del terreno				900.00
Removido del suelo (Maquinaria)	Jornal	10	30	300
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	20	30	600
b. Mano de Obra				4 770.00
Siembra	Jornal	15	30	450.00
Acarreo de plántulas	Jornal	10	30	300.00
Deshierbo manual (2 veces)	Jornal	40	30	1 200.00
Preparación de Sustrato	Jornal	10	30	300.00
Riego	Jornal	10	30	300.00
Aplicación de Gallinaza	Jornal	4	30	120.00
Aporque	Jornal	20	30	600.00
Desahije	Jornal	15	30	450.00
Aplicación de Abono Foliar y fertilizantes orgánicos	Jornal	4	30	120.00
Cosecha, Pesado y Embalado	Jornal	20	30	600.00
Estibadores	Jornal	15	30	450.00
c. Insumos				6 175.00
Semilla	Kg.	0.5	140	70.00
Gallinaza	Kg.	30 000	0.2	6000.00
Viosil	I	1	75	75.00
Promet Ca	I	0.5	60	30.00
d. Materiales				1 485.00
Palana de corte	Unidad	4.00	25	100.00
Machete	Unidad	4.00	10	40.00
Rastrillo	Unidad	4.00	15	60.00
Balanza tipo Reloj	Unidad	1.00	120	120.00
Cordel	M ³	200	0.3	60.00
Sacos	Unidad	500	1.2	600.00
Lampa	Unidad	4.00	20	80.00
Bomba Mochila	Unidad	1.00	375	375.00
Análisis de suelo	Unidad	1	50	50.00
e. Transporte	t	43.1625	20	863.25
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5 670.00
Gastos Administrativos (10%)				567.00
Gastos Socia (50%)				2 895.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				8 523.25
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				17 655.25