



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Efectos del silicio en la resistencia a plagas en el cultivo de arroz
(*Oryza sativa L.*)”

AUTOR:

Jimmy Alexander Tapia Cortez

TUTOR:

Ing. Agr. Emilio Ramírez Castro, MsC.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2019

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por haberme permitido llegar hasta este logro y haberme dado salud y sabiduría para lograr mis objetivos, También por guiarme en su camino de virtudes para culminar mi carrera Universitaria.

A mis Padres Colon Tapia y Victoria Cortez, por brindarme todo su apoyo incondicional y comprensión buscando siempre el mejor camino, ya que mi papá no está con nosotros yo sé que desde el cielo me apoya espiritualmente deseándome lo mejor para mí y mi familia.

A mi esposa Andreina Cano Torres y a mi hijo Darién Tapia Cano por ser una ayuda en momentos más complicados de mi vida, dándome la motivación y energía en todo momento para poder culminar mis estudios.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios todopoderoso, por la vida y por cada día que me otorga para vivir con las personas más queridas, por esas bendiciones que me distes estos años de mi vida.

A mi familia por el apoyo mutuo durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

A mis padres que han dado todo el esfuerzo para que yo ahora este terminando esta etapa de mi vida y darles las gracias por el apoyo mutuo en todo momento de mi vida tales como la felicidad la desesperación, pero ellos siempre han estado al tanto, gracias soy una persona de bien con el esfuerzo y compromiso de ellos y mi esfuerzo ahora puedo ser un gran profesional y seré un orgullo para ellos.

RESUMEN

El trabajo consistió en recopilar información de diferentes fuentes de información del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L), este cultivo es de gran importancia pues contribuye a la alimentación de la población mundial y nacional, muchas de las familias ecuatorianas que se dedican al cultivo del arroz constan con esta única fuente de ingresos por lo que encontrar información que mejore su producción, es una opción que cambiaría las condiciones económicas de un gran número de individuos en el país.

Ecuador siembra aproximadamente 343 936 has, de las cuales se cosechan 332 988 logrando una producción de 1 239 269 t. En la provincia de Los Ríos se siembran aproximadamente 114 545 has, de las cuales se cosechan 110 386 has, alcanzando una producción de 359 569 t. El rendimiento promedio del arroz en cascara con 20 % de humedad y 5 % de impurezas fue de 3,92 t/ha (INEC 2017).

La aplicación de silicio en el cultivo de arroz mejora eficientemente la respuesta al ataque de plagas y enfermedades, al permitir que la planta de arroz desarrolle 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 (AGRI-CROP. 2019) citado por (Zamora 2019).

El uso de silicio en el cultivo de arroz es una medida eficaz para que todos los agricultores mejoren su rendimiento, ofreciendo al consumidor final un producto mucho más nutritivo y sano.

Palabras clave: silicio, cultivo de arroz, plagas, resistencia.

SUMMARY

The work consisted of gathering information from different sources of information on rice cultivation (*Oryza sativa* L), this crop is of great importance because it contributes to the feeding of the world and national population, many of the Ecuadorian families that are dedicated to the cultivation of Rice consists of this single source of income, so finding information that improves its production is an option that would change the economic conditions of a large number of individuals in the country.

Ecuador sows approximately 343,936 hectares, of which 332,988 are harvested, achieving a production of 1,239,269 t. In the province of Los Ríos approximately 114 545 hectares are sown, of which 110 386 hectares are harvested, reaching a production of 359 569 t. The average yield of husk rice with 20% humidity and 5% impurities was 3.92 t / ha (INEC 2017).

The application of silicon in rice cultivation efficiently improves the response to attack by pests and diseases, by allowing the rice plant to develop strong leaves, stems and roots. The formation of a thick layer of epidermal cells reduces the susceptibility of the plant to fungal and bacterial diseases and to attack by insects. Rice plants properly stocked with Silicon have erect leaves and growth habits. This contributes to the efficient use of light and therefore to the efficient use of N (AGRI-CROP. 2019).

The use of silicon in rice cultivation is an effective measure for all farmers to improve their yield, offering the end consumer a much more nutritious and healthy product.

Keywords: silicon, rice cultivation, pests, resistance.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 . OBJETIVOS.....	9
1.1.1. General	9
1.1.2. Específico	9
II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	10
III. PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANALISIS DEL PROBLEMA.....	11
IV. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	12
4.1. Características generales del cultivo de arroz.....	12
4.2. Morfología del arroz	13
4.3. Importancia económica	14
4.4. Nutrición del cultivo.....	15
4.5. Importancia del silicio en el cultivo de arroz.....	17
V. METODOLOGÍA	20
5.1. Ubicación y descripción del sitio experimental.....	20
5.2. Instrumentos.....	21
VI. SITUACIONES DETECTADAS	21
VII. SOLUCIONES PLANTEADAS.....	22
VIII. CONCLUSIONES.....	23
IX. RECOMENDACIONES.....	25
Referencias.....	¡Error! Marcador no definido.
XI. ANEXO	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Recopilación de información	29
Fig. 2 Elaboración de resúmenes	29
Fig. 3 Visitas a cultivos de arroz	30
Fig. 4 Inspección visual de cultivo de arroz	30

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el alimento básico para la población mundial y el cultivo más importante, si se considera la extensión de la superficie de siembra y la cantidad de personas, que depende de su producción. Ocupa el segundo lugar después del trigo, proporciona más calorías que cualquier otro cereal. En países como Asia y África este producto es la fuente principal de ingresos económicos para unas 100 millones de familias (Zamora 2019) citando a (Infoagro. 2018).

En Ecuador según el Ministerio de Agricultura y Ganadería en el año 2017 la superficie cosechada fue de 286,189 hectáreas, que corresponde a una producción de 1.440,865 toneladas con un rendimiento de 5.03 toneladas por hectáreas. En el ranking de rendimiento a nivel nacional se reporta que la provincia de Loja aportó con 10.01t/ha, seguido de Manabí con 5.58t/ha, Guayas 5.25t/ha, El Oro 4.35t/ha y Los Ríos con 4.32t/ha (MAGAP. 2016).

El cultivo de arroz se ve afectado por factores climáticos tales como la temperatura, la radiación solar y el viento, estos tienen influencia en el crecimiento, desarrollo y procesos fisiológicos de la planta, los cuales afectan indirectamente a los daños causados por plagas y enfermedades. Actualmente, existe la tendencia de incorporar fertilizantes que posean otros nutrientes aparte de N,P,K, como es el silicio, que conlleva a mejorar el rendimiento, desarrollo y resistencia a plagas en el cultivo (FAO 2015) citado por (Zamora 2019).

El presente componente práctico se presenta con la finalidad de dar a conocer cuáles son los efectos del silicio en la resistencia a plagas en el cultivo de arroz.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. General

Determinar Cuáles son los efectos del silicio en la resistencia de plagas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*)”.

1.1.2. Específico

Obtener información referente al efecto del silicio en la resistencia de plagas en el cultivo de arroz.

Conocer los beneficios que brinda el silicio en el cultivo de arroz, frente al ataque de las plagas.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En Ecuador se dispone de dos formas de cultivar arroz: bajo riego y seco. En ambos existe diferencias por las características de las variedades, prácticas culturales, clima, suelo, malezas que se presentan en cada una de las siembras, sin embargo en las dos formas existe algo común, el ataque de plagas y enfermedades.

La presencia de plagas y enfermedades en los cultivos de arroz son muy comunes, los efectos sobre el rendimiento se hacen muy visibles, esta situación lleva a los agricultores a pérdidas económicas considerables, por lo que muchos de ellos han preferido abandonar el tradicional cultivo de arroz, para emigrar a las ciudades y engrosar los cinturones de pobreza.

La búsqueda de alternativas para paliar las consecuencias del ataque de plagas en los cultivos de arroz ha sido la meta de algunos investigadores, y el uso de silicio para fortalecer la resistencia a estas, aparece como una de las más prometedoras, esta práctica se viene difundiendo poco a poco, por tanto, un examen minucioso de los resultados que han generado las distintas investigaciones en este campo, nos permite tener una perspectiva halagadora, para el futuro del cultivo de arroz.

III. PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANALISIS DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la fertilización con “silicio” en el cultivo de arroz?

¿Cuál es el efecto del silicio en el rendimiento del cultivo de arroz?

IV. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

4.1. Características generales del cultivo de arroz

(Soto 2018) citando a (Infoagro. 2018) hace mención que el cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo.

(DANE 2017) citado por (Soto 2018) señala que el cultivo de arroz es uno de los más antiguos en la actividad agrícola, por lo que se desconoce su sitio de origen; se sostiene que puede ser del sur de la India, de China o del Sudeste Asiático. Cuando a este cereal se le quita la cascarilla y se pule, se obtiene el arroz blanco, proceso en el que pierde parte de la fibra y algunos elementos nutritivos; sin embargo, contiene en su mayoría almidón que convierte a este alimento en una buena fuente de energía, además es bajo en grasa, no contiene colesterol y presenta baja proporción de vitaminas del grupo B y minerales como fósforo, hierro, potasio, calcio, magnesio y sodio.

(Soto 2018) citando a (Ecuaquímica 2013) hace referencia que el arroz es el cultivo más extenso del Ecuador, ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país. El arroz se sembró anualmente en alrededor de 340 mil hectáreas cultivadas por 75 mil unidades de producción agropecuarias, las cuales el 80 % son productores de hasta 20 hectáreas. En términos sociales y productivos el cultivo del arroz es la producción más importante del país, pero el cultivo de arroz también es importante en el tema nutricional ya que esta gramínea es la que mayor aporte de calorías brinda de todos los cereales.

El anterior autor explica que la mayor área sembrada de arroz en el país está en la Costa, pero también se siembra en las estribaciones andinas y en la el

Amazonía, pero en cantidades poco significantes. Apenas dos provincias, Guayas y Los Ríos, representan el 83 % de la superficie sembrada de la gramínea en el Ecuador. Otras provincias importantes en el cultivo son Manabí con 11 %, Esmeraldas, Loja y Bolívar con 1 % cada una; mientras que el restante 3 % se distribuye en otras provincias. En cuanto a la producción, de forma correspondiente, Guayas y Los Ríos tienen el 47 % y 40 % respectivamente. Manabí el 8 % y las restantes provincias productoras representan producciones menores y por tanto, su rendimiento también es más bajo que las principales zonas productoras (Soto 2018).

4.2. Morfología del arroz

(Soto 2018) citando a (EcuRed. 2018) manifiesta que el arroz es una gramínea que presenta tallos redondos huecos y compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana que se unen al tallo por medio de una vaina y su macollamiento es en forma de candelabro. En el punto de unión entre la vaina y la hoja del arroz está el cuello y en él aparecen dos estructuras muy diferenciadas: Una lígula o prolongación de forma alargada y de color blanquecino y dos aurículas una en cada extremo en forma de hoz velluda que abrazan al tallo. La presencia de lígulas y aurículas es una forma de diferenciar las plantas de arroz de las malezas en estados muy tempranos como de plántula.

(Franquet y Borràs 2013) expresan que el arroz (*Oryza sativa* L.) es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae de las gramíneas. Posee las siguientes características:

- Raíces: las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Tiene dos tipos de raíces: las seminales, que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal y las raíces adventicias secundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas substituyen a las raíces seminales.
- Tallo: el tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, erguido, nudoso, glabro y de 60-120 cm de longitud.

- Hojas: las hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida que presenta, en el borde inferior, una serie de cirros largos y sedosos.
- Flores: son de color verde blanquecino, dispuestas en espiguillas, cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración. Cada espiguilla es uniflora y está provista de una gluma con dos valvas pequeñas, algo cóncavas, aquilladas y lisas; la glumilla tiene igualmente dos valvas aquilladas.
- Inflorescencia: es una panícula determinada que se localiza sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula, y consiste en dos lemmas estériles: la raquilla y el flósculo.
- Grano: el grano de arroz es el ovario maduro. El grano con cáscara se conoce

4.3. Importancia económica

(Franquet y Borràs 2013) citados por (Soto 2018) mencionan que el arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de gente que depende de su cosecha. A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se considera la superficie cosechada, pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales.

(Soto 2018) Los mismos autores mencionan Además de su importancia como alimento, el arroz proporciona empleo al mayor sector de la población rural de la mayor parte de Asia, pues es el cereal típico del Asia meridional y oriental, aunque también es ampliamente cultivado en África y en América, y no sólo ampliamente sino intensivamente en algunos puntos de Europa meridional, sobre todo en las regiones mediterráneas, como España, Italia, Portugal, Francia y Grecia.

(Ecuauímica 2013) sostiene que Ecuador ha sido tradicionalmente un exportador de arroz a países andinos, especialmente a Colombia, Perú y

ocasionalmente a Venezuela. El comercio externo de arroz no tiene una tendencia sostenida en el tiempo, ya que depende del abastecimiento interno, del precio al productor doméstico frente al pagado por las exportaciones, la situación de oferta en los países vecinos, y las regulaciones formales o informales vigentes en las fronteras norte y sur frente al comercio de la gramínea. En cuanto a exportaciones, Ecuador normalmente exporta arroz pilado, con 9 picos de 156 y 93 mil t, en el 2008 no se registran oficialmente exportaciones de arroz pilado, y en lo que va del año apenas 5 mil t.

4.4. Nutrición del cultivo

(Soto 2018) citando a (Franquet y Borràs 2013) hace alusión que el cultivo de arroz tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propias del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y los deltas de los ríos. Los suelos de textura fina (“pesados” o “fuertes”) dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes químicos y orgánicos.

(SAG. 2010) CITADO POR (Soto 2018) describe que el efecto de una nutrición adecuada en el cultivo de arroz, es muy conveniente, pues además de asegurar una buena productividad del cultivo, también favorece otros aspectos, por ejemplo: las plantas resisten mejor el ataque de plagas y enfermedades, debido a que las plantas crecen vigorosas. Una fertilización apropiada promueve el crecimiento de las raíces y las plantas pueden soportar mejor los efectos adversos de la sequía. Y a la vez la absorción de nutrientes es mayor, cuanto mayor sea el desarrollo del sistema radicular de la planta, aspecto que a la vez favorece la oxigenación del terreno y la circulación de agua en el suelo.

(Soto 2018) citando a (Rodríguez 2013) concluye que la cantidad de nutrimentos removidos del suelo por una cosecha de arroz 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.

(EcuRed. 2018) citado por (Soto 2018) enfatiza que la planta de arroz 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 traza e incluyen hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cloro y silicio.

(Zamora 2019) citando a (Colina et al. 2014) señala que, en arroz, 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.

(Trinidad y Aguilar 2014) citado por (Zamora 2019) 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 (Zamora 2019) citando a (Almendros et al. 2015), 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 como el maíz, el trigo o el arroz 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.

(Zamora 2019) citando a (Barahona-Amores et al. 2018) aclara 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.

(Fertiberia. 2018) citado por (Zamora 2019) reporta que los nutrientes principales de los cultivos son el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Además de estos, el arroz 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.

4.5. Importancia del silicio en el cultivo de arroz

La resistencia de las plantas a las plagas puede ser disminuida o aumentada por el efecto de la nutrición mineral sobre las estructuras anatómicas como, por ejemplo células epidérmicas y cutículas más finas, pared celular con menor grado de salificación, suberización y lignificación. Además de esto, la nutrición puede afectar las propiedades bioquímicas como la reducción de compuestos fenólicos que actúan como inhibidores del desarrollo de plagas o la acumulación de compuestos orgánicos de bajo peso molecular (glucosa, sacarosa y aminoácidos) resultado de la mayor actividad de enzimas descomponedoras como amilasa, celulasa, proteasa y carbohidrasa que se presenta comúnmente con la deficiencia de potasio (Marschner y Rimmington 1988).

Una planta bien nutrida posee varias ventajas en cuanto a su resistencia a las plagas con relación a una planta con deficiencia nutricional, y dentro de los elementos minerales, el silicio es considerado un elemento benéfico para las plantas pues contribuye a la reducción de la intensidad del ataque del agente nocivo en varios cultivos (Malavolta 2006)

Los efectos benéficos del silicio han sido demostrados en varias especies de plantas y, en el caso de problemas fitosanitarios, es capaz de aumentar la resistencia de las plantas al ataque de insectos y patógenos (Epstein 1999). El

silicio puede conferir resistencia a las plantas por su deposición, formando una barrera mecánica (Goussain et al. 2002), y por su acción como inductor del proceso de resistencia (Fawe et al. 2001).

En el caso de incrementar la resistencia al ataque de insectos, el papel del silicio ha sido atribuido en parte a su acumulación y polimerización en las paredes celulares, lo cual constituye una barrera mecánica contra el ataque; sin embargo, se ha demostrado que el tratamiento de las plantas con Si trae como consecuencia cambios bioquímicos, como la acumulación de compuestos fenólicos, lignina y fitoalexinas (Patrícia Vieira da Cunha et al. 2008). En plantas tales como la calabaza (*Cucurbita* sp.), la avena (*Avena sativa* L.) y el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) se ha observado que la aplicación de Si trae como consecuencia un aumento en la síntesis de las enzimas peroxidasa, polifenoloxidasa, glucanasa y quitinasa; las cuales están relacionadas con un incremento en la producción de quinonas que tienen propiedades antibióticas, favorecen la mayor lignificación de los tejidos, la disminución en la calidad nutricional y la digestibilidad, todo lo cual genera, consecuentemente, un decrecimiento en la preferencia de los insectos por las plantas (Gomes et al. 2005)

El efecto de diferentes fuentes de silicio sobre *Stenchaetothrips biformis* (Bagnall.) (Thysanóptera: Thripidae) en arroz, fue estudiado por diferentes autores (Subramanian y Gopaldaswamy 1988) donde concluyeron que en los tratamientos en que fue adicionado silicio el número de thrips por hoja fue significativamente menor en relación al tratamiento sin silicio.

(Zamora 2019) citando a (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 silicio 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 nitrógeno.
- El Silicio incrementa la disponibilidad de Fósforo (P) en el suelo y el poder de oxidación de las raíces y alivia la toxicidad por hierro y magnesio al reducir la absorción de estos elementos por la planta.

(Chen 2017) citado por (Zamora 2019) 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.

(Zamora 2019) citando a (Díaz et al. 2015) 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 (*Pyricularia oryzae*) o mancha café (*Helminthosporium oryzae*) pueden indicar deficiencia de Silicio.
- La aplicación de nitrógeno 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) citado por (Zamora 2019) 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.

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 (Zamora 2019) citando a (Chen 2017)

El autor anterior 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”.

En la agricultura este micronutriente protege a los cultivos contra el ataque de enfermedades e insectos plagas debido a que la acumulación de silicio en los tejidos vegetales permite proteger a la planta fortaleciendo mecánica y bioquímicamente sus tejidos evitando así su deterioro (Querro 2008) citado por (Zamora 2019).

V. METODOLOGÍA

5.1. Ubicación y descripción del sitio experimental

El presente documento se realizó en la granja experimental “San Pablo”, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de

Babahoyo, ubicada en el Km. 7,5 de la vía Babahoyo – Montalvo. El sitio se encuentra entre las coordenadas geográficas de 01° 47` 49” de Latitud Sur y 79° 32` 49” de Longitud Oeste y 8 msnm (FACIAG 2017)

La zona presenta un clima tropical, con temperatura anual de 25,7 °C, una precipitación de 1845 mm/año, humedad relativa de 76 % y 804,7 horas de heliofanía de promedio anual. El suelo es de topografía plana, textura franco arcillosa y drenaje regular (INAHMI-UTB 2017)

5.2. Instrumentos

Para el desarrollo del presente componente práctico se recopiló revisión bibliográfica de distintos libros, revistas, artículos científicos y páginas web que fueron sometidas a técnicas de síntesis y resumen sobre Efecto del silicio en la resistencia a plagas en el cultivo de arroz.

VI. SITUACIONES DETECTADAS

A través de la investigación se evidencia que las plagas en el cultivo de arroz han estado presente desde siempre, por lo que un control eficaz y a tiempo permite a los agricultores sacar adelante su producción, razón por la cual es de suma importancia que se busque soluciones a este problema, en el caso del

arroz, los diferentes estudios realizados ya por décadas han arrojado luz sobre la eficacia del silicio en el cultivo de arroz, para combatir el ataque de plagas.

La nutrición defiende a la que se somete a los cultivos de arroz acrecienta la posibilidad que haya ataques de los insectos, el poco conocimiento de alternativas como lo son el uso de silicio en la fertilización, ha dejado la puerta abierta para que los insectos hagan de la suya, perjudicando la economía del agricultor que cada día se va sumiendo en la pobreza, debido a la deficiente producción de sus cultivos en este caso arroz.

El silicio no es considerado esencial para los vegetales superiores a pesar de eso, su absorción puede ocasionar efectos benéficos para algunos cultivos como son resistencia a plagas, tolerancia a la toxicidad por metales pesados, al estrés hídrico y salino, menor evapotranspiración, promoción del crecimiento y nodulación en leguminosas, efecto en la actividad de las enzimas y en la composición mineral, mejoría de la arquitectura de las plantas, reducción del encamado de las plantas y por consiguiente aumento de la tasa fotosintética.

VII. SOLUCIONES PLANTEADAS

La solución viable por los estudios realizados y probados en campo ya por algunos años es la incorporación de silicio a la fertilización pues no solo se tendrán disminución de ataque de plagas, sino que también este micronutriente afectará favorablemente el desarrollo de la planta de arroz haciéndola casi invulnerable algunos insectos que se aprovechan de ella.

Empoderar a los agricultores sobre este conocimiento relacionado a los efectos de silicio en el cultivo de arroz permitirá estar mejor preparados para evitar el ataque de plagas y de enfermedades, permitiendo así al agricultor tener ganancias significativas a la hora de producir arroz para el consumo de la sociedad.

Mantener un buen programa equilibrado de fertilización permitirá a los agricultores a no olvidar el uso del silicio en todas sus siembras de arroz, aparte de suministrarle lo necesario al cultivo, también hay que realizar las labores agronómicas propias para controlar en la medida de lo posible el ataque de insectos y enfermedades a los cultivos.

VIII. CONCLUSIONES

Por la información recopilada se concluye lo siguiente:

- El uso de silicio en el cultivo de arroz tiene efectos benéficos en la resistencia a los insectos plagas,

- El aumento en la producción de arroz es posible gracias a que el silicio evita ataques de insectos que detienen el desarrollo normal del cultivo de arroz.
- El uso de silicio permite un desarrollo adecuado del cultivo de arroz, pues contribuye a mejorar algunos procesos fisiológicos del cultivo.

IX. RECOMENDACIONES

Por las conclusiones detalladas anteriormente, se recomienda:

- Elaborar un plan de fertilización donde se incluya silicio en la formula.
- Aplicar silicio al cultivo de arroz junto con los fertilizantes desde el inicio de la siembra para tener plantas fuertes, vigorosas.
- Por medio de la observación minuciosa determinar en qué clases de insectos tienen un efecto mayor el silicio y cuáles son los insectos que no estarían en el rango de control del silicio, para tomar las medidas correspondientes y atacarlos con otras alternativas.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRI-CROP. 2019. Importancia General del Silicio en Cultivos de Arroz y Palma Aceitera. .
2. Almendros, P; Rico, M; López, L; Álvarez, J. 2015. Deficiencia de zinc en los cultivos y correctores de carencia del micronutriente. «Vida Rural» v. 19 (n.(ISSN 1133-8938.):12-16.
3. Barahona-Amores, L; Villarreal-Núñez, J; Samaniego-Sánchez, R; QuirósMcIntire, E. 2018. Absorción de nutrientes de dos variedades de arroz en un suelo entisol bajo seco en Tonosí-Panamá. Ciencia Agropecuaria No. 28: :56-74.
4. Chen, J. 2017. Rol del silicio en el cultivo de plantas. Promix. .
5. DANE. 2017. Características que se destacan en el cultivo de arroz seco (Oryza sativa L.) en Colombia. .
6. Ecuaquímica. 2013. Arroz en Ecuador. .
7. EcuRed. 2018. El cultivo de arroz. .
8. Epstein, E. 1999. Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology,. 50, n(ISSN 1040-2519):641-664.
9. FACIAG., E meteorológica de la. 2018. Datos meteorológicos. .
10. FAO 2015. O de las NU para la A y la A. 2015. PROBLEMAS Y LIMITACIONES DE LA PRODUCCIÓN DE ARROZ (en línea). . Disponible en www.fao.org/3/y2778s/y2778s04.
11. Fawe, A; Menzies, JG; Chérif, M; Bélanger, RR. 2001. Silicon and disease resistance in dicotyledons (en línea). L.E. Datnoff G. H. S. and G. H. K., Studies in Plant Science :159-169. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928342001800136%3E> . .
12. Fertiberia. 2018. Guía del abonado para todo tipo de cultivos. .
13. Franquet, J; Borràs, P. 2013. Economía del arroz: variedades y mejora. .
14. Gomes, FB; Moraes, JC de; Santos, CD dos; Goussain, MM. 2005. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. Scientia Agricola 62, n(ISSN 0103-9016):547-551.
15. INAHMI-UTB. 2017. datos agrometeorológicos de la zona de Babahoyo. .
16. INEC, IN de E y C. 2017. Ecuador en cifras. .

17. Infoagro. 2018. El cultivo de arroz. (en línea). . Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz>.
18. Malavolta, E. 2006. Manual de nutrição mineral de plantas (en línea). Editora Agronômica CERES, Sao Paulo, Brasi (ISBN 85-318-0047-1):638. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/>.
19. Marschner, H; Rimmington, G. 1988. Mineral nutrition of higher plants. *Plant, Cell & Environment* 11(ISSN 1365-3040):147-148.
20. Querro, E. 2008. Silicio en los sistema biológico aplicados en Chile. .
21. Rodríguez, J. 2013. Fertilización del cultivo del arroz (*Oryza sativa*). (en línea). . Disponible en http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-%0AIII_123.pdf.
22. SAG. 2010. Manual técnico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). .
23. Sánchez, L. 2014. Micronutrientes en el cultivo del arroz. Fedearroz. Vol. 27 (2:31-32).
24. SINAGAP_MAGAP. 2017. Estadísticas de la producción de gramíneas. Proyecto Sistema Nacional de Estadísticas agropecuarias-MAGAP. .
25. Soto Moncada Héctor Julio, 2018. Manejo del Nitrógeno en el cultivo de arroz, basado en la sostenibilidad. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo.
26. Trinidad, A; Aguilar, D. 2014. 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, n:247-255.
27. Zamora Valero Cristhian Miguel. 2019. Respuesta agronómica del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), a la aplicación de fertilizantes con Silicio y Magnesio, en condiciones de secano. Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo.

..

XI. ANEXO



Fig. 1 Recopilación de información



Fig. 2 Elaboración de resúmenes



Fig. 3 Visitas a cultivos de arroz



Fig. 4 Inspección visual de cultivo de arroz