



Efecto de diferentes dosis de Silicio en la aplicación  
foliar para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la  
zona de Mariscal Francisco Solano López –  
Caaguazú, Paraguay

Effect of different doses of Silicon in foliar application for  
corn (*Zea mays* L.) cultivation in the area of Mariscal  
Francisco Solano López – Caaguazú, Paraguay

Anderson Gonsalves de Oliveira

 0009-0009-5075-6854

Universidad Privada del Este  
anderssonsantarita@gmail.com

Oscar Andrés Fernández Molina

 0009-0008-2098-3952

Universidad Privada del Este  
oscar.fermo@outlook.com

Cesar Ricardo Almada Gonzalez

 0009-0008-5234-6042

Universidad Privada del Este  
almadajunior198@gmail.com

Ariel Aguilera Portillo

 0009-0004-2947-6878

Universidad Privada del Este  
arielaguileraportillo2017@gmail.com

**Cita en APA:** Gonsalves, A., Almada, C., Fernández, O. & Aguilera, A. (2024). Efecto de diferentes dosis de Silicio en la aplicación foliar para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la zona de Mariscal Francisco Solano López – Caaguazú, Paraguay. *Revista Latinoamericana de Ciencias Agrarias*, 2(2), pp. 14 - 22.



## Resumen

El Silicio (Si) es un elemento muy importante para las gramíneas y por dicho motivo la presente investigación plantea como objetivo principal evaluar el efecto de diferentes dosis progresivas de silicio en el cultivo de maíz. La misma se realizó en la ciudad de Mariscal Francisco Solano López - Caaguazú, Paraguay; tal región posee un suelo de orden Rhodic Kandiudox que se caracteriza por ser de alto potencial de producción dadas sus excelentes propiedades físicas. Para el desarrollo de la investigación se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), se emplearon 5 tratamientos con 4 repeticiones, abarcando 20 unidades experimentales, las cuales se establecieron dentro de un área total de 663 m<sup>2</sup>. El silicio fue aplicado en la etapa fenológica V8, vía foliar, y los tratamientos fueron: T1: testigo, T2: 0.5 kg/ha, T3: 1.0 kg/ha, T4: 1.5 kg/ha, T5: 2.0 kg/ha. Las variables evaluadas fueron la altura de la planta, longitud de mazorca, peso de 1000 semillas y rendimiento final en kg/ha. Los resultados fueron sometidos al análisis de varianza y comparados por la prueba de Tukey con una probabilidad de error del 5%. Según los resultados, para la altura de la planta no se obtuvo diferencias significativas, sin embargo, para la longitud de la mazorca y el peso de 1000 semillas se obtuvo un p-valor menor a 0,05 indicando así que hubo una diferencia significativa entre los tratamientos; con respecto al rendimiento final se obtuvo una diferencia de 4.9% entre el T1 y T5.

**Palabras clave:** altura, longitud, rendimiento

## Abstract

Silicon (Si) is a very important element for grasses and for this reason the present research aims to evaluate the effect of different progressive doses of silicon in corn crops. It was carried out in the city of Mariscal Francisco Solano López - Caaguazú, Paraguay; this region has a Rhodic Kandiudox soil that is characterized by high production potential given its excellent physical properties. For the development of the research, the completely randomized block design (CRBD) was used, 5 treatments with 4 repetitions were used, covering 20 experimental units, which were established within a total area of 663 m<sup>2</sup>. silicon was applied at the V8 phenological stage, via foliar, and the treatments were: T1: control, T2: 0.5 kg / ha, T3: 1.0 kg / ha, T4: 1.5 kg / ha, T5: 2.0 kg / ha. The variables evaluated were plant height, ear length, weight of 1000 seeds and final yield in kg/ha. The results were subjected to analysis of variance and compared by the Tukey test with a probability of error of 5%. According to the results, for plant height no significant differences were obtained, however, for ear length and weight of 1000 seeds a p-value less than 0.05 was obtained, thus indicating that there was a significant difference between the treatments; with respect to final yield a difference of 4.9% was obtained between T1 and T5.

**Key Words:** height, length, performance



## Introducción

El maíz es el cereal más ampliamente cultivado en todo el mundo, pero el cultivo tiene algunas exigencias nutricionales, como el Silicio (Si) que puede ayudar a mejorar el rendimiento. Según Botelho et al. (2005), el silicio es un elemento útil y beneficioso para las plantas, ya que cuando estas se encuentran en un ambiente enriquecido con el nutriente difieren de las cultivadas con deficiencia del mismo, principalmente, en la composición química, resistencia mecánica de las células, tolerancia al estrés abiótico y biótico, como a plagas y enfermedades. La superficie estimada del maíz en el año 2024 es de 750.000 has, con una producción comercial de 3.185.000 toneladas y rendimiento promedio de 4.256 kg/ha y de la alta demanda mundial; las exportaciones de maíz casi triplicaron su volumen, en comparación con el mismo periodo del 2021, destaca el informe de Comercio Exterior de la Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO, 2024).

Según Veas (2020), el silicio es el segundo elemento en mayor cantidad disponible en la corteza terrestre, y se puede encontrar abundantemente en la litosfera, pero el silicio solo puede ser absorbido por las plantas en forma de ácido monosilícico. Las monocotiledóneas (principalmente las gramíneas) como el arroz, trigo, maíz y otros pastos acumulan entre un 5 y un 10 % de silicio en sus tejidos, lo que es más alto que los valores normales de otros macronutrientes como el Nitrógeno (N) o Potasio (K). Vincas (2021), aplicando dosis progresivas de SiO<sub>2</sub> en el cultivo de maíz, tuvo rendimiento estadísticamente superior comparados con el testigo (T1).

En los estudios más recientes, resaltan que la aplicación del silicio permite mejorar las propiedades químicas del suelo, como la acidez, y aumentar la disponibilidad de algunos nutrientes como el calcio, magnesio, zinc y boro, especialmente en suelos con pH bajo o expuestos a la degradación por factores abióticos (Michajluk et al., 2019). En tal sentido, el objetivo principal del trabajo es evaluar el efecto de diferentes dosis de silicio en el cultivo de maíz y, específicamente, analizar la altura final de la planta, longitud de la mazorca, peso de mil semillas de maíz y el rendimiento.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en la localidad de Santa Teresa, que pertenece al Distrito de Mariscal Francisco Solano López, Departamento de Caaguazú – Paraguay. Los suelos de la zona pertenecen al orden Oxisol, subgrupo taxonómico Rhodic Kandiodox (López et al., 1995). Las precipitaciones, en promedio, son de entre 1.650 y 1.700 mm anuales (DINAC, 2024). El enfoque de la investigación fue de carácter cuantitativo y el diseño experimental utilizado es el de bloques completamente al azar (DBCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones totalizando 20 unidades experimentales. Los tratamientos se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Diferentes dosis de silicio, aplicado al cultivo de maíz. UPE-2024

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis de Silicio (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>T 1</b>	0
<b>T 2</b>	0,5
<b>T 3</b>	1,0
<b>T 4</b>	1,5
<b>T 5</b>	2,0

**Fuente:** Elaboración propia

La siembra fue de manera mecanizada sobre rastrojos de una mezcla de abonos verdes (nabo, avena y centeno) en sistema de siembra directa (SSD) con una población de 65.000 plantas por hectárea. El 21 de enero de 2024 se procedió a la cosecha manual de las plantas contenidas en el área útil de las unidades experimentales (7,5 m<sup>2</sup>), totalizando 150 m<sup>2</sup> de área cosechada. Las variables evaluadas fueron las siguientes: altura final de la planta, longitud de mazorca, peso de mil semillas y rendimiento.

La altura de la planta se evaluó con la utilización de una cinta métrica. 10 plantas de la parcela útil fueron seleccionadas al azar, se midieron desde la base de la planta hasta la punta de la inflorescencia masculina (Panoja), que fueron registradas en metros (m) y promediadas por cada unidad experimental.

Para la medición de la longitud de mazorca fueron seleccionadas 10 espigas al azar de la parcela útil. Mediante la utilización de una cinta métrica se midió desde la base hasta el extremo superior y, posteriormente, se promediaron dichas mediciones. Los datos fueron expresados en centímetros (cm).

Para evaluar el peso de mil granos de la parcela útil fueron recolectados, de forma aleatoria en cada unidad experimental, 100 granos en diez repeticiones. Posteriormente, fueron pesados en una balanza de precisión y sumados. Finalmente, del resultado de cada medición, se determinó el peso de mil semillas (PMS).

La evaluación del rendimiento se realizó una vez alcanzado el punto de madurez fisiológico de la planta con el índice de humedad de granos adecuado (lo más aproximado a 14% de humedad). Fueron cosechadas las espigas de la parcela útil de cada unidad experimental —las 3 líneas del medio de 5 metros de largo (7,5 m<sup>2</sup>)— teniendo en cuenta el efecto borde. Luego, de forma manual, se realizó el desgranado, embolsado y pesado de los granos con una balanza de precisión, los resultados fueron expresados en kg/ha.

Los datos registrados de cada variable fueron sometidos al Análisis de Varianza (ANAVA) mediante el software INFOSTAT para determinar si existen diferencias

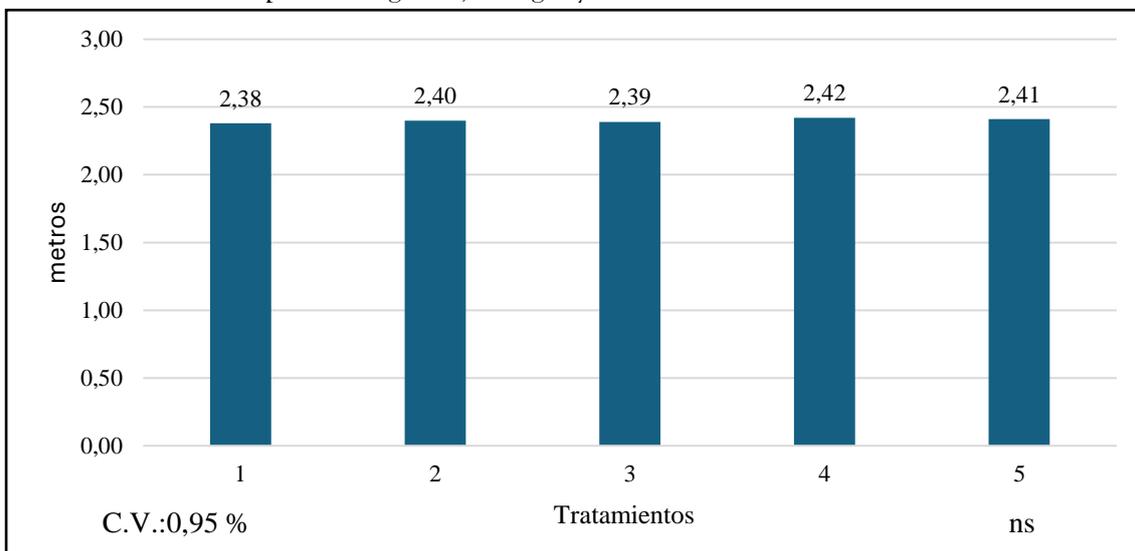
significativas entre los tratamientos; en caso de existir, se aplicó la prueba de comparación de medias a través de Tukey al 5% de probabilidad de error.

### Resultados

En este apartado se exponen los resultados obtenidos de todas las variables analizadas para cada uno de los tratamientos. Después de llevar a cabo el ANAVA y en ciertas situaciones identificar una diferencia estadística, se llevó a cabo la comparación mediante el Test de Tukey, con un nivel de significancia del 5%.

La evaluación de la altura de planta, se aprecia en la Figura 1. Según El ANAVA, no hay diferencia significativa estadísticamente entre los tratamientos porque el valor p es superior a 0,05.

**Figura 1.** Valores de medias de la variable altura final de planta del cultivo de maíz, obtenidas mediante la aplicación foliar de silicio en diferentes dosis. Distrito de Mariscal Francisco Solano López – Caaguazú, Paraguay 2023. UPE-2024



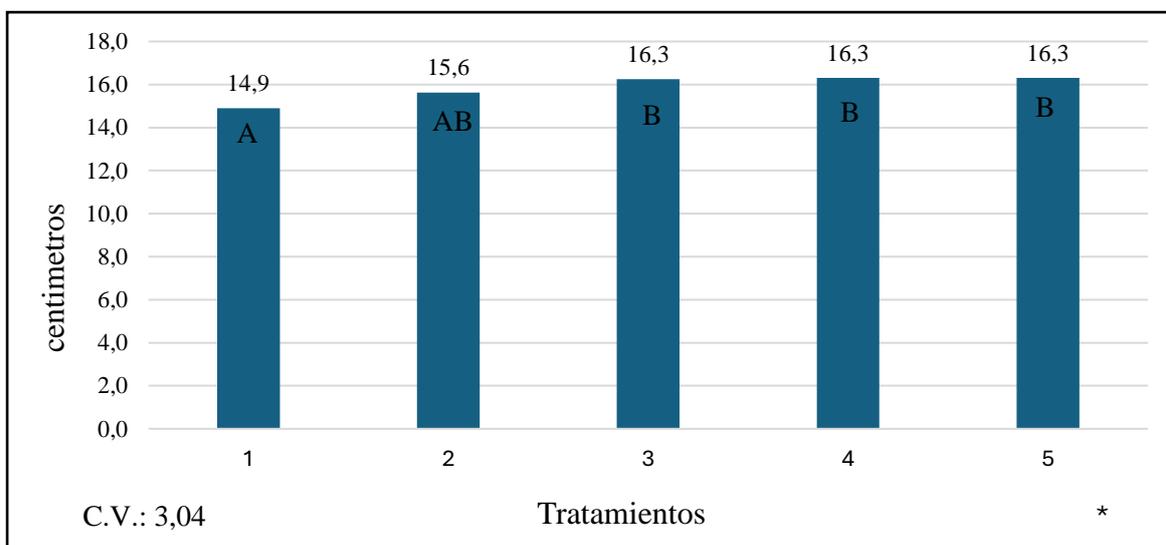
ns: no significativo al 5% de probabilidad de error

**Fuente:** Elaboración propia

La falta de significancia estadística en nuestras comparaciones se plantea por diversas razones que podrían ser los factores externos cómo la temperatura, humedad, precipitaciones y condiciones edafológicas (compactación de suelo, acidez, porosidad, etc.) que influyen en los resultados.

Según el ANAVA, el p-valor es menor a 0,05, indicando así que hay una diferencia significativa entre los tratamientos para la variable longitud de la mazorca. Se observa en la Figura 2 que, de acuerdo con la comparación de medias mediante el Test de Tukey, los tratamientos 3, 4 y 5 son los mejores en comparación al testigo.

**Figura 2.** Valores de medias de la variable longitud de mazorcas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), obtenidas mediante la aplicación foliar de silicio en diferentes dosis. Distrito de Mariscal Francisco Solano López – Caaguazú, Paraguay 2023. UPE-2024

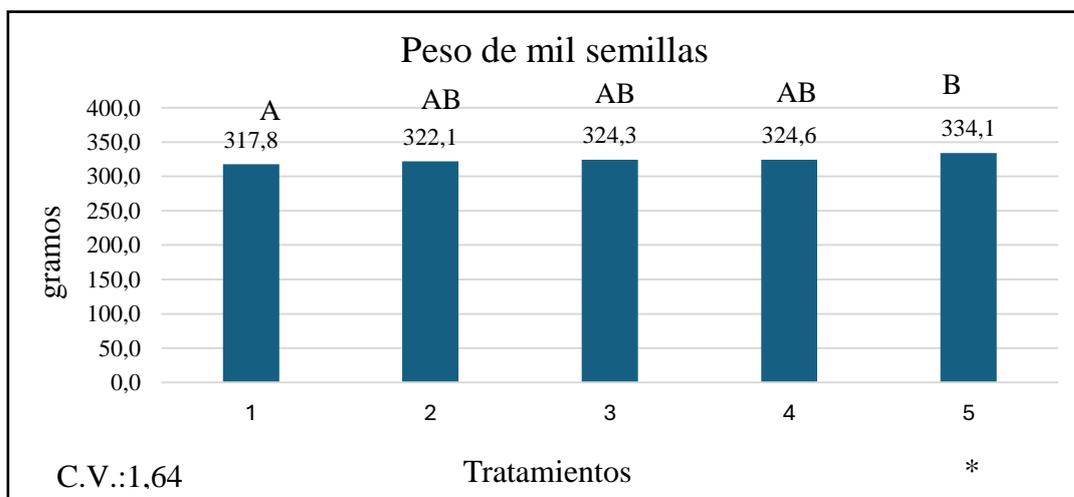


**Nota:** \*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al ANAVA, el p-valor es menor a 0,05, indicando así que hay una diferencia significativa entre los tratamientos para la variable PMS. Se observa en la **Figura 3** que, de acuerdo a la comparación de medias mediante el Test de Tukey, se puede destacar que hay diferencia entre el T1 y T5.

**Figura 3.** Valores de medias de la variable PMS del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), obtenidas mediante la aplicación foliar de silicio en diferentes dosis. Distrito de Mariscal Francisco Solano López – Caaguazú, Paraguay 2023. UPE-2024



**Nota:** Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

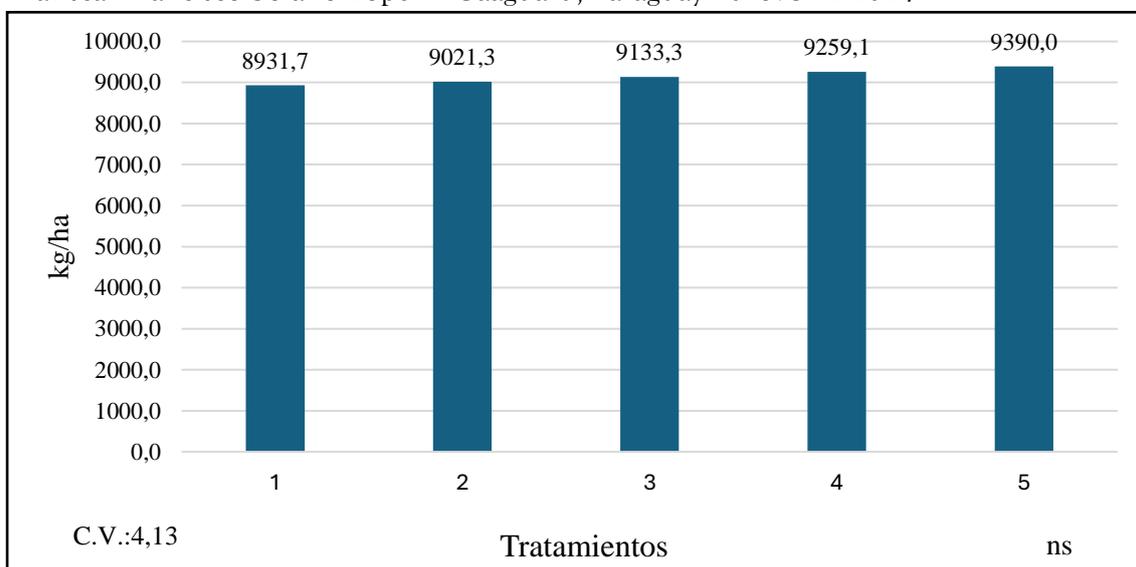
**Fuente:** Elaboración propia

Es relevante considerar que el peso de mil semillas es una medida que se ve influenciada por diversos factores, incluyendo la genética, el clima y las prácticas agronómicas. Las diferencias en los resultados indican adaptaciones específicas de la población de plantas bajo estudio a las condiciones particulares de nuestro experimento.

### Rendimiento de grano

Según el análisis de varianza (ANOVA), el p-valor es mayor a 0,05, indicando así que no hay diferencia significativa entre los tratamientos para la variable rendimiento. En la **Figura 4** se observan los resultados de rendimiento que oscilan entre 8.931,7 y 9.390 kg ha<sup>-1</sup>.

**Figura 4.** Valores de medias del rendimiento final en kilogramos por hectáreas del cultivo de maíz, obtenidas mediante la aplicación foliar de silicio en diferentes dosis. Distrito de Mariscal Francisco Solano López – Caaguazú, Paraguay 2023.UPE-2024



ns: no significativo al 5% de probabilidad de error

**Fuente:** Elaboración propia

### Discusión

Con relación a la variable altura de planta no hubo efecto de la aplicación de silicato vía foliar, este hallazgo coincide con las investigaciones previas de Martínez (2017) y Sánchez (2018), quienes también reportaron resultados similares en sus investigaciones, donde evaluaron el efecto del silicio en los cultivos de maíz.

Por otro lado, la variable longitud de la mazorca fue afectada por la aplicación de silicio. Los resultados difieren a los encontrados por Sánchez (2018), en cambio, coinciden con los de la investigación de Jiménez (2016), en la cual se afirma que el silicio aumenta la longitud de la mazorca con relación al testigo.

Los resultados de PMS revelaron una diferencia significativa en el peso de mil semillas, en contraste con los hallazgos de Sánchez (2018) y Martínez (2017), quienes no reportaron diferencia.

En la evaluación del rendimiento de grano, tanto en el presente estudio como en el trabajo de Martínez (2017), se observó que no hubo diferencia significativa, lo cual contrasta con los resultados obtenidos por Sánchez (2018). Se puede mencionar que los rendimientos obtenidos en el experimento son muy superiores al promedio nacional y destacar que, durante el período del experimento, la parcela de maíz no sufrió estrés hídrico dado que la precipitación estuvo bien distribuida, con un valor acumulado de 1213 mm al final del experimento.

Es importante señalar que la no significancia estadística en nuestras pruebas no descarta la posibilidad de obtener nuevos resultados, donde el silicio influya positivamente en esta variable, lo que podría ser contrastado en futuras investigaciones.

## Conclusión

La aplicación de dosis crecientes de silicio mejora el peso de mil semillas y la longitud de la mazorca de maíz, más no así la altura ni el rendimiento. Por otro lado, se puede destacar que el rendimiento fue muy superior al promedio nacional y con las dosis crecientes del silicio se tiene una respuesta favorable en cuanto al rendimiento de grano del maíz en comparación al testigo, lo cual resulta interesante desde el punto de vista del productor.

## Referencias

- Botelho, D. M. S., Pozza, E. A., Pozza, A. A., Carvalho, J. G. D., Botelho, C. E., & Souza, P. E. D. (2005). Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. *Fitopatologia Brasileira*, 30, 582-588. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/fb/a/D6MhLWtGQXpGYLVcK8GTgpC/?format=pdf&lang=pt>
- CAPECO (2024). Área de siembra, producción y rendimiento del maíz. Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas. Recuperado el 23 de noviembre de 2024 de <https://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>
- Veas Parrales, K. R. (2020). *Importancia del Silicio como acondicionador de suelos para la producción de cultivos de ciclo corto* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2020). Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8198>

Efecto de diferentes dosis de Silicio en la aplicación foliar para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la zona de Mariscal Francisco Solano López - Caaguazú, Paraguay

Michajluk, J., Gómez, R., Moreno H., Leguizamón, C. & Cabello, J. (2019). Evaluación del contenido de silicio en suelo a través de técnicas analíticas nucleares. Universidad Nacional de Asunción. Disponible en: <http://scielo.iics.una.py/pdf/ucsa/v6n3/2409-8752-ucsa-6-03-18.pdf>

López, O., González, E., De Llamas, P., Molinas, A., Franco, S., García, S., & Ríos, E. (1995). Estudio de Reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la Región Oriental del Paraguay. Asunción: MAG. Disponible en: <https://www.geologiadelparaguay.com/Estudio-de-Reconocimiento-de-Suelos-Regi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf>

(DINAC, 2024). DINAC (2018). Dirección de Meteorología e Hidrología. Disponible en: <https://www.meteorologia.gov.py/>

Martinez Acosta, G. D. (2017). Efectos de la aplicación de silicio y fosfito de potasio en la variedad de arroz SFL-09 Oriza sativa L (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil). Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18029>

Sánchez Dumes, N. C. (2018). *Efecto de la aplicación de silicio y fertilización sobre el comportamiento agronómico del cultivo de maíz Zea mays L* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil). Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29001>

Jiménez Franco, E. D. (2016). Evaluación de dosis y fuentes de silicio líquido aplicado foliarmente en el cultivo de maíz *Zea mays* L. (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil). Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13976/1/Jim%20Franco%20Elvis%20Damian.pdf>