



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Importancia del Silicio como acondicionador de suelos para la
producción de cultivos de ciclo corto”

AUTOR:

Kevin Rafael Veas Parrales

TUTOR:

Ing. Agr. Miguel Goyes Cabezas, MBA.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2020

RESUMEN

El presente documento trató sobre la importancia del Silicio como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto. En la actualidad la mayoría de los productores utilizan micronutrientes complementarios a la fertilización con macronutrientes con la finalidad de incrementar sus rendimientos. Se desarrolló como componente práctico para trabajo de titulación de acuerdo a las investigaciones que fueron recopiladas de artículos científicos, textos, revistas, periódicos, ponencias, congresos y páginas virtuales. La búsqueda posteriormente fue sometida a las técnicas de análisis, síntesis y resumen donde se trató lo referente a la importancia del Silicio como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto. Por lo expuesto se determinó que las características agronómicas de los cultivos como altura de planta, longitud y peso de frutos obtienen excelente respuesta con la aplicación de Silicio después de la siembra y el Silicio actúa como acondicionador de suelos, según se ha demostrado en varias investigaciones de cultivos de ciclo corto. Por ello se recomendó aplicar Silicio complementario a la fertilización mineral en los cultivos de ciclo corto, como mejorados y acondicionador de suelos y efectuar parámetros de investigaciones sobre el Silicio y divulgarlo a los pequeños y medianos productores, con la finalidad de incentivar la aplicación de este elemento a los cultivos de ciclo corto.

Palabras claves: silicio, micronutrientes, suelos.

SUMMARY

This document discussed the importance of Silicon as a soil conditioner for the production of short cycle crops. Currently most producers use micronutrients complementary to fertilization with macroelements in order to increase their yields. It was developed as a practical component for degree work according to the investigations that were compiled from scientific articles, texts, magazines, newspapers, papers, conferences and virtual pages. The search was subsequently subjected to analysis, synthesis and summary techniques where the importance of Silicon as a soil conditioner for the production of short cycle crops was discussed. Based on the aforementioned, it was determined that the agronomic characteristics of the crops such as plant height, length and weight of fruits obtain an excellent response with the application of Silicon after planting and Silicon acts as a soil conditioner, as has been shown in various investigations. of short cycle crops. Therefore, it was recommended to apply complementary Silicon to mineral fertilization in short cycle crops, as improved and soil conditioners, and to carry out research parameters on Silicon and disclose it to small and medium producers, in order to encourage the application of this element to short cycle crops.

Key words: silicon, micronutrients, soils.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivo.....	5
1.4.1. General	5
Específicos	5
1.5. Fundamentación teórica.....	5
1.6. Hipótesis	11
1.7. Metodología de la investigación	12
CAPÍTULO II: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	13
2.1. Desarrollo del caso	13
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)	13
2.3. Soluciones planteadas.....	14
2.4. Conclusiones	14
2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso).....	14
BIBLIOGRAFÍA	16

INTRODUCCIÓN

Se denominan cultivos de ciclo corto a aquellas plantaciones cuyo ciclo productivo, es decir desde la siembra a la cosecha, no sobrepasa los 365 días y cuya particularidad radica en que una vez obtenido el fruto debe volverse a sembrar.

Dentro del grupo de cultivos de ciclo corto, podemos encontrar los cereales, que son básicamente fuente de energía; oleaginosas, como productoras de aceite; hortalizas, que son cultivos propensos a altos niveles de inversión en su producción y de alto control por su naturaleza de ser altos acumuladores de agua, muy propensos al deterioro; raíces y tubérculos, que son aquellos que se producen debajo de la tierra (zanahoria, papa, ñame) que tienen otras prácticas pero que al final están englobados como cultivos de ciclo corto. Por lo tanto pueden identificarse cuatro grupo: cereales, oleaginosas, hortalizas, y raíces y tubérculos (Sofos, 2015).

El silicio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre y se puede encontrar una gran cantidad de él en la tierra; sin embargo, el silicio solo puede ser absorbido por la planta en forma de ácido monosilícico. La mayoría de las dicotiledóneas (plantas de hojas amplias) recogen pequeñas cantidades de silicio y acumulan menos del 0,5 % en sus tejidos. Algunas monocotiledóneas (pastos) como el arroz y otros pastos de humedales acumulan entre un 5 y un 10 % de silicio en sus tejidos, lo que es más alto que los valores normales de nitrógeno o potasio (Promix, 2018).

Sin embargo, en el último tiempo la mayoría de los expertos ha reconocido las propiedades del silicio como herramienta complementaria de fertilización. Es más, los estudios más recientes indican que su aplicación permite mejorar las propiedades químicas del suelo, como la acidez, e incrementar algunos nutrientes como el calcio, magnesio, zinc y boro, especialmente en suelos con bajo pH, o expuestos a alta degradación por efecto de lluvias, inundación, compactación y toxicidad de aluminio. De igual forma, como fomenta la producción de fitoalexinas,

se le atribuye el incrementar la resistencia o tolerancia de las plantas al ataque de algunos patógenos, nemátodos e insectos, mejorar la condición de viaje de la fruta en caso de especies para exportación y su carácter de elemento detoxificante o acomplexante, dada su afinidad a nivel celular con metales pesados que afectan negativamente el crecimiento de las plantas (El Mercurio, 2017).

El presente documento práctico tendrá como finalidad validar información sobre la importancia del silicio como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto.

CAPÍTULO I: MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trató sobre la importancia del Silicio como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto.

En la actualidad la mayoría de los productores utilizan micronutrientes complementarios a la fertilización con macroelementos con la finalidad de incrementar sus rendimientos.

1.2. Planteamiento del problema

En nuestro país, la mayoría de los productores se dedican a la producción de cultivos como fuente de trabajo, lo cual les permite generar ingresos económicos como medida de sustento para él y su familia.

Uno de los principales problemas que persiste en los productores es la baja innovación, debido a que se reusan a aplicar productos complementarios a los fertilizantes convencionales que son nitrógeno, fosforo y potasio, porque ellos piensan que al utilizar otros productos le aumentan los costos de producción mermando su utilidad económica neta.

Ligado a esa problemática también se observa que los productores no aplican planes de paquetes tecnológicos adecuados propuestos por las casas comerciales, lo cual induce a obtener rendimientos bajos.

1.3. Justificación

Los cultivos de ciclo corto son de importancia porque sirven para la alimentación de los seres humanos, paralelo a ello se destaca que los agricultores que se dedican a producirlo obtienen ganancia económica en menor periodo de tiempo.

Se debe destacar el aumento de los rendimientos por unidad de superficie por el constante crecimiento de la población, por tanto es necesario producir mayor cantidad de alimentos en menor superficie y en menor cantidad de tiempo con la finalidad de suplir la demanda alimenticia.

El uso de los fertilizantes en los cultivos es la clave principal para incrementar los rendimientos, donde la mayoría de los agricultores se concentra en aplicar macroelementos como nitrógeno, fósforo y potasio, y no aplican fertilizantes menores, los que sin duda son complementarios e ideales para la producción de los cultivos.

El silicio (Si) es el segundo elemento más abundante en la litosfera. Presente en casi todos los minerales en forma no biodisponible. Los suelos ácidos suelen contener concentraciones bajas de Si en la solución del suelo. Este elemento no existe de forma natural en estado libre, generalmente se encuentra en forma de dióxido de silicio y en silicatos complejos. Los minerales que contienen silicio constituyen cerca del 40 % de los minerales comunes, incluyendo más del 90 % de los minerales que forman rocas volcánicas. Tiene características compartidas con el carbono, tales como: estar en la misma familia, no ser metales, poder constituir compuestos parecidos en estructura a las enzimas (zeolitas). El silicio es absorbido por las plantas como ácido monosilícico Si(OH)_4 , es transportado por el Xilema y su distribución dentro de la planta depende de la velocidad de transpiración de sus diferentes partes. La adición de silicio se encuentra en el límite entre la nutrición, la bioestimulación y la protección vegetal; en contraposición de la creencia general de que el silicio no es un elemento esencial (Intagri, 2019).

La presencia de ácido silícico en el suelo depende de la acción de enzimas y ácidos producidos por la actividad microbiológica que ocurre en la materia orgánica, por lo tanto, en suelos con bajo contenido de materia orgánica su presencia es escasa. El Silicio es un elemento ignorado por la mayoría de agricultores, aunque según el tipo de cultivo, una hectárea de terreno productivo absorbe del suelo entre 40 y 300 kg de silicio (ácido silícico) al año (Agrinova, 2017).

Por lo tanto se justifica el presente documento para fortalecer los conocimientos sobre el uso del silicio como mejorador de suelos.

1.4. Objetivo

1.4.1. General

Recopilar información referente a la importancia del Silicio como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto.

Específicos

- ✓ Analizar las características intrínsecas del suelo a la aplicación del silicato en la producción de cultivos.

- ✓ Establecer la importancia de los fertilizantes a base de Silicio y su influencia en el rendimiento de cultivos de ciclo corto.

1.5. Fundamentación teórica

Sánchez (2016) indica que:

En cultivos, los micronutrientes han tomado gran importancia, lo cual se atribuye a la extracción continua de parte de los cultivos que disminuye su concentración en el suelo; el empleo de fertilizantes puros; el uso de variedades mejoradas que están más adaptadas a las deficiencias y toxicidades y el uso intensivo de los suelos con dos o más cosechas al año.

Rodríguez (2015) señala que:

La cantidad de nutrimentos removidos del suelo por una cosecha varía con el cultivar, la producción de biomasa, el suelo, el clima y el manejo. De esta forma se pueden encontrar diferencias muy grandes de extracción de nutrimentos por el arroz en diferentes condiciones y latitudes.

Trinidad y Aguilar (2016) divulgan que:

La fertilización se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas,

favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto.

De acuerdo a Dothée y Ortiz (2017):

Una de las mayores limitantes en los rendimientos y la calidad de los cultivos se debe a la deficiente nutrición del cultivo. La respuesta de la planta a la suficiencia de todos los nutrimentos se traduce en una optimización de la calidad del grano y aumento de los rendimientos. Varios cultivos han mostrado síntomas visuales, amarillamiento, posiblemente asociado a deficiencias nutricionales aunque no se ha determinado con certeza el origen de los mismos.

Para Cedeño *et al.* (2018):

Entre las estrategias para incrementar la producción de los cultivos está la creación de cultivares más productivos, tolerantes al cambio climático y con un uso más eficiente de nutrientes y agua. Así mismo, para garantizar la calidad nutritiva de los alimentos se deben implementar estrategias de biofortificación agronómica de los cultivos a través de técnicas de fertilización foliar y edáfica, con la finalidad de prevenir las deficiencias de vitaminas y minerales de manera segura y efectiva, más aún cuando actualmente se estima que más 2 mil millones de personas, entre estos niños y mujeres embarazadas carecen de estos nutrimentos.

De la Cruz y García-Serrano (2016) expresan que:

Los cultivos pueden enriquecerse en micronutrientes a través del proceso llamado biofortificación, que puede ser genética o agronómica. Esta última consiste en el uso de fertilizantes que contienen micronutrientes para conseguir, en las partes comestibles de las plantas, una mayor concentración de dichos nutrientes y que, de esta manera, estén disponibles para incorporarse al organismo humano. Así, son cada día más numerosas las experiencias que reflejan la importancia de aportar micronutrientes a los cultivos para garantizar su contenido en los vegetales.

De acuerdo a Almendros *et al.* (2016).

Una gran cantidad de cultivos están afectados por la deficiencia de micronutrientes, siendo algunos de ellos los siguientes: cereales, leguminosas, algodón y tabaco. Debido a esta deficiencia se pueden tener pérdidas de hasta un 30 % en la producción de cereales de grano en los cultivos sin la aparición de síntomas visibles de estrés en la planta. Las deficiencias más acusadas, manifestadas con síntomas en las hojas, pueden provocar mayores pérdidas en los cultivos, e incluso pueden llevar a la pérdida total de los mismos. La aplicación al suelo de productos fertilizantes que contienen distintas formas de silicio es una práctica habitual que tiene por objeto corregir dichas deficiencias. La efectividad de estos productos depende de numerosos factores, tales como el tipo de suelo y el tipo de cultivo.

De la Cruz y García-Serrano (2016) mencionan que:

Se estima que los fertilizantes son responsables del 50 % de la producción mundial de alimentos. Por lo tanto, su papel es fundamental en la consecución de la seguridad alimentaria. Numerosas experiencias demuestran cómo el aumento de los rendimientos agrícolas se debe, en gran medida, a la fertilización.

Barahona-Amores (2018) corroboran que:

El manejo eficiente de cualquier cultivo se basa en el conocimiento adecuado de su fenología. La importancia de determinar épocas de aplicación de fertilizantes de acuerdo a etapas de máxima absorción, así como, la cantidad total de nutrientes que la planta requiere para su desarrollo, radica en que ayudan a desarrollar prácticas adecuadas para mejorar el crecimiento integral de la planta, mediante la aplicación de los nutrientes en proporciones adecuadas, para optimizar la producción sin degradar los recursos naturales.

De la Cruz y García-Serrano (2016) sostienen que:

Los fertilizantes contribuyen de manera muy importante a la producción de alimentos poniendo a disposición de los cultivos los nutrientes que necesitan

en las cantidades adecuadas, determinando el rendimiento de la cosecha y también, de forma decisiva, la calidad de los alimentos.

Rodríguez (2015) comenta que:

Específicamente en lo que respecta a absorción de nutrimentos, variedades modernas de alta producción (un promedio de 5 t/ha de grano) en general pueden remover del suelo 110 kg N, 34 kg P₂O₅, 156 kg K₂O, 0,23 kg MgO, 20 kg CaO, 5 kg S, 2 kg Fe, 2 kg Mn, 200 g Zn, 150 g Cu, 150 g B, 250 kg Si y 25 kg de Cl/ha. La extracción de Si y K₂O es particularmente alta en las frutas y granos que se saca de la plantación al momento de la cosecha. Sin embargo, si solo se remueve el grano o fruto y las hojas, raíces o paja es devuelta e incorporada de nuevo al suelo, la extracción de Si y K₂O se reduce considerablemente, aunque cantidades significantes de N y P₂O₅ sean removidos.

Barahona-Amores (2018) afirma que:

La fertilización constituye un factor importante en la obtención de altos rendimientos. La respuesta a la fertilización depende de la variedad, fertilidad del suelo, clima, manejo del agua y manejo de plagas. Conociendo el consumo total de nutrientes de un cultivo se puede estimar la dosis necesaria para obtener el rendimiento deseado, lo cual se logra, confrontando el consumo total con las cantidades presentes en el suelo para así determinar las cantidades necesarias para llegar a la meta establecida.

De la Cruz y García-Serrano (2016) definen que:

Actualmente las deficiencias de micronutrientes en la dieta son un problema grave a escala mundial, especialmente en países en vías de desarrollo, donde afecta a más del 50% de la población. El déficit de determinados micronutrientes tiene asociados una serie de problemas como la baja estatura, anemia, mayor susceptibilidad a enfermedades infecciosas etc. Este problema global debe enfrentarse rápidamente y de una manera eficiente. No solo los nutrientes primarios (N, P, K) son esenciales para la correcta nutrición de los cultivos, los nutrientes secundarios y

micronutrientes son igualmente necesarios. Estos últimos forman parte de los diez oligoelementos básicos para la nutrición humana, y por lo tanto, deben suministrarse a través de la dieta.

Según Pilaloo *et al.* (2018):

La planta requiere varios nutrientes esenciales para llegar a un óptimo rendimiento. Estos son los elementos mayores e incluyen nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, azufre, carbono, hidrógeno y oxígeno. Aquellos elementos que son requeridos en menores cantidades pero que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas son conocidos como elementos menores o trazas, e incluyen hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cloro y silicio.

Fertiberia (2018) reporta que:

Los nutrientes principales de los cultivos son el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Además de estos, el cultivo absorbe también cantidades importantes de silicio, magnesio, azufre y zinc. El silicio, magnesio y azufre son nutrientes necesarios para el cultivo del arroz. El proceso de inundación aumenta la solubilidad de los compuestos y aumenta su disponibilidad.

AGRI-CROP (2019) considera que:

Hay micro elementos o micro nutrientes benéficos importantes para algunas plantas como el Silicio (Si). Funciones del Silicio, por ejemplo en el arroz:

- ✓ El Si es un elemento benéfico para el arroz pero sus funciones fisiológicas todavía no son claramente comprendidas.
- ✓ La planta requiere este elemento para desarrollar hojas, tallos y raíces fuertes. La formación de una capa gruesa de células epidérmicas reduce la susceptibilidad de la planta a enfermedades fúngicas y bacteriales y al ataque de insectos.
- ✓ Las plantas de arroz adecuadamente abastecidas con Silicio tienen hojas y hábitos de crecimiento erectos. Esto contribuye al uso eficiente de la luz y por lo tanto al uso eficiente de N.
- ✓ El Silicio incrementa la disponibilidad de Fosforo (P) en el suelo y el poder

de oxidación de las raíces y alivia la toxicidad por Fe y Mn al reducir la absorción de estos elementos por la planta.

Chen (2017) determina que:

El silicio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre y se puede encontrar una gran cantidad de él en la tierra; sin embargo, el silicio solo puede ser absorbido por la planta en forma de ácido monosilícico. La mayoría de las dicotiledóneas (plantas de hojas amplias) recogen pequeñas cantidades de silicio y acumulan menos del 0,5 % en sus tejidos. Algunas monocotiledóneas como el arroz y otros pastos de humedales acumulan entre un 5 y un 10 % de silicio en sus tejidos, lo que es más alto que los valores normales de nitrógeno o potasio.

AGRI-CROP (2019) expone que:

Los síntomas de deficiencia de silicio y efectos en el crecimiento:

- ✓ Las hojas se tornan suaves y se agobian, esto incrementa la sombra mutua y reduce la actividad fotosintética, lo que reduce el rendimiento.
- ✓ El incremento de enfermedades como *Piricularia* y *Helminthosporium* pueden indicar deficiencia de Silicio.
- ✓ La aplicación de N tiende a producir hojas caídas y flácidas, mientras que el Si ayuda a mantener las hojas erectas.
- ✓ Una severa deficiencia de silicio reduce el número de espigas por m² y el número de espiguillas llenas por espiga.
- ✓ Las plantas con deficiencia de Silicio son particularmente susceptibles al volcamiento.

Chen (2017) asegura que:

La función del silicio parece beneficiar a ciertas plantas cuando están bajo estrés. Se ha comprobado que mejora la tolerancia a las sequías y retrasa la defoliación prematura de algunos cultivos que no se riegan y que puede mejorar la capacidad de resistencia de las plantas a las toxicidades de micronutrientes y de otros metales. Además, se ha comprobado que el silicio ayuda a incrementar la resistencia del tallo.

Chen, (2017) corrobora que:

En cuanto a la deficiencia del silicio, no se considera un elemento esencial, la mayoría de las plantas crecerán de manera normal sin él. No obstante, unas pocas plantas han manifestado efectos perjudiciales si no se aplica silicio. Como se mencionó anteriormente, el arroz, el trigo y otros cultivos gramíneos exhiben una incidencia reducida de encorvamiento cuando se les proporciona silicio. En algunas plantas, la deficiencia de silicio también puede incrementar la posibilidad de que adquieran toxicidad por manganeso, cobre o hierro

Hurtado (2018) explica que:

La nutrición del cultivo interactúa con otros factores de producción. La mejor nutrición del cultivo resulta en una mayor eficiencia del uso del agua en general el factor más importante en la producción de trigo. La respuesta a la fertilización, la misma disponibilidad de nutrientes, depende del potencial de rendimiento de la variedad y la adaptación a las condiciones edafo-climáticas del sitio. Los cultivos con mejor nutrición son más tolerantes o menos afectados por enfermedades foliares necrotroficas.

Chen (2017) argumenta que:

En la toxicidad, aunque es poco común, los niveles de silicio en exceso pueden competir con la absorción de otros nutrientes. Se comprobó que los altos niveles de silicio en plantas, las deformó. Las plantas consideradas como “no acumuladoras” de silicio son más sensibles al exceso de silicio en comparación con las que son “acumuladoras”.

1.6. Hipótesis

Ho= El Silicio no es importante como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto.

Ha= El Silicio es importante como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto.

1.7. Metodología de la investigación

La presente información que se desarrolló como componente práctico para trabajo de titulación de acuerdo a las investigaciones que fueron recopiladas de artículos científicos, textos, revistas, periódicos, ponencias, congresos y páginas virtuales.

La búsqueda posteriormente fue sometida a las técnicas de análisis, síntesis y resumen donde se trató lo referente a la importancia del Silicio como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto.

CAPÍTULO II: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El presente documento se realizó con la finalidad de recalcar la importancia de aplicar Silicio como acondicionador de suelo en ciclo corto.

El Silicio, es el segundo elemento en abundancia en la corteza terrestre y minerales primarios, después del oxígeno. En la naturaleza se encuentra en estado oxidado, representándolo como dióxido de silicio (SiO_2), aunque su forma soluble principalmente está en la forma de ácido orto-silícico y sus sales derivadas. Las últimas investigaciones demuestran que hay beneficios con el uso del Silicio en algunos cultivos agrícolas (arroz, trigo, cañas de azúcar, banano, etc.). A pesar de que el Silicio no se considera un elemento esencial para las plantas, y de que la mayoría crecen de forma normal sin él, investigaciones revelan algunos de estos beneficios en el desarrollo de tallos, hojas y fruto (Cárcamo, 2020).

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

El silicio tiene varios efectos sobre los vegetales. Las plantas fertilizadas con silicio, al ser infectadas con hongos, presentan una infección menos severa, además de que el silicio retrasa la aparición de la enfermedad y/o reduce su incidencia, modulando y sincronizando mejor la respuesta de la planta al patógeno. Es decir, la función del silicio no se limita a ser una barrera física contra las agresiones del medio, si no que tiene un papel más activo y relevante. Las evidencias muestran que las plantas que crecen en ausencia de silicio frecuentemente son más débiles estructuralmente, y tienen menor tamaño, desarrollo, viabilidad y su reproducción es anormal; son más susceptibles a estrés abiótico así como a la toxicidad por metales, son más fácilmente atacadas por organismos patógenos, insectos fitófagos y mamíferos herbívoros. (Raya et al., 2017)

2.3. Soluciones planteadas

La nutrición mineral de las plantas ha sido uno de los factores más estudiados con relación a la susceptibilidad y resistencia de las plantas a plagas. De modo general, elevados tenores de nitrógeno y bajas concentraciones de potasio aumentan la susceptibilidad de las plantas a los agentes nocivos. El silicio (Si), después del oxígeno, es el segundo elemento más abundante en la tierra, constituyendo aproximadamente el 28 % de la corteza terrestre. Es encontrado solamente en formas combinadas, como la sílice y minerales siliconados. Los silicatos son minerales en los cuales el silicio está combinado con oxígeno u otros elementos como Al, Mg, Ca, Na, Fe, K y otros, en más del 95 % de las rocas terrestres, los meteoritos, las aguas y en la atmósfera. Los minerales siliconados más comunes son el cuarzo, los feldspatos alcalinos y las plagioclasas (Castellanos et. al., 2015).

2.4. Conclusiones

Por lo expuesto se concluye:

Las características agronómicas de los cultivos como altura de planta, longitud y peso de frutos obtienen excelente respuesta con la aplicación de Silicio después de la siembra.

El Silicio actúa como acondicionador de suelos, según se ha demostrado en varias investigaciones de cultivos de ciclo corto.

2.5. Recomendaciones (propuesta para mejorar el caso)

Las recomendaciones planteadas son:

Aplicar Silicio complementario a la fertilización mineral en los cultivos de ciclo corto, como mejorados y acondicionador de suelos.

Efectuar parámetros de investigaciones sobre el Silicio y divulgarlo a los

pequeños y medianos productores, con la finalidad de incentivar la aplicación de este elemento a los cultivos de ciclo corto.

BIBLIOGRAFÍA

AGRI-CROP. 2019. Importancia General del Silicio en Cultivos de Arroz y Palma Aceitera. Disponible en <https://sites.google.com/site/agricrop4/home>

Agrinova. 2017. El Silicio en Agricultura. Disponible en <https://agri-nova.com/noticias/el-silicio-en-agricultura/>

Almendros, P., Rico, M., López, L., Álvarez, J. 2016. Deficiencia de zinc en los cultivos y correctores de carencia del micronutriente. "Vida Rural", v. 19 (n. 280); pp. 12-16. ISSN 1133-8938.

Barahona-Amores, L., Villarreal-Núñez, J., Samaniego-Sánchez, R., Quirós-McIntire, E. 2018. Absorción de nutrientes de dos variedades de arroz en un suelo entisol bajo seco en Tonosí-Panamá. *Ciencia Agropecuaria* N°. 28:56-74

Cárcamo, M. 2020. Importancia del silicio en el suelo y de su cuantificación. Disponibel en <http://fusades.org/lo-ultimo/blog/importancia-del-silicio-en-el-suelo-y-de-su-cuantificacion>

Castellanos González, Leónides y de Mello Prado, Renato y Silva Campos, Cid Naudi (2015). EL SILICIO EN LA RESISTENCIA DE LOS CULTIVOS A LAS PLAGAS AGRÍCOLAS. *Cultivos Tropicales*, 36 (), 16-24. [Fecha de consulta 10 de mayo de 2020]. ISSN:. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1932/193243640002>

Cedeño, J., Cedeño, G., Alcívar, J., Cargua, J., Cedeño, F., Cedeño, J., Constante, G. 2018. Incremento del rendimiento y calidad nutricional del arroz con fertilización NPK complementada con micronutrientes. *Scientia Agropecuaria*. *versión impresa* ISSN 2077-9917. *Scientia Agropecuaria* vol.9 no.4 Trujillo oct./dic. 2018.

<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.05>

Chen, J. 2017. Rol del silicio en el cultivo de plantas. Promix. Disponible en <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-silicio-en-el-cultiChen, J., 2017. vo-de-plantas/>

De la Cruz, A., García-Serrano, P. 2016. La contribución de los fertilizantes a la producción y a la calidad de los alimentos. Fertiberia S.A. Noticias Empresas del Sector. Vida Rural.

Dothée, N. y Ortiz, A. 2017. Diagnóstico nutricional del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Fedearroz 50 en un suelo del municipio Anzoátegui, Cojedes. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/48223625_Diagnostico_nutricional_del_cultivo_de_arroz_Oryza_sativa_L_variedad_fedearroz_50_en_un_suelo_del_municipio_Anzoategui_Cojedes

El Mercurio. 2017. Silicio, el mejor amigo de la fertilización. Disponible en <https://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Noticias/2015/08/24/El-potencial-del-silicio-como-herramienta-complementaria-a-la-fertilizacion-del-suelo.aspx>

Fertiberia. 2018. Guía del abonado para todo tipo de cultivos. Disponible en <http://www.fertiberia.com/es/agricultura/servicios-al-agricultor/guia-del-abonado/arroz/>

Hurtado, N. 2020. Microelementos en la fertilización y manejo del cultivo. Disponible en <https://editorialderiego.com/2018/04/microelementos-en-la-fertilizacion-y-manejo-del-cultivo/>

Intagri. 2019. Silicio para la Nutrición y Protección Vegetal. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y->

proteccion-vegetal.

- Pilaloo, W., Alvarado, A., Pacheco, P., 2018. Reducción de la fertilización edáfica con aplicación de fertilizantes foliares en cultivo de arroz”, Revista DELOS: Desarrollo Local Sostenible, n. 29.
- Promix. 2018. Rol del silicio en el cultivo de plantas. Disponible <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-silicio-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Promix. 2020. La función del magnesio en el cultivo de plantas. Disponible en <https://www.pthorticulture.com/es/servicios-al-productor/jose-chen-lopez/>
- Raya, J., Aguirre, C., Mancilla, C. 2017. El papel del silicio en los organismos y ecosistemas. Conciencia Tecnológica No. 43.
- Rodríguez, J. 2015. Fertilización del cultivo del arroz (*Oryza sativa*). Conferencia 74. XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelos.
- Sánchez, G., Yepes, R., Mesa, J. 2016. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos y estimativos sobre las necesidades de fertilizantes para el distrito de riego del Rio Zulia (Norte de Santander). Agronomía Colombiana. Volumen XIII, Nº.2; Pág. 169-185
- Sánchez, L. 2016. Micronutrientes en el cultivo del arroz. Fedearroz.. Vol. 27 (294) p. 31-32.
- Sofos. 2015. Estructura Vertical de los Cultivos de Ciclo Corto. Disponible en <http://www.sofoscorp.com/estructura-vertical-de-los-cultivos-de-ciclo-corto/>
- Trinidad, A., Aguilar, D. 2016. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Vol. 17, núm. 3, pp. 247-255