



APLICACIÓN FOLIAR DE TIERRA DE DIATOMEAS EN EL CICLO VEGETATIVO DEL TOMATE

FOLIAR APPLICATION OF DIATOMACEOUS EARTH DURING THE VEGETATIVE CYCLE OF TOMATO

Alexandre Casanatto Recalde^{1*} , Derlys Fernando López Ávalos¹  y Wilfrido Daniel Lugo Pereira¹ 

¹ Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

*Autor por correspondencia: xandrecasanatto@gmail.com

RESUMEN

El objetivo general del trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación foliar de tierra diatomeas en el ciclo vegetativo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). El experimento se realizó en la Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias en el área de Horticultura, circunscrita en las coordenadas 23°41'33" Sur 57°41'09" Oeste, elevado 160 msnm. El experimento realizado tuvo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con doce tratamientos y tres repeticiones en un esquema bifactorial; Factor A: Estadios fenológico (etapa inicial, desarrollo vegetativo y floración), Factor B: Dosis de Tierra diatomeas (0; 1,5; 2,0 y 2,5 kg ha⁻¹). Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 3 × 1 metros, totalizando 3 m² por cada parcela. Las determinaciones evaluadas fueron: número de frutos, peso promedio de frutos por planta, diámetro y longitud de frutos y rendimiento. Los valores obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza, y las medias comparadas entre sí por el Test de Tukey al 5%. Los resultados mostraron que la aplicación de tierra de diatomeas en diferentes estadios fenológicos mostró diferencias significativas en el número de frutos por planta, peso promedio por fruto y rendimiento, destacándose el estadio de floración. En cuanto a las dosis evaluadas, se observaron diferencias estadísticas significativas en todas las variables, siendo la aplicación foliar de 2,5 kg ha⁻¹ la más eficiente.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill., tierra de diatomeas, rendimiento

ABSTRACT

The general objective of this study was to evaluate the effect of the foliar application of diatomaceous earth during the vegetative cycle of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). The experiment was conducted at the National University of Concepción, Faculty of Agricultural Sciences, in the Horticulture area, located at coordinates 23°41'33" S, 57°41'09" W, at an altitude of 160 meters above sea level. The experiment followed a Randomized Complete Block Design (RCBD), with twelve treatments and three replications, arranged in a two-factor scheme: Factor A: Phenological stages (early stage, vegetative development, and flowering). Factor B: Diatomaceous earth doses (0; 1,5; 2,0, and 2,5 kg ha⁻¹). Each experimental unit measured 3 × 1 meters, totaling 3 m² per plot. The evaluated parameters included fruit number, average fruit weight per plant, fruit diameter and length, and yield. The obtained values were subjected to Analysis of Variance (ANOVA), and treatment means were compared using Tukey's test at 5% probability. The results showed that the application of diatomaceous earth at different phenological stages led to significant differences in the number of fruits per plant, average fruit weight, and yield, with the flowering stage showing the most notable effect. Regarding the evaluated doses, statistically significant differences were observed in all variables, with the foliar application of 2.5 kg ha⁻¹ proving to be the most effective.

Keywords: *Lycopersicon esculentum* Mill., diatomaceous earth, yield.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas más importantes del mundo en superficie cultivada y volumen de producción Magaña-Lira et al., (2013). Su cultivo ha tenido una gran evolución tecnológica, tanto en sistemas de producción como en mejoramiento genético (Gascuel et al., 2017).

El tomate rastrero es un cultivo de crecimiento determinado, tiene forma de arbusto y la producción se obtiene en un periodo relativamente corto, ésta es una característica muy importante cuando se quiere aprovechar buenos precios en el mercado, pues permite concentrar las cosechas además de poder mecanizar esta labor (Vicente et al., 2015).

La producción nacional de tomate enfrenta limitaciones debido al bajo rendimiento y a la concentración de la cosecha en periodos específicos del año, lo que genera marcadas fluctuaciones en los precios y afecta negativamente tanto a productores como a consumidores.

Los estadios fenológicos son de suma importancia, ya que el conocimiento de las necesidades climáticas de una especie vegetal permite una mejor elección del tipo de producción a implementar. Es importante además conocer los estadios más críticos de la planta para que de esa forma se pueda realizar la aplicación de nutrientes y la mejor asimilación de las mismas (Shahrajabian et al., 2021).

El uso indiscriminado de agroquímicos en la agricultura ha generado impactos negativos sobre la vida biológica del suelo, afectando su equilibrio natural y reduciendo drásticamente la presencia de organismos beneficiosos, e incluso provocando su desaparición en algunos casos. Además, estos productos contribuyen a la contaminación de fuentes hídricas a través de la escorrentía, comprometen la seguridad alimentaria, aceleran la pérdida de biodiversidad y representan serios riesgos para la salud humana, animal y vegetal (Del Puerto et al., 2014).

Por lo anterior se busca nuevas alternativas para contrarrestar toda esta problemática; se propone reemplazar los agroquímicos por compuestos con base orgánica o biológica que no impacten negativamente el medio ambiente, la seguridad alimentaria y el sistema de productividad ya que para los agricultores esta última es la más importante porque genera rentabilidad (Pernía y Sanabria, 2021). En este sentido una alternativa por sus bondades con la naturaleza es la tierra diatomeas.

Una gran ventaja de la tierra de diatomeas es que al estar compuesta por algas unicelulares fosilizadas actúa como un excelente fertilizante. Contiene una gran cantidad de minerales y micronutrientes que cuesta de encontrar en muchos fertilizantes, que generalmente se basan exclusivamente en el nitrógeno, el potasio y el fósforo, dejando de lado ciertos nutrientes que, aunque necesarios en menor cantidad, son esenciales para una buena salud vegetal (Rosique, 2020).

El objetivo general del trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación foliar de tierra de diatomeas en el ciclo vegetativo del tomate mediante el conteo de número de frutos por plantas, la determinación del peso promedio de frutos por plantas, la medición del diámetro ecuatorial y longitudinal de los frutos y determinación del rendimiento en kg ha⁻¹.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es del tipo experimental mixto. El experimento se realizó en la Universidad Nacional de Concepción, en el área de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrarias, en el periodo de marzo a julio del 2021, circunscrita en las coordenadas 23°41'33" Sur 57°41'09" Oeste, con una elevación de 160 msnm.

El tipo climático de la zona se caracteriza por presentar una temperatura promedio de 26°C con máximas que pueden llegar hasta 45°C en verano y mínimas de hasta 4°C en invierno, con leves incidencias de heladas. La precipitación media anual es de 1.400 mm, según datos proveídos por la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (DINAC, 2020).

El suelo de la región posee las siguientes características, taxonómicamente pertenece al Orden Alfisol de textura franco arcillosa con panorama en forma de lomada de origen arenisca, con un relieve plano de 0 a 3% de pendiente y una altura aproximada de 200 msnm, con drenaje bueno y de rocosidad nula. Este tipo de suelo pertenece a la clase III de la clasificación de capacidad de uso; las tierras de esta clase tienen moderadas limitaciones que reducen la selección de cultivos o requieren prácticas moderadas intensivas de manejo y/o conservación o ambas (López et al., 1995).

Se aplicó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con doce tratamientos y tres repeticiones, en un esquema bifactorial; Factor A: Estadios fenológicos Factor B: Dosis de Tierra diatomea. Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 3 × 1 metros, totalizando 3m² por cada parcela. En la tabla 1 se puede

observar los tratamientos en estudio.

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el experimento.

Trat.	Factor A: Estados fenológicos	Factor B: Dosis de tierra de diatomea
1	Etapa inicial (20 días después de la emergencia)	0 kg ha ⁻¹ (Testigo)
2		1,5 kg ha ⁻¹
3		2 kg ha ⁻¹
4		2,5 kg ha ⁻¹
5	Desarrollo vegetativo (40 días después de la emergencia)	0 kg ha ⁻¹ (Testigo)
6		1,5 kg ha ⁻¹
7		2 kg ha ⁻¹
8		2,5 kg ha ⁻¹
9	Floración (70 días después de la emergencia)	0 kg ha ⁻¹ (Testigo)
10		1,5 kg ha ⁻¹
11		2 kg ha ⁻¹
12		2,5 kg ha ⁻¹

La demarcación del terreno se realizó un mes antes del trasplante, con un muestreo de suelo para su análisis, luego se efectuó una rastreada profunda. Las semillas de Tomate F1 (CARIRI) se colocaron en bandejas de 128 celdas para su propagación en donde se aplicó dos riegos al día durante 35 días para su posterior trasplante. En el terreno, se alzaron camellones de 25 cm de altura y de acuerdo al análisis de suelo se aplicaron 20 ton/ha de estiércol bovino, 1 ton/ha de cal agrícola y fertilización básica con 150-300-200 kg ha⁻¹ de N P K, se mezclaron con escardillo y se taparon.

La instalación del sistema de riego por goteo se colocó posterior a la aplicación, mencionados más arriba, colocando cinta de goteo de 200 micras con agujero cada 20 cm, en cada camellón. Posteriormente se colocó la carpa como cobertura o mulching.

Una vez realizado el trasplante, el riego fue aplicado 2 veces al día, uno a la mañana y otro a la tarde, durante 15 a 20 min.

La densidad de siembra misma fue de 1,2 m entre hileras y 0,45 m entre plantas. Cada tratamiento tuvo 2 hileras con 12 plantas en total. Para todo el experimento se utilizaron 288 plantas y para el tutorado se utilizaron palos de madera.

La tierra diatomeas se preparó en bidón de 2 litros diluido en agua. Para la aplicación se utilizó una pulverizadora tipo mochila. La aplicación se realizó en las distintas fases o estadios de la planta de tomate, citados en la tabla 1.

Diariamente se realizó el monitoreo correspondiente y los cuidados culturales que requieren las plantas. Además, se aplicaron

productos fitosanitarios con una pulverizadora tipo mochila como Oxicloruro de cobre con la dosis de 0,6 kg ha⁻¹, Mancozeb con dosis de 0,6 kg ha⁻¹, como preventivo de hongos y Clorpirifos 0,3 L ha⁻¹ para ataque de chupadores.

A los 70 días después del trasplante aproximadamente, se realizó la primera cosecha de los frutos para obtener los datos primarios, completando tres cosechas consecutivas que se realizaron cada 22 días.

Se realizaron las siguientes determinaciones:

Número de frutos: se contabilizaron los frutos cosechados de cada tratamiento utilizando 8 plantas de cada unidad experimental, completando tres cosechas. Se sumaron los frutos de cada tratamiento y se calculó el promedio de frutos producido por planta.

Peso promedio de frutos por plantas: se pesaron 8 frutos de cada planta utilizada en la determinación anterior para cada tratamiento, y se obtuvo por regla de tres simples, el peso promedio de frutos en kilogramos por planta.

Diámetro y longitud de frutos: utilizando 10 frutos de cada unidad experimental, se midió la longitud y el diámetro ecuatorial con un calibrador de vernier. Los resultados fueron expresados en centímetros.

Rendimiento: se realizó el pesaje del total de los frutos de 8 plantas escogidas por cada unidad experimental en las 3 cosechas, mediante una balanza. Luego, por regla de tres simple, se obtuvo el rendimiento del tomate para cada tratamiento en kg ha⁻¹.

Los datos obtenidos en el estudio fueron evaluados estadísticamente, para el efecto se recurrió al análisis de varianza (ANAVA), para verificar si existió o no diferencia significativa entre los tratamientos. Las medias que presentaron diferencia significativa fueron comparadas entre sí con el test de Tukey al 1 y 5% de probabilidad para categorizar los tratamientos en estudio, además se realizó el análisis de regresión para las determinaciones que obtuvieron significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Número de frutos por plantas

En la tabla 2 se presentan los resultados del análisis estadístico por el test de F y la comparación de medias por la prueba de Tukey (5%) de los estadios fenológicos y dosis de tierra diatomeas, además se observa que en la interacción de los datos no se obtuvo diferencias estadísticas.

Tabla 2. Número de frutos por plantas afectado por estadios fenológicos y dosis de tierra de diatomeas. Concepción, 2021.

Factor	Descripción	Número de frutos por plantas
Estadios Fenológicos	Floración	16,00 a
	Desarrollo vegetativo	15,50 ab
	Etapas Inicial	15,16 b
Dosis de tierra diatomeas	2,5 kg ha ⁻¹	17,66 a
	1,5 kg ha ⁻¹	15,77 b
	2,0 kg ha ⁻¹	15,11 b
	0 kg ha ⁻¹	13,66 c

Factor A: 5,97**

Factor B: 70,19**

Factor AxB: 1,68 ns

CV (%): 3,82

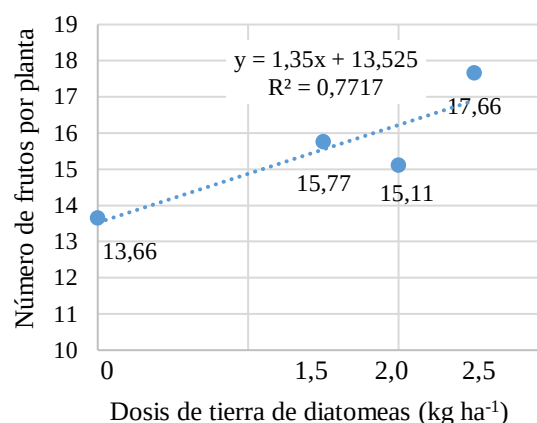
Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí estadísticamente. **: significativa al 1%. ns: no significativa. CV: Coeficiente de variación.

En los estadios fenológicos se obtuvieron diferencias significativas; el mejor resultado se obtuvo con la aplicación de la tierra de diatomeas en el momento de la floración con 16 frutos planta⁻¹, siendo estadísticamente igual al momento de desarrollo vegetativo con 15,50 frutos planta⁻¹, el momento de la aplicación en etapa inicial tuvo el resultado más bajo con 15,16 frutos planta⁻¹.

Entre las dosis utilizadas de la tierra de diatomeas se obtuvo diferencias significativas; el mejor resultado se obtuvo con la dosis de 2,5 kg ha⁻¹ con 17,66 frutos planta⁻¹.

Comparando entre sí la dosis de 0 y la de 2,5 kg ha⁻¹, se observa que existe una diferencia de 4 frutos planta⁻¹, cantidad suficiente para marcar la diferencia en rendimiento de este cultivo cuando se lleva a multiplicar por plantas por hectáreas.

Las curvas de respuesta del número de frutos producidos por plantas, se ajustó mejor a la ecuación lineal positiva para las dosis de la tierra diatomeas (Figura 1), donde al incrementar la dosis de tierra diatomea aumentaba la cantidad de frutos por plantas, es decir, que las dosis utilizadas no fueron excesivas para las plantas, siendo un producto inocuo y natural.

**Figura 1.** Curva de respuesta ajustada para el número de frutos de tomate por plantas.

Peso promedio de frutos por plantas

Según el análisis de varianza realizado, en la interacción de los datos no se obtuvo diferencias estadísticas. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en el experimento, para los estadios fenológicos se obtuvieron diferencias significativas, se observa que el mejor resultado se obtuvo con la aplicación de la tierra de diatomeas aplicado en el estadio de la floración con 2,207 kg planta⁻¹ y el resultado que presentó menor valor es la aplicada en el estadio inicial de las plantas de tomate con 2,069 kg planta⁻¹.

Tabla 3. Peso promedio de frutos por planta (kg) afectado por estadios fenológicos y dosis de tierra de diatomeas. Concepción, 2021.

Factor	Descripción	Peso de frutos por planta
Estadios fenológicos	Floración	2,207 a
	Desarrollo vegetativo	2,131 ab
	Etapas Inicial	2,069 b
Dosis de tierra diatomeas	2,5 kg ha ⁻¹	2,487 a
	1,5 kg ha ⁻¹	2,131 b
	2,0 kg ha ⁻¹	2,101 b
	0 kg ha ⁻¹	1,823 c

Factor A: 8,29**

Factor B: 97,41**

Factor AxB: 1,52 ns

CV (%): 3,87

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí estadísticamente. **: significativa al 1%. ns: no significativa. CV: Coeficiente de variación.

Para las dosis utilizadas de la tierra de diatomeas, se obtuvo diferencias significativas. Se observa que el mejor resultado se logró con la dosis de 2,5 kg ha⁻¹ de tierra de diatomeas con 2,487 kg planta⁻¹ respectivamente.

Contrastando los resultados entre la dosis 0

y la dosis de 2,5 kg ha⁻¹ se observa que existe una diferencia de 664 gramos por planta, cantidad que marcaría la diferencia en el rendimiento final del tomate.

En este trabajo, los datos obtenidos con la aplicación de la tierra de diatomeas presentaron valores más altos con respecto al testigo, lo cual coincide con lo mencionado por Hernández et al. (2022), quien nos indica que el Silicio aumenta el crecimiento y modifica la arquitectura de las plantas, también tiene potencial para aumentar la productividad de los cultivos.

Sin embargo, el rendimiento de la dosis de 2,5 kg ha⁻¹ en el cultivo de tomate es inferior a lo mencionado por González (2008), quien logró una media de 3,5 kg ha⁻¹, en su experimento con la variedad pyta guazú.

Bent (2008), afirma la respuesta benéfica de la implementación de silicio durante el desarrollo del cultivo, con el incremento en la producción y número de hojas en el cultivo de pepino. Sin embargo, en este trabajo se logró mejores resultados con la aplicación durante la etapa de la floración.

La producción alcanzada es inferior a la obtenida por González (2008), utilizando el híbrido Delta, llegó a un rendimiento comercial de 4,32 kg por planta en ambiente protegido, siendo superior a lo que se encontró en este trabajo a campo abierto y destacando siempre que se realizaron solamente 3 cosechas para su evaluación.

El mayor rendimiento comercial presentó el tratamiento que recibió 2,5 kg ha⁻¹ del fertilizante, superando a los demás tratamientos, con un promedio de 2,487 kg por planta, quedando en segundo lugar los tratados con 1,5 y 2,0 kg ha⁻¹ que son iguales estadísticamente entre sí, con medias de 2,131 y 2,101 kg por planta respectivamente, pero superiores al testigo.

Las curvas de respuesta del peso promedio de los frutos por plantas, se ajustó mejor a la ecuación lineal positiva para las dosis de la tierra diatomeas (Figura 2), donde al incrementar el valor de X (dosis) aumenta el valor de Y, que es el peso de los frutos por plantas.

En la figura 2 se observa un R² de 0,82%, en donde podemos afirmar que el ajuste del modelo de ecuación es bueno, puesto que el valor obtenido es cercano a 1 que en concreto nos demuestra la variabilidad que existe entre los datos adquiridos.

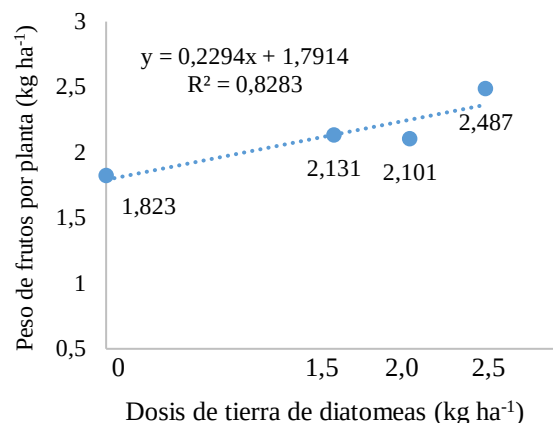


Figura 2. Análisis regresión entre tierra de diatomea y el peso de frutos de tomate por plantas.

El modelo lineal positivo ajustado describe de forma satisfactoria la relación entre ambas variables; en donde los puntos se localizan de forma relativamente homogénea alrededor de la línea de ecuación de regresión.

Diámetro y longitud de los frutos

En la tabla 4 se presentan los resultados del análisis estadístico por el test de F y la comparación de medias por la prueba de Tukey (5%) de los estadios fenológicos y dosis de tierra diatomeas, además se observa que en la interacción de los datos no se obtuvo diferencias estadísticas.

No se obtuvieron diferencias significativas a nivel estadístico, pero numéricamente para el diámetro se nota que el mejor resultado se obtuvo en el momento de la floración con 4,70 cm/frutos, y el menor valor se obtuvo en el momento de la aplicación en etapa inicial que tuvo un resultado de 4,48 cm/frutos. Para la longitud de frutos se observa que numéricamente se obtuvo mejor valor en el momento o estadio fenológico de la floración, con 10,63 cm por fruto.

En cuanto a las diferentes dosis de tierra de diatomeas, se nota que se obtuvieron diferencias significativas a nivel estadístico. El mejor resultado para el diámetro de los frutos se logró con las dosis de 1,5 y 2 kg ha⁻¹ con 4,70 y 4,67 cm por fruto respectivamente y para la longitud de frutos con las dosis de 2,0 y 2,5 kg ha⁻¹ con 10,91 y 10,72 cm por fruto, además se observa que el tratamiento que presentó menor valor es el testigo, es decir, que no recibió fertilización a base de tierra diatomeas con 10,3 cm por fruto.

Tabla 4. Diámetro y longitud de los frutos afectado por estadios fenológicos y dosis de tierra de diatomeas. Concepción, 2021.

Factor	Descripción	Diámetro de fruto (cm)	Longitud de fruto (cm)
		(ns)	(ns)
Estadios fenológicos	Etapla inicial	4,48 a	10,40 a
	Desarrollo vegetativo	4,51 a	10,49 a
	Floración	4,70 a	10,63 a
Dosis de tierra diatomeas		(*)	(**)
	2,0 kg ha ⁻¹	4,67 a	10,91 a
	2,5 kg ha ⁻¹	4,70 a b	10,37 a
	1,5 kg ha ⁻¹	4,53 a	10,72 a b
	0 kg ha ⁻¹	4,35 b	10,03 b
Factor A:		3,07ns	0,71ns
Factor B:		4,46**	6,20**
Factor AxB:		0,63ns	0,28ns
CV (%):		5,02	4,44

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí estadísticamente. *: significativa al 5%. **: significativa al 1%. ns: no significativa. CV: Coeficiente de variación.

Es importante mencionar que, de acuerdo con Barker y Pilbeam (2007), el silicio, componente principal de la tierra de diatomeas, beneficia la floración; además, Faeuteux et al. (2005) reportaron beneficios de este elemento en el rendimiento, sustentando lo encontrado en este trabajo de investigación y mejor desempeño en el estadio de la floración de la planta.

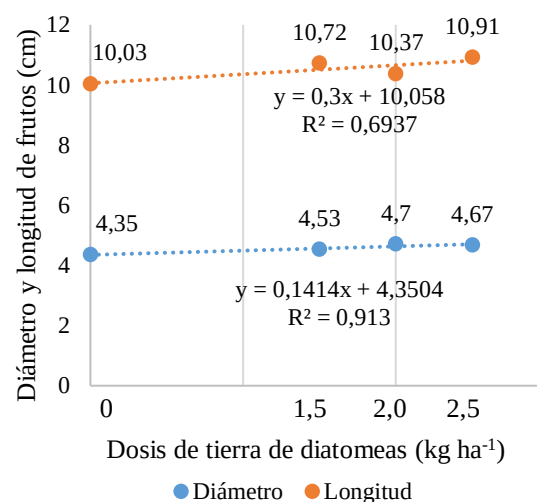
Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Pinedo (2011), quién encontró los valores más altos de rendimiento, aplicando la mayor dosis de Silicio en plantas de pepino, así como en cantidad, diámetro, longitud y peso de frutos cosechados. Varios ensayos experimentales en diferentes cultivos han demostrado claramente los beneficios de la aplicación de fertilizantes de silicio para la productividad y calidad de los cultivos.

En ese contexto, Matichenkov y Calvert (2002), señalan que el uso de este fertilizante en la agricultura es sustentable y a la vez provechosa, tal es así que en este trabajo se tuvo un incremento del diámetro y longitud de los frutos con las dosis utilizadas, que además presentaron significancia a nivel estadísticos.

Las curvas de respuesta del diámetro y longitud de los frutos de tomate, se ajustó mejor a la ecuación lineal positiva para las dosis de la tierra diatomeas (Figura 3), donde al incrementar el valor de X (dosis) aumenta el valor de Y, que es el diámetro y longitud de frutos de tomate.

En la figura 3 se observa un R² de 0,9%, para el diámetro de los frutos, con lo cual podemos afirmar que el ajuste del modelo de ecuación es bueno, puesto que el valor obtenido es cercano a 1 que en concreto nos demuestra la

variabilidad que existe entre los datos adquiridos. Sin embargo, para la longitud se obtuvo 0,69% lo cual nos indica que hay una mayor dispersión entre los datos.

**Figura 3.** Análisis regresión entre tierra de diatomea y el diámetro y la longitud de frutos de tomate

Rendimiento

En la tabla 5 se presentan los resultados del análisis estadístico por el test de F y la comparación de medias por la prueba de Tukey (5%) de los estadios fenológicos y dosis de tierra diatomeas, además se observa que en la interacción de los datos no se obtuvo diferencias estadísticas.

En los estadios fenológicos se obtuvieron diferencias altamente significativas, notándose que el mejor resultado se obtuvo con la aplicación de la tierra de diatomeas en el estadio de la floración con 40870 kg ha⁻¹, y el resultado

que presentó menor valor es la aplicación en el estadio inicial de las plantas de tomate con 38324 kg ha⁻¹, siendo igual estadísticamente a la aplicación en el estadio desarrollo vegetativo.

Tabla 5. Rendimiento (kg ha⁻¹) de tomate afectado por estadios fenológicos y dosis de tierra de diatomeas. Concepción, 2021.

Factor	Descripción	Rendimiento
Estadios fenológicos	Floración	40870 a
	Desarrollo vegetativo	39471 a b
	Etapas inicial	38324 b
Dosis de tierra diatomeas	2,5 kg ha ⁻¹	46066 a
	1,5 kg ha ⁻¹	39478 b
	2,0 kg ha ⁻¹	38918 b
	0 kg ha ⁻¹	33758 c

Factor A: 8,29**

Factor B: 97,41**

Factor AxB: 1,52 ns

CV (5%): 3,87

Medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí estadísticamente. **: significativa al 1%. ns: no significativa. CV: Coeficiente de variación.

También entre las dosis utilizadas de la tierra de diatomeas se obtuvo diferencias altamente significativas; se observa que el mejor resultado se obtuvo con la dosis de 2,5 kg ha⁻¹ de tierra de diatomeas con 46066 kg ha⁻¹. Además, se observa que entre las dosis de 1,5 y 2,0 kg ha⁻¹ de tierra diatomeas estadísticamente son similares entre sí, quedando así en el último lugar el testigo, o tratamiento que no recibió la aplicación del producto. Discrepando los resultados entre la dosis 0 y la dosis de 2,5 kg ha⁻¹ se observa que existe una diferencia de 12308 kg ha⁻¹ de aumento, cantidad suficiente para aumentar así también las ganancias del productor.

Estos resultados son similares a lo reportado por González et al. (2015) indica que las hortalizas como tomate, pepino, frijol y crucíferas; responden con mayor productividad y sanidad cuando hay una buena concentración de silicio disponible en el suelo. Por tanto, la fertilización con silicio puede aumentar y mantener la productividad de los cultivos, afectando positivamente no solo a las plantas acumuladoras de silicio sino también a las no acumuladoras (Korndörfer y Lepsch, 2001). En el caso del tomate en este trabajo, se vio reflejado con los resultados obtenidos no solamente en el rendimiento, sino en todas las determinaciones evaluadas más arriba.

En evaluaciones de fertilización foliar sobre cucurbitáceas, Vélez et al. (2013), encontraron

que las aplicaciones de fertilizantes foliares lograron incrementar el porcentaje de materia seca en el cultivo de *Solanum tuberosum*. En este trabajo se logró buena respuesta con fertilización foliar, siendo fácil su utilización y modo de acción.

Por su lado, Ramos et al., (2008) encontraron que a medida que aumentaron la dosis de Silicio en el suelo se aumentó en las plantas de arroz y promovió el rendimiento de granos. En este estudio la tierra de diatomeas (fuente de silicio) aplicada presentó aumento en el rendimiento de tomate a partir de las dosis más bajas hasta la más alta dosis.

Las curvas de respuesta del rendimiento de tomate, se ajustó mejor a la ecuación lineal positiva para las dosis de la tierra diatomeas (Figura 4), donde al incrementar la dosis aumenta el valor del rendimiento.

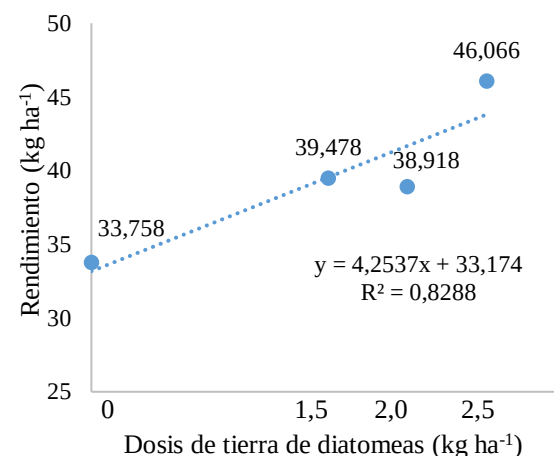


Figura 4. Análisis regresión entre tierra de diatomea y el rendimiento de tomate.

En la figura 4 se observa un R² de 0,82%, con lo cual podemos afirmar que el ajuste del modelo de ecuación es bueno, puesto que el valor obtenido es cercano a 1, que en concreto nos demuestra la variabilidad que existe entre los datos adquiridos.

CONCLUSIONES

La aplicación de tierra de diatomeas en diferentes estadios fenológicos mostró diferencias significativas en el número de frutos por planta, peso promedio por fruto y rendimiento, destacándose el estadio de floración. En cuanto a las dosis evaluadas, se observaron diferencias estadísticas significativas en todas las variables, siendo la aplicación foliar de 2,5 kg ha⁻¹ la más eficiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barker, A.; D.J. Pilbeam. (2007). Handbook of

- plant nutrition. Taylor & Francis, Oxfordshire, GBR.
- Bent, E. (2008). Ácido silícico. Cultivar de acuerdo con la naturaleza Parte I- II. Bérnago. Italia. 6-15. <http://www.hortcom.files.wordpress.com/>
- Del Puerto, R. A. M., Suárez Tamayo, S., & Palacio Estrada, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y epidemiología*, 52(3), 372-387. <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n3/hig10314.pdf>
- DINAC (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil). 2020. <https://www.meteorologia.gov.py/pronostico/concepcion>
- Fauteux, F., Rémus-Borel, W., Menzies, J. G., & Bélanger, R. R. (2005). Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiology letters*, 249(1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2005.06.034>
- Gascuel, Q., Diretto, G., Monforte, A. J., Fortes, A. M., & Granell, A. (2017). Use of natural diversity and biotechnology to increase the quality and nutritional content of tomato and grape. *Frontiers in plant science*, 8, 652. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00652>
- González, C. K. J. (2008). *Efecto de la fertilización orgánica sobre la calidad y rendimiento del tomate para deshidratado* (Tesis Doctoral, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Agronomía). <http://dspace.utalca.cl/handle/1950/5986>
- González, E., Ceballos, J., & Benavides, O. (2015). Producción de forraje verde hidropónico de maíz *Zea mays* L. en invernadero con diferentes niveles de silicio. *Revista de ciencias agrícolas*, 32(1), 75-83. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-01352015000100007&script=sci_arttext
- Hernández, V. R. D., Juárez Maldonado, A., Pérez Hernández, A., Lozano Cavazos, C. J., Zermeno González, A., y González Fuentes, J. A. (2022). Influencia de fertilizantes orgánicos y del silicio sobre la fisiología, el rendimiento y la calidad nutracéutica del cultivo de fresa. *Nova scientia*, 14(28). <https://doi.org/10.21640/ns.v14i28.3032>
- Korndörfer, G. H., & Lepsch, I. (2001). Effect of silicon on plant growth and crop yield. In *Studies in plant science*. Elsevier. (8), 133-147. [https://doi.org/10.1016/S0928-3420\(01\)80011-2](https://doi.org/10.1016/S0928-3420(01)80011-2)
- López, O. E.; Gonzalez, E.; De Llamas, P. A.; Molinas, A. S.; Franco, E. S.; Garcia, S.; Rios, E. (1995). Reconocimientos de Suelos y Capacidad de Uso de las Tierras; Región Oriental. Paraguay. MAG/Dirección de Ordenamiento Ambiental. Proyecto de Racionalización de Uso de la Tierra. Convenio 3445. P. A-Banco Mundial. 28 Pág.
- Magaña-Lira, N., Peña-Lomelí, A., Sánchez-del Castillo, F., Rodríguez-Pérez, J. E., y Moreno-Pérez, E. D. C. (2013). Comportamiento productivo de híbridos F1 de tomate y sus poblaciones F2. *Revista fitotecnica mexicana*, 36(4), 371-379. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802013000400002&script=sci_abstract&tlng=pt
- Matichenkov, V. V., & Calvert, D. V. (2002). Silicon as a beneficial element for sugarcane. *Journal American Society of Sugarcane Technologists*, 22(2), 21-30. https://www.academia.edu/download/67022287/CULTIVAR_AND_CROP_EFFECTS_OF_SUGARCANE_B20210504-25409-7fnjol.pdf#page=28
- Pernía, J. C., y Sanabria, M. E. (2021). El manejo integral de plagas y enfermedades en cultivos como una alternativa de compromiso para el cumplimiento de la responsabilidad social ambiental en la agricultura. *Dissertare Revista de Investigación en Ciencias Sociales*, 6(1), 1-21. <https://revistas.uclave.org/index.php/dissertare/article/view/3170>
- Pinedo, J. (2011). *Evaluación de dosis de silicio en el rendimiento del pepino híbrido (Cucumis sativus L.) variedad Stonewall F1, Lamas-San Martín* (Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto).

- <https://core.ac.uk/download/pdf/287329963.pdf>
- Ramos, L. A., Korndörfer, G. H., & Nolla, A. (2008). Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. *Bragantia*, 67, 751-757. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000300025>
- Rosique, M. (2020). La Tierra de diatomeas: Usos y aplicaciones. (En línea) <https://www.planteaenverde.es/blog/la-tierra-de-diatomeas-todos-sus-usos-y-aplicaciones/>
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Biostimulants application: A low input cropping management tool for sustainable farming of vegetables. *Biomolecules*, 11(5), 698. DOI: 10.3390/biom11050698
- Vélez, R., Valverde, F., y Alvarado Ochoa, S. P. (2013). Efecto de la fertilización foliar y edáfica con hierro y zinc sobre la biofortificación agronómica del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de invernadero. V Congreso Ecuatoriano de la Papa, IV Congreso Iberoamericano sobre Investigación y Desarrollo en Papa: Memorias. 110-111. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2507>
- Vicente, M. H., Zsögön, A., de Sá, A. F. L., Ribeiro, R. V., & Peres, L. E. (2015). Semi-determinate growth habit adjusts the vegetative-to-reproductive balance and increases productivity and water-use efficiency in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Plant Physiology*, 177, 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.01.003>