



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



**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:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**TEMA:**

Uso del Silicio en la reducción del estrés hídrico de la planta de  
sandía (*Citrullus lanatus* L.) en el Ecuador.

**AUTORA:**

Patricia Karina Villasagua Macías

**TUTOR:**

Ing. Agr. Javier Landívar Lucio, MSc.

**Babahoyo - Los Ríos - Ecuador**

**2023**

## RESUMEN

Ecuador mantiene un clima tropical con condiciones favorables para la producción de diversas frutas como sandías. Según la información del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador, cuenta con aproximadamente 4 230 hectáreas de plantaciones de sandía, la producción media anual es de 50 642 toneladas. El presente trabajo tiene la finalidad de conocer el uso del silicio en la reducción del estrés hídrico de la planta de sandía (*Citrullus lanatus* L.). El Silicio es el elemento más común en la Tierra que no se considera un elemento esencial, pero sí útil para el desarrollo y crecimiento de las plantas, así como la superación de los efectos en los productos ambientales bióticos y abióticos. Las propiedades del silicio, ayudan a las plantas a soportar condiciones adversas. En el caso de las plantas, el factor estresante es el medio ambiente cuando surgen condiciones de sequía o baja disponibilidad de agua, llamado estrés hídrico. Varios estudios han confirmado el potencial del silicio, porque cuando es absorbido por las plantas se encuentra como ácido monosilico. Por lo tanto, los agricultores no conocen mucho acerca del potencial de los elementos que necesitan las plantas, y en este caso el silicio no es considerado como un nutriente para las plantas, por lo que hemos realizado este trabajo para que conozcan acerca del silicio como un elemento nuevo en el cultivo de sandía.

**Palabras claves:** monosilico, cultivo, hídrico, estrés.

## SUMMARY

Ecuador maintains a tropical climate with favorable conditions for the production of various fruits such as watermelons. According to information from the Ministry of Agriculture and Livestock of Ecuador, it has approximately 4,230 hectares of watermelon plantations, the average annual production is 50,642 tons. The purpose of this work is to understand the use of silicon in reducing water stress in the watermelon plant (*Citrullus lanatus* L.). Silicon is the most common element on Earth that is not considered an essential element but is useful for the development and growth of plants, as well as overcoming the effects on biotic and abiotic environmental products. The properties of silicon help plant to withstand adverse conditions. In the case of plants, the stressor is the environment when conditions of drought or low water availability arise, called water stress. Several studies have confirmed the potential of silicon, because when it is absorbed by plants it is found as monosilic acid. Therefore, farmers do not know much about the potential of the elements that plants need, and in this case silicon is not considered as a nutrient for plants, so we have carried out this work so that they know about silicon as a new element in watermelon cultivation.

**Keywords:** monosilic, cultivation, water, stress

# INDICE

RESUMEN .....	II
SUMMARY .....	III
I. INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I .....	3
II. MARCO METODOLOGICO .....	3
1.1. Definición del tema de caso de estudio .....	3
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. General .....	4
1.4.2. Específicos .....	4
1.5. Fundamentación teórica .....	4
1.5.1. Generalidades del cultivo de sandía .....	4
1.5.2. Morfología de la planta de sandia .....	5
1.5.3 Silicio .....	7
1.5.4 Estrés mineral .....	10
1.5.5 Importancia del silicio en el cultivo de sandia .....	11
1.6 Investigaciones realizadas en el Ecuador. ....	14
1.6.1 Hipótesis .....	15
1.7 Metodología de la investigación .....	15
CAPITULO II .....	16
RESULTADOS DE LA INVESTIGACION .....	16
2.1 Desarrollo del caso .....	16

2.2. Situaciones detectadas (hallazgos).....	16
2.3. Soluciones planteadas.....	16
2.4. Conclusiones.....	17
2.5. Recomendaciones.....	18
III. BIBLIOGRAFIA.....	19

# I. INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus Lanatus*) es una de las especies de la familia de las cucurbitáceas que se desarrollan bien en climas templados y cálidos. Tolera estaciones secas y temperaturas frías. Su desarrollo varía entre 20 y 25 °C, para este cultivo requiere suelos con textura franco arenoso o sustratos que cuenten con un buen drenaje (AgroEs.es 2014)

La producción mundial del cultivo de sandía en el mundo se estima entre unos 2,9 millones de hectáreas anuales siendo China el país más importante en la producción con una superficie del 52 % en total y no quedándose atrás Turquía con el 4,77 %, además de que no solo China es el mayor productor de sandía, sino que también registra la mayor tasa anual de crecimiento con un 9,79 % (FAO 2006).

El Tercer Censo Agropecuario, citado por (Zambrano 2012). indica que en el Ecuador se sembraron 1 905 ha de sandía como monocultivo, en las 1 788 unidades de producción agropecuaria. El rendimiento fue de 25 818 toneladas. Además, se sembraron 363 ha de sandía en cultivos asociados que produjeron 273 toneladas; la recolección de sandía es mayor en los meses de julio a diciembre, porque en esta época la influencia de lluvia es menor, las cuales son distribuidas en las zonas de Guayas con el 49 % y en segundo lugar se encuentra Manabí con un 44 %, seguida de los Ríos y Galápagos con un 3 % y 1 %, respectivamente; otros con 3 % (WIKIFARMER 2017).

El silicio es el elemento más común en la tierra, que no se considera un elemento esencial, pero sí útil para el desarrollo y crecimiento de las plantas, así como la superación de los efectos de los productos ambientales bióticos y abióticos también las propiedades del silicio ayudan a las plantas a soportar condiciones adversas. En el caso de las plantas, el factor estresante es el ambiente cuando surgen condiciones de sequía, llamado estrés hídrico. Varios estudios han confirmado el potencial del silicio porque es absorbido en forma de ácido monosilícico. Dentro de los beneficios que nos aporta el silicio tenemos que evita la pérdida de transpiración y del agua por las plantas. mejorando el régimen hídrico

ante condiciones de sequía. Otro es que aporta resistencia mecánica a la pared celular endureciendo los tejidos de las plantas (Castellano 2015).

Por lo antes expuesto, se realizó la investigación bibliográfica uso del Silicio en la reducción del estrés hídrico de la planta de sandía (*Citrullus lanatus* L.) en el Ecuador.

# CAPITULO I

## II. MARCO METODOLOGICO

### 1.1. Definición del tema de caso de estudio

El presente estudio trata acerca del Silicio en la reducción del estrés hídrico de la planta de sandía (*Citrullus lanatus* L.) en el Ecuador.

### 1.2. Planteamiento del problema

La forma más tradicional de proporcionar nutrientes a las plantas en las últimas décadas a sido mediante el uso de químicos no necesarios, por lo que aplicarlos de forma excesiva ocasionan es un estrés en las plantas, poniéndolas en una respuesta muy débil, por lo que ellas necesitan una dieta rica en minerales tantos como primarios y secundarios.

El silicio es un elemento que lo disponemos dentro de nuestros suelos y es una parte muy importante para el desarrollo de nuestras plantas y sin embargo se adapta a diversas plantas que tengamos disponible en nuestro suelo en el caso de la sandía obtendremos mejores rendimientos en la cosecha.

### 1.3. Justificación

La presente investigación está orientada hacia el uso del silicio como un elemento para reducir el estrés hídrico en las plantas de sandía.

Se realizó la investigación para conocer las propiedades que tiene el silicio y como pueden ayudar a nuestras plantas a desarrollarse y tener un crecimiento correcto sin que sufra de estrés hídrico por el mal manejo de los nutrientes que necesita. Esta investigación benefició a los agricultores que se al cultivo de sandía, y ver que también existe otro elemento que lo encontramos a nuestra disposición en el suelo.



## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. General**

Caracterizar el uso del Silicio en la reducción del estrés hídrico de la planta de sandía (*Citrullus lanatus* L.) en el Ecuador.

### **1.4.2. Específicos**

- Detallar el uso del silicio en la reducción del estrés hídrico en las plantas de sandía.
- Describir las funciones del silicio y las relaciones con otros elementos.

## **1.5. Fundamentación teórica**

### **1.5.1. Generalidades del cultivo de sandía**

El origen de este cultivo se sitúa en las regiones secas de África tropicales y subtropicales donde se utilizaba como fuente de alimento y agua. Se sabe por diversas fuentes. Desde África, su cultivo llegaba a la India y costas del mediterráneo, la producción actual tiene lugar en regiones cálidas. (AgroEs.es 2014).

Es un cultivo que se aprovecha por su fruto porque tiene un sabor muy fresco. Esta fruta tiene una gran cantidad de agua, y no se recomienda utilizarla en exceso como sea posible. Provoca algunos problemas digestivos. Las semillas sirven para producir aceite que es utilizado en la cocina, las cortezas también se las puede utilizar como alimento para el ganado en su dieta. (Academia.edu 2021).

En cuanto a la fruta, casi se podría describir como esférica, piel lisa, verde o marmórea, pulpa rosada o roja, gusto dulce, acuosa y refrescante. Contiene vitamina A. las hojas son rastreras con una especie de lana y anillos. La raíz principal logra profundizar hasta 1 m., las secundarias tienen un crecimiento lateral llegando a alcanzar hasta 2 m. Tallos: El tallo es verde de forma prismática o cilíndrica, trepadora, rastrera, con una longitud de 2.9-4.0 m. (Jara 2020).

Según el autor antes mencionado la clasificación taxonómica de la sandía es la siguiente.

**Tabla 1:** Clasificación taxonómica de la sandía

<b>Categoría</b>	<b>Taxón</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Dilleniidae
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitaceae
Sub familia	Cucurbitoideae
Tribu	Benincaseae
Sub tribu	Benincasinae
Genero	Citrullus
Especie	<i>Citrullus lanatus</i>

## **1.5.2. Morfología de la planta de sandía**

### **1.5.2.1 Sistema radicular**

El Sistema radicular de la sandía es muy ramificado, debido a que su raíz principal es profunda y las raíces laterales se distribuyen superficialmente. La raíz principal logra profundizar hasta 1 m., las secundarias tienen un crecimiento lateral llegando a alcanzar hasta 2 m. (Infoagro 2021).

### **1.5.2.2 Tallo**

El tallo es de desarrollo rastrero. En la circunstancia de 5-8 hojas bien desarrolladas, el tallo principal envía yemas secundarias desde las axilas de las hojas. Los terciarios parten de los brotes secundarios y así sucesivamente, de modo que la planta cubra 4-5 metros cuadrados (Infoagro 2021).

### **1.5.2.3 Hojas**

Las hojas de la sandía son de manera pecioladas, pinnadamente partidas, divididas en 3-5 lóbulos, que a su vez se dividen en lóbulos redondeados y con muescas profundas que no alcanzan la nervadura principal. La superficie superior es suave al tacto y la inferior es muy rugosa con vetas muy marcadas. La nervadura principal se ramifica en nervaduras secundarias que se dividen en las últimas partes de las hojas, imitando una palmera (Infoagro 2021).

### **1.5.2.4 Flores y fruto**

Las flores de la sandía son de color amarillo, solitaria, pedunculadas y axilares, atrae a los insectos con su color, olor y néctar, por lo que la polinización es entomófila. Por ello existen dos tipos de flores masculinas y femeninas conviviendo ambos sexos en la misma planta. En cuanto al fruto, es una baya globosa formada por tres carpelos funcionado con receptáculo adherido el ovario, tiene una placenta central que contiene muchos óvulos que producen semillas. Su peso es de 2 a 20 kilogramos. El color de la corteza varía y puede aparecer solido (verde oscuro, verde claro o amarillo) o rayas amarillentas, grises o verde .La pulpa también varía su color, puede ser rosada o roja. (Infoagro 2021).

### **1.5.2.5 Criterios para el manejo del cultivo de sandia**

Hay varias cosas que se deben saber sobre el cultivo de sandía, entre ellos los aspectos ecológicos y necesidades que requiere la planta en cuestión, desarrollo según tipo de suelo, clima, método de preparación del suelo. Antes de plantar los semilleros de sandía, se debe realizar el pase del arado para mejorar la aireación del suelo para favorecer el drenaje. Lo mismo al arar, quitar piedras y otros materiales sólidos que no benefician al cultivo y suelo. A esto hay que sumarle que el cultivo se lleva a cabo inmediatamente después de aflojar el suelo. Dejar el suelo listo para plantar nuestros cultivos y no sembrar pronto puede ser perjudicial para uno mismo. (Chemonics 2021).

Lo ideal es que se cultive durante los meses de abril y mayo, se recomienda en regiones o países con luz solar rico y sin sombra, con suelo que posea un PH entre 6,5 y 7, usar compost, pues contiene materia orgánica, también humus de lombriz, y seguir labrando la tierra con las respectivas máquinas para este tipo de trabajos. En cuanto al tipo de riego, se recomienda hacerlo por goteo, inicialmente todos los días, unos 30 minutos. A medida que la planta crece, podemos minimizar a 2- 3 días, siempre prestando atención al color de las hojas y su adición. Esta planta alcanza la madurez bajo estrés hídrico, cosechar o preparar los frutos requiere de 3 a 4 meses (flugsa 2021).

Para la siembra se suelen utilizar dos tipos de siembra. Una vez que elegiste la variedad a cultivar podremos sembrar las semillas, para esto procura que tus semillas estén limpias y esterilizadas así como también el sustrato y materiales a ocupar. La siembra se puede realizar de manera directa o indirecta. Se recomienda su germinación de manera indirecta con semilleros de 21 a 105 cavidades y utilizar sustratos como perlita, peat moss o fibra de coco especiales para la germinación; se deben colocar de una o dos semillas por cada orificio de la charola. También podemos ocupar un semillero de foamy agrícola de 36 bloques o Cubo de 4 pulgadas, el cual permite llevar a cabo el trasplante de forma sencilla y ayuda a reducir el daño a la raíz. (peñarrieta & Olvera 2015).

### **1.5.3 Silicio**

#### **1.5.3.1 Propiedades del silicio**

El silicio como elemento químico es reconocido a nivel industrial por sus propiedades, semiconductoras. Aun no es considerado esencial, pero está involucrado en alguna medida en todas las formas de vida (Fontão 2010). En la tabla periódica se encuentra con 14 atómico y se presenta de las siguientes formas: como dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), que es el principal componente de la arena; Metasilicato de sodio ( $\text{Na}_2$ ) y ácido silícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_2$ ) como forma asimilable por las plantas.

### 1.5.3.2 Importancia del silicio en las plantas

Según Datnoff & Snyder (2001), el silicio se clasifica como un importante elemento que es esencial para el crecimiento de todas las especies vegetales y útil debido al efecto positivo que tiene en el desarrollo de las plantas en algunos cultivos. Con condiciones especiales, el silicio (Si) es un elemento catalogado como útil porque que tiene un efecto positivo en el cultivo de arroz, trigo y maíz, sandía más bajo en condiciones de estrés hídrico.

### 1.5.3.3 Funciones del silicio en las plantas

El silicio tiene dos funciones distintas. Primero interviene en los mecanismos metabólicos de regulación de nutrientes y fotosíntesis, y luego. En presencia de suficiente silicio, se acumula en las paredes celulares en forma cristalina y amorfa. Aumenta la ingesta de fósforo cuando es baja y la disminuye cuando es excesiva, reduce la absorción de sodio en agua salada en el suelo y también reduce los síntomas de toxicidad provocados por metales pesados como el aluminio en suelos con pH muy ácido (Fontaño 2010).

➤ **El silicio tiene por tanto una acción claramente bioestimulante.**

La función estructural del silicio se debe a la acumulación en la epidermis de hojas, tallos y frutos. Éste fortalecimiento de las paredes celulares hace que la planta sea más resistente, más dura y al mismo tiempo más flexible. Los beneficios que recibimos son importantes.

➤ **Mayor control hídrico.**

con esto hacemos a nuestras plantas más tolerantes al estrés hídrico y golpe de calor incluso en circunstancias normales, tenemos menos consumo de agua. Esta característica está adquiriendo cada vez más importancia debido a las temperaturas extremas que parecen volverse más frecuentes e intensas con el cambio climático.

#### **1.5.3.4 Síntomas de deficiencia de silicio**

Debido que este elemento que no es considerado esencial se desconoce la falta del mismo en las plantas, pero si hay cultivos que lo requieren, como por ejemplo el arroz, sandía, tomate; estos cultivos con bajo contenido del silicio tienen problemas similares a los causados por el exceso de nitrógeno: plantas más débiles, hojas y brotes más suaves, mala gestión del agua, problemas en el almacenamiento pos cosecha. El silicio por otro lado se lo puede aplicar a las plantas de manera foliar, con sus dos aplicaciones diferentes; una de ellas tenemos el caolín que es insoluble y la de aplicaciones de fórmulas solubles y asimilables (Afea 2019. )

#### **1.5.3.5 Movilidad del silicio en la planta**

El silicio está en las plantas en una concentración de 0,5 % y en otros de 5 % según sea la disposición de los diferentes cultivos, entre ellos como son el arroz y el trigo tiene mayor concentración de silicio; estos son los cultivos que reaccionan de una manera más positiva en su producción, aumentando su cosecha y también son los que sufren su deficiencia cuando no cuenta con los nutrientes necesarios, incluyendo el silicio, que es absorbido por las plantas como ácido monosilícico  $\text{Si}(\text{OH})_4$ , transportado por el xilema y su distribución en la planta depende de la velocidad de evaporación de sus distintas partes. (Intagri 2021)

#### **1.5.3.6 Tipos de fertilizantes de silicio**

Los fertilizantes que contienen silicio son: silicato de calcio, metasilicato de calcio. Estos se aplican mediante las dosis anuales de 450 kg así aumentando la disponibilidad de fósforo en suelos altamente erosionados. La aplicación de silicio se aprovecha en las plantas y ayuda a obtener una mejor producción en las cosechas (Intagri 2021)

### **1.5.3.7 El silicio y su relación con el estrés hídrico**

Según el profesor Datnoff (2004), investigador del Departamento de Fitopatología del Centro de Agricultura de la Universidad Estatal de Luisiana en los Estados Unidos, el estrés hídrico en las plantas pueden disminuir debido a diversos factores ambientales teniendo también como solución la aplicación de silicio, porque reduce la pérdida de agua en las hojas y con ello la transpiración que se produce a través de la cutícula, manteniendo el contenido de agua de la planta.

### **1.5.3.8 Influencia del silicio en la reducción del estrés hídrico**

Bernal (2015) afirma que cuando el silicio está dentro de la planta, se ubica en diferentes estructuras, se extiende a través de los tejidos y forman una capa continua entre las plantas. La cutícula consta de dos subcapas, una es gel de silicona y la otra es silicona. Ambas capas, de unas 5 micras de espesor, aíslan y protegen a la planta de factores ambientales nocivos.

### **1.5.3.9 Acción fungicida**

Las aplicaciones de silicio afectan la resistencia de la planta, reduciendo la severidad e incidencia de enfermedades, los estudios muestran que la propagación de las enfermedades ha disminuido conidios con depósitos continuos de silicio (Ortiz 2011). Aunque se obtuvieron mejores respuestas a aplicaciones edáficas que a hojas, los mecanismos de protección se producen por varias razones (Bent 2008):

- Acumulación de ácido monosilícico y su polimerización. –
- Formación de complejos con compuestos orgánicos, aumentando la resistencia a las enzimas fitopatógenas.
- Liberación de fitoalexinas: actúan directa o indirectamente sobre la plaga y/o enfermedad.

## **1.5.4 Estrés mineral**

Datnoff y Snyder (2001). se considera estrés mineral como deficiencia o exceso de minerales, provocado por factores del medio ambiente que ejerce un efecto negativo en el desarrollo de la planta. Hay elementos que describen; describen los efectos beneficiosos y las consecuencias del Si en su trabajo ejemplo el exceso de sodio, fosforo manganeso, etc.

### **1.5.5 Importancia del silicio en el cultivo de sandía**

Zaragoza (2009), indica que el silicio en su manera de ácido monosilico es absorbido por las plantas de sandía, logrando una respuesta tolerante a cualquier enfermedad y clase de estrés, lo que hacen que continúen con sus procesos de acuerdo a su etapa vegetativa, dando buenos resultados de producción al momento de la cosecha.

#### **1.5.5.1 Relación con otros elementos**

Ramac (2015) Símbolo Si, número atómico 14, peso atómico 28 086. El silicio es el elemento electropositivo más común en la corteza terrestre. Es un no metal con un brillo metálico distintivo y es muy frágil. Sus compuestos suelen ser tetravalentes, pero a veces divalentes, y su comportamiento químico es fuertemente electropositivo. Además se conocen compuestos de silicio pentacoordinados y hexacoordinados.

El elemento original silicio y sus compuestos intermetálicos se utilizan como ingredientes en aleaciones para crear una mayor resistencia al aluminio, magnesio, cobre y otros metales. El silicio metalúrgico con una pureza del 98-99% se utiliza como materia prima en la producción de compuestos organosilícicos, así como resinas, elastómeros y aceites organosilícicos. Ramac (2015).

Lenntech B (2023) Las obleas de silicio se utilizan en circuitos integrados las células fotovoltaicas, utilizadas para convertir directamente la energía solar en electricidad, utilizan obleas cortadas de monocristales de silicio de grado electrónico. El dióxido de silicio se utiliza como materia prima para la producción de silicio elemental y carburo de silicio. En los cristales piezoeléctricos se utilizan



grandes cristales de silicio. La arena de sílice fundida se convierte en vidrio de sílice, que se utiliza en laboratorios y plantas químicas y como aislante eléctrico. Las dispersiones coloidales de sílice en agua se utilizan como agentes de recubrimiento y componentes de algunos esmaltes. El silicio natural contiene 92,2% de isótopo número másico 28, 4,7% de silicio 29 y 3,1% de silicio 30. Además de estos isótopos naturales estables, también se conocen varios isótopos radiactivos artificiales.

Lenntech B (2023) El elemento silicio tiene las propiedades físicas de un metaloide similar al germanio y se ubica debajo de él en el grupo cuatro de la tabla periódica. En su forma más pura, el silicio es un semiconductor intrínseco, aunque su resistencia semiconductor puede aumentar considerablemente introduciendo pequeñas cantidades de impurezas. El silicio se comporta químicamente como los metales. Es casi tan electropositivo como el estaño y mucho más electropositivo que el germanio o el plomo. De acuerdo con este carácter más bien metálico, forma tetracaciones y diversos compuestos covalentes; aparece sólo como ion negativo en algunos siliciuros y como componente positivo de oxoácidos o aniones complejos. Forma varias series de hidruros, varios haluros (algunos de los cuales contienen enlaces silicio-silicio) y muchas series de compuestos que contienen oxígeno, que pueden ser de naturaleza iónica o covalente.

El silicio se presenta en muchas formas de dióxido y en innumerables silicatos naturales. Para el análisis de la estructura y composición de las categorías representativas. Debido a su abundancia, el silicio es más abundante que cualquier otro elemento excepto el oxígeno. Constituye el 27,72% de la corteza sólida de la Tierra, mientras que el oxígeno constituye el 46,6% y el aluminio, el segundo elemento después del silicio, el 8,13%. Se sabe que el silicio forma compuestos con 64 de los 96 elementos estables y puede formar siliciuros con otros 18 elementos. Además de los siliciuros metálicos ampliamente utilizados en metalurgia, también forma compuestos importantes y frecuentemente utilizados con hidrógeno, carbono, halógenos, nitrógeno, oxígeno y azufre. Además, también se han preparado derivados organosilícicos. Lenntech B (2023)

### **1.5.5.2 Silicio y calcio**

Bent (2008), afirma que una cierta cantidad de silicio es necesaria en un suelo rico en agua; la planta comienza a usar calcio (inmóvil). El silicio fortalece las paredes celulares de las plantas y el sistema vascular, facilita la absorción de calcio en el suelo por el agua.

Las más vulnerables son las plantas con poca o insuficiente nutrición; en la relación Si y Ca, elementos utilizados como fertilizantes foliares mejoran la nutrición y calidad de los cultivos, y la resistencia a enfermedades, porque promueven la durabilidad de las paredes celulares y prolonga la vida pos cosecha. Delgado et al. (2006), cita el trabajo de confirmación anterior (Marschner 1995), con la reacción de calcio y silicio de la siguiente manera:

- ✚ El calcio promueve las plantas al estabilizar las biopelículas.
- ✚ Aumenta el contenido de pectatos de calcio, lo que aumenta la inmunidad, desintegración de tejidos bajo la influencia de sustancias liberadas por patógenos.
- ✚ El calcio transmite señales en la planta que responden a la infección, en términos de elongación y crecimiento celular.

### **1.5.5.3 Relación de silicio - potasio – fósforo - y micronutrientes**

El silicio aumenta la absorción de potasio (K) en el suelo; tal es la difusión de su desplazamiento y reemplazar el tratamiento de plantas con potasio para endurecer y promover el fructificación, además de la maduración, aumentando la tolerancia de la planta al alto contenido de nitrógeno.

El silicio dentro de la planta aumenta la utilización de P en las partículas de arcilla del suelo, reduce la lixiviación de fósforo y potasio en suelos ligeros. Del mismo modo, reduce la absorción de manganeso (Mn), hierro (Fe) y otros metales pesados, precipitación de compuestos formados por silicio (Si-Mn), lo que mejora la tolerancia a la toxicidad, debido a los elementos del suelo o una mejor distribución (Salazar 2011).

## 1.6 Investigaciones realizadas en el Ecuador.

Según Toresano (2008), El silicio (Si) es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre; sus efectos sobre la nutrición de las plantas están documentados desde mediados del siglo XIX. El silicio juega un papel importante en la rigidez estructural de las paredes celulares. Se absorbe como ácido monosilícico ( $H_4SiO_4$ ) y se polimeriza por deshidratación hasta concentrarse en la epidermis de las células como silicio biomorfo ( $SiO_2$ ).

En algunas especies vegetales, como el arroz (*Oryza sativa*), la proporción es superior al 10% de su peso seco, incluso más que el nitrógeno y el potasio. En plantas de asimilación pasiva o selectiva más que acumuladoras, como Solanáceas y Cucurbitáceas, el porcentaje de silicio absorbido y presente en la planta es menor, pero su presencia puede resultar significativamente beneficiosa en situaciones de estrés biótico y abiótico de la planta. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización con ácido monosilícico sobre el rendimiento y calidad de sandías Toresano (2008).

Según Camacho (2008), En cuanto a los parámetros de calidad, los resultados más relevantes mostraron que la adición de silicio mejoró la consistencia de la pulpa y el espesor de la cáscara de la sandía.

El aporte de silicio en forma de monosilicatos a cultivos hortícolas protegidos puede mejorar su respuesta productiva ante situaciones de estrés abiótico durante su desarrollo; En condiciones normales de invernadero y microclimas óptimos, este efecto puede reducirse significativamente a insignificante. Sin embargo, la adición de silicio a la solución nutritiva mejoró los parámetros de calidad de la fruta independientemente de las condiciones externas.

### **1.6.1 Hipótesis**

**Ho:** El Uso del Silicio en la reducción del estrés hídrico de la planta de sandía (*Citrullus lanatus* L.) en el Ecuador. No tiene un alto consumo para reducir el tipo de estrés hídrico en el cultivo de sandía en el Ecuador.

**Ha:** El uso del silicio en la reducción del estrés hídrico de la planta de sandía (*Citrullus lanatus* L.) en el Ecuador. Pero si tiene un alto consumo en otros cultivos y así evitar este tipo de enfermedad en las plantas.

### **1.7 Metodología de la investigación**

La presente investigación se llevó a cabo investigando fuentes como en la web, en texto, libros, revistas, editoriales que contenga información relevante al tema de que trata este trabajo investigativo.

## **CAPITULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACION**

#### **2.1 Desarrollo del caso**

Este documento proporciona información relacionada al uso del silicio en la reducción del estrés hídrico de la planta de sandía (*Citrullus lanatus* L.) en el Ecuador. Desde un enfoque altamente de nutrientes exagerado en nuestra agricultura que están provocando el estrés en las plantas, como el estrés hídrico, con el mal manejo de agua por lo que considero investigar este elemento, que por lo general no se considera en la nutrición de las plantas. El silicio tiene un efecto en la pérdida de agua de la planta, así evita el estrés en las plantas de la sandía.

#### **2.2. Situaciones detectadas (hallazgos)**

Muchos de los agricultores no tienen conocimiento de correcto manejo del cultivo, solo tratan de beneficiar las plantas a su antojo, pero no realizan una nutrición adecuada a la plantas, usan fertilizantes sin la ayuda de un técnico que les brinde una asesoría técnica de cómo llevar el cultivo de sandía, dando a conocer todos los elementos y el porcentaje de cada uno de ellos dentro del cultivo, y a la vez darle un riego adecuado durante cada estadio de vida de la planta, donde repercute el problema de estrés hídrico en el cultivo. Con esta investigación se ha demostrado que el uso de un elemento que no es considerado esencial, pero que lo tenemos a nuestra disposición en el suelo y fertilizantes ayuda a que nuestras plantas no sufran este problema, debido al mecanismo que presenta en la planta en su forma de ácido monosilico, que se adhiere, convirtiéndolas en plantas sanas.

#### **2.3. Soluciones planteadas.**

Se debe tener conocimiento acerca de todo lo que afecta al desarrollo normal del cultivo de sandía. Es muy importante aumentar la educación de los agricultores, respecto a las plagas y enfermedades que atacan al cultivo de sandía, así como los diferentes tipos de estrés que se pueden presentar.

## **2.4. Conclusiones**

Por lo antes expuesto anteriormente se concluye:

Debemos conocer nosotros como agricultores que somos dedicados a nuestro cultivo de sandía debemos tener muy en cuenta el manejo del mismo desde el inicio hasta el final del cultivo tanto de cómo prevenir esta enfermedad del estrés hídrico en nuestro cultivo que no mas se da por nuestro incumplimiento el no saber darles a nuestras plantas lo que necesitan si no que nos fijamos en lo que nosotros decimos y eso es, pero no es lo que nuestro cultivo necesita.

El propósito de este trabajo fue demostrarles a ustedes hermanos agricultores que si podemos hacer las cosas bien utilizando un buen uso de los nutrientes incluyendo todos en este caso portando silicio a nuestras plantas para así evitar esta enfermedad de estrés de sequía y proporcionando la óptica cantidad de agua necesaria.

## **2.5. Recomendaciones**

Entre las recomendaciones tenemos

Hacer un reconocimiento del cultivo, para identificar las necesidades del mismo.

Conocer la cantidad de nutrientes y agua que se está aplicando al cultivo, para que no se presente problemas de sequía y estrés hídrico en las plantas de sandía.

Utilizar el silicio para la reducción del estrés hídrico del cultivo de sandía.

### III. BIBLIOGRAFIA

AgroEs.es. 2014. Sandía, taxonomía, y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico. (en línea). 1. Disponible en <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos/huertohttps://www.micex.es/leccion/1-plagas-de-los-cultivos/ahorticultura/sandia/368-sandia-descripcion-morfologia-y-ciclo>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma). 2006. Sistema de semillas de calidad declarada. Roma, Italia. 267 p.

Chemonics International, Inc. 2010. Guía para el cultivo de sandía (*Citrullus Lanatus*) (en línea). Consultado el 12 de julio 2023. Disponible en <https://interadminuaem.files.wordpress.com/2010/06/programa-de-diversificacion-horticola-cultivo-de-sandia.pdf>

Catellanos, G. L. (2015). Papel del silicio. *Revista Cultivos Tropicales*. Vol. 36. La Habana, Cuba, 36. disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y-proteccion-vegetal>

BENT, E. 2008. Ácido silícico. Cultivar de acuerdo con la naturaleza Parte I- II. Bérnago. Italia. Pág. 6-15. Disponible en línea: [www.hortcom.files.wordpress.com](http://www.hortcom.files.wordpress.com). Consultado el día 09 de agosto de 2023.

infoagro 2021.morfología y taxonomía del cultivo de sandía. Disponible en línea: [https://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/sandia.htm](https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/sandia.htm) consultado el día 08 de agosto de 2023.

BERNAL, J. 2015. El silicio y los diferentes tipos de estrés abiótico. Información comercial. Mejisulfatos. Itagüí, Antioquia. Disponible en: [www.mejisulfatos.com](http://www.mejisulfatos.com)

FONTAO, O. 2010. El silicio y la resistencia de las plantas al ataque de hongos patógenos. Brazilian Agricultural Research Corporation Ministry of



Agriculture. Disponible en línea: <http://diatom.com.br>. Consultado el día 09 de agosto de 2023.

SALAZAR, G. 2011. Las virtudes del silicio. Blog Cultivo de plátano. Fertilización. Disponible en: [www.cultivodeplatano.com](http://www.cultivodeplatano.com). Revisado e agosto de 2023.

. RAMAC, 2015. Rappaccioli McGregor S.A. Foro informativo. Agrouímicos de Nicaragua. Disponible en: [www.ramac.com.ni](http://www.ramac.com.ni).

ORTIZ, J. 2011. Silicio en sandia. Artículo Trabajo de investigación “Efecto del silicio en crecimiento, contenido de clorofila y calidad de fruto de la sandía”, Chapingo. México. Disponible en línea: <http://www.hortalizas.com>. Consultado junio de 2023.

. LANDELL, J. 2003. Fertilización con silicio, cultivos más fuertes. Soluciones técnicas. Innovación agrícola de Agroindustrias del Norte. México. Disponible en línea: <http://www.innovacionagricola.com>. Consultado el día 10 de agosto de 2023.

MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. London, UK. Disponible en: [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org). Consultado en agosto 10 de 2023.

DATNOFF, L.E.; SNYDER, G; KORNDORFER, G. 2001. Silicon in agriculture. University of Florida –IFAS. Belle Glade, FL. USA. Elsevier Science B.V. First Edition. 371pp.

Academia.edu. 2021. EL CULTIVO DE LA SANDIA (en línea). . Disponible en [https://www.academia.edu/35605407/EL\\_CULTIVO\\_DE\\_LA\\_SANDIA\\_1\\_INTRODUCCI%C3%93N\\_DEL\\_CULTIVO\\_DE\\_LA\\_SANDIA](https://www.academia.edu/35605407/EL_CULTIVO_DE_LA_SANDIA_1_INTRODUCCI%C3%93N_DEL_CULTIVO_DE_LA_SANDIA).

Flugsa. 2021. EL CULTIVO DE LA SANDÍA (en línea). 1. Disponible en <https://fflugsa.tripod.com/sandia.htm>.

Jara, FSC. 2020. "ADAPTABILIDAD DE TRES HÍBRIDOS DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) EN EL CANTÓN PATATE". 1:64

Peñarrieta Olvera, LM. 2015. "PRODUCCIÓN DE SANDIA (*Citrullus lanatus*) CON DOS SISTEMAS DE TUTOREO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL LA PLAYITA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ 2015". 1 1:52.

WIKIFARMER. 2017. CULTIVAR SANDÍAS CON FINES DE LUCRO – GUÍA COMPLETA DE CULTIVO DE PRINCIPIO A FIN (EN LÍNEA). 1. DISPONIBLE EN <https://wikifarmer.com/es/cultivar-sandias-con-fines-de-lucro-guia-completa-decultivo-de-principio-a-fin/>

TORESANO SÁNCHEZ. 2008. EL SILICIO EN LA AGRICULTURA INTENSIVA BAJO PLÁSTICO. EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN SOLANÁCEAS Y CUCURBITÁCEAS. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=222669>

Lenntech B (2023) EFECTOS AMBIENTALES DEL SILICIO DISPONIBLE <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/si.htm>