

CAPÍTULO 7

Efecto de la aplicación de calcio sobre el crecimiento del cultivo del tomate (*lycopersicon esculentum*, mill), en un suelo ácido de Sucre

Luis Fernando Acosta Pérez¹, James Daniel Caro Peñafiel² y
Elicer Miguel Cabrales Herrera³

1 Magister en Ciencias Agronómicas. Miembro del grupo de investigación Agricultura Sostenible, Universidad de Córdoba. aclufe@hotmail.com

2 Magister en Ciencias Agronómicas. Miembro del grupo de investigación Agricultura Sostenible, Universidad de Córdoba. jamca26@hotmail.com

3 Doctor en Ciencias del Suelo. Docente Titular Área de Suelos, Universidad de Córdoba. ecabralesh@yahoo.es

Introducción

Actualmente en Colombia, el tomate es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia, se siembra en casi todas las regiones del país, desde huertos familiares hasta plantaciones comerciales, siendo el departamento de Norte de Santander el mayor productor con 118.151 toneladas, seguido por los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Santander (Agronet, 2017). Entre las principales ventajas y beneficios que representa su cultivo, se pueden mencionar las siguientes: produce en corto tiempo (100-110 días), no requiere de grandes extensiones de terreno, se adapta a diferentes tipos de suelos, su fruto tiene alta demanda en el mercado, constituye una importante fuente de vitaminas y minerales para el ser humano. Es considerado alimento nutracéutico, debido a las características funcionales, principalmente, por el licopeno, pigmento presente en el fruto (Fiori, 2006). Por sus propiedades antioxidantes, el consumo de tomate se está asociando al descenso del riesgo de cáncer en el esófago, estómago, pulmón y vías respiratorias, entre otras (Rao, 2002).

La mayoría de los cultivos de tomate en el país se hacen en pequeñas áreas y con una gran dispersión de los productores, desde unas pocas plantas en el huerto casero hasta 80 ha como sucede en el Valle del Cauca (Lobo y Jaramillo, s.f.). El Departamento de Sucre no es ajeno a esta problemática, el tomate se produce en pequeñas huertas caseras, sin embargo, el manejo suele ser empírico y rara vez tiene un manejo agronómico que incluya el uso de fertilizantes. Por otro lado, hay un desconocimiento del manejo de plagas y enfermedades que afectan al cultivo de tomate. En general los horticultores siembran pequeñas áreas de tomate, muchos desconocen el manejo del cultivo y ello lleva a baja productividad del mismo. En este sentido, no se tiene información local sobre el proceso de crecimiento que sigue el cultivo.

La existencia de zonas productoras diferentes justifica la necesidad de ensayar nuevas variedades y técnicas de cultivo adaptadas al suelo, clima y demás requisitos de crecimiento, ya que en la mayoría de los casos, los agricultores por no contar con asesoría y orientación técnica, no tienen una

visión panorámica del cultivo ni de los adelantos en materia de investigación que se han venido dando a nivel mundial, sobre todo en el desarrollo de nuevos genotipos de alto rendimiento, tolerancia a plagas y enfermedades, entre otros (Lobo y Jaramillo, s.f.).

El crecimiento vegetal, entendido como un aumento irreversible en tamaño de los organismos, implica a nivel fisiológico una serie de cambios y reacciones de tipo bioquímico, de las cuales dependerá finalmente el comportamiento agronómico y el rendimiento potencial de los diferentes genotipos. Generalmente, el crecimiento se determina mediante medidas directas (altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar, masa seca) e indirectas como la tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento del cultivo, tasa relativa de crecimiento, etc. Cabe anotar que el crecimiento está ligado a factores ambientales como luz, temperatura y humedad, entre otros (Salisbury y Ross, 1994). El crecimiento de la planta se constituye en un fiel reflejo de que en ella tienen lugar una serie de cambios estructurales de tamaño, peso y forma específicos, que ocurren de acuerdo con los patrones de división celular y diferenciación, los cuales no pueden considerarse fuera del contexto ambiental.

Los elementos minerales pueden influir en el complejo nutricional y estructural de las plantas, debido a la influencia que ejercen sobre los procesos bioquímicos, y/o fisiológicos, como la actividad fotosintética y la tasa de translocación de fotoasimilados (Ferreira *et al.*, 2006). El calcio es de lenta movilidad, tanto en el suelo como en la planta, lo cual obliga a replantear las técnicas de fertilización con este elemento, es decir, en lo posible debe estar en el suelo en forma soluble y disponible para la planta (Li *et al.* 2001). Aunque estudios recientes han demostrado que puede entrar en pequeñas cantidades vía apoplasto (por las hojas y frutos), cantidad que resulta insuficiente para satisfacer las necesidades de las plantas (Dayod *et al.* 2010), es decir, que la fertilización foliar con este elemento no satisface en su totalidad los requerimientos de las plantas (Lazcano 2000, Rodríguez *et al.* 2002, Taylor *et al.* 2004).

La deficiencia de calcio interfiere el proceso fotosintético, disminuyendo enormemente la eficacia de la carboxilación y la capacidad fotosintética (Alarcón *et al.*, 1999), lo que conduce a descensos sustanciales en la producción de biomasa de las plantas afectadas (Ramalho *et al.*, 1995). Según Jaunin y Hofer (1988), el calcio es esencial para el crecimiento,

densidad y elongación de los pelos radiculares necesarios para la absorción de nutrientes.

Hasta la fecha no hay ningún informe sobre el efecto del calcio en el cultivo de tomate en condiciones ambientales de Sucre. Por lo anterior, se estableció el ensayo en la que se evaluaron diferentes dosis de calcio aplicado al suelo, utilizando como fuente el carbonato de calcio, en la que evaluaron parámetros fisiológicos de crecimiento del cultivo del tomate en condiciones ambientales del departamento de Sucre.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en condiciones semi controladas en los predios de la Corporación Universitaria del Caribe (CECAR), zona urbana de la ciudad de Sincelejo, departamento de Sucre (Colombia), ubicada geográficamente a 9° 18" latitud norte y 75° 23" latitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 213 msnm, con temperatura promedia de 27°C, humedad relativa promedia de 80%, y precipitación promedia anual de 1164 mm, la formación vegetal de acuerdo con Holdridge es el bosque seco tropical (Correa y Carrillo, 2013).

Se trabajó con suelos de los primeros 20 cm de profundidad de la finca Las Lauras del corregimiento Santa Clara, municipio El Roble del departamento de Sucre, suelo de reacción ácida. La selección se hizo según base en los archivos del laboratorio de suelos de la Universidad de Sucre, en el mismo se verificó información una vez se hizo localización del predio. El suelo fue secado a sombra, tamizado a 4 mm, y homogenizado, posteriormente se hizo el llenado de las bolsas con capacidad de 10 kg. Posteriormente las bolsas se ubicaron en hileras separadas a 80 cm y en las hileras se ubicarán a cada 60 cm.

Para el semillero se utilizaron vasos desechables de 7 onzas, se llenaron con un sustrato suelo: abono orgánico en relación 1:1, previa desinfección con Formaldehído al 10% y aplicación de 10 L/m². A los 10 días se sembraron 4 semillas/vaso de tomate Chonto Santa Cruz, previamente evaluada su eficiencia de germinación. El trasplante se hizo cuando las plántulas de los vasos desechables tuvieron 3 hojas totalmente formadas (15 días aproximadamente). No fue necesario sembrar.

El manejo agronómico se hizo en forma tradicional, las arvenses se manejaron manualmente, mientras que el minador, la única plaga de interés económico que se presentó fue controlada con el producto comercial Hibertrina. Para la fertilización se utilizó un plan de 100-80-100 de N-P-K, utilizando como fuentes la Urea, DAP y KCl para N, P y K, respectivamente. Los elementos menores se aplicaron en forma foliar, para lo cual se aplicaron cada 10 días aspersiones de 5 ml de producto comercial por litro de agua, se utilizó el producto comercial Wuxal.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, cada unidad experimental estuvo conformada por cinco plantas. Los tratamientos fueron: T0: no aplicación de calcio (testigo); T1: aplicación de 1 ton ha⁻¹ de carbonato de calcio; T2: 2 ton ha⁻¹ de carbonato de calcio; T3: 3 ton ha⁻¹ de carbonato de calcio; y T4: 4 ton ha⁻¹ de carbonato de calcio. La información obtenida se tabuló en tablas Excel y se procesó mediante el programa estadístico SAS versión 9.0, se hizo el análisis de varianza (ANAVA), previa comprobación de los supuestos para dicho análisis. Se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel del 95% de confianza. Se midieron los parámetros: número de hojas, área foliar, altura de planta, inicio de floración, número de flores, biomasa seca y biomasa húmeda.

Resultados y discusión

El porcentaje de germinación en papel húmedo fue de 84% y la emergencia evaluada en el semillero fue del 89,6%, cifras que se consideran buenas (Fernández *et al.* 2006). Estas cifras de germinación y emergencia altas se debieron posiblemente al buen manejo de la humedad y sustrato en el semillero y a la buena calidad de la semilla utilizada en el ensayo.

Tabla 7.1.

Cuadrados medios y niveles de significancia de las variables del componente fisiológico evaluadas en tomate, con diferentes dosis de cal.

F.V	G.L	NHT	AFT	ALT	NFT	IF	BH	BS
Calcio	4	11187,36 **	692059,23 *	589,11 **	3252,77 **	17,07 ns	34756 *	641,98 ns
Error	10	41,10	67596,75	4,53	41,47	9,27	3708,83	433,87
C.V. (%)		3,05	22,11	1,1	5,13	22,17	18,53	35,19
R²		0,99	0,80	0,97	0,96	0,42	0,79	0,37

Grados de Libertad (GL), Número de hojas total (NHT), área foliar total (AFT), altura planta (ALT), Número flores total (NFT), Inicio floración (IF), biomasa húmeda (BH), biomasa seca (BS). *=significativo, **=altamente significativo, ns = no significativo

Tabla 7.2.

Comparación de medias de las variables evaluadas en tomate, con diferentes dosis de cal.

TRATAMIENTO ton/ha	NHT	AFT	ALT	NFT	IF	BH	BS
0	140,33 c	689,24 b	173,23 c	82 d	16,67 a	164,7 b	45,54 a
1	152 c	821,76 b	183,3 b	106 c	15,33 a	334,33 a	55,58 a
2	226,83 b	1163,48 b	201,33 a	125 b	14 a	319,07 ab	56,3 a
3	274 a	1915,68 a	204 a	161,67 a	11,33 a	463,73 a	84,19 a
4	258,17 a	1290,17 ab	203,5 a	153 a	11,33 a	361,67 a	54,38 a

*Medias entre columnas con letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de tukey (p=0,05). Número de hojas total (NHT), área foliar total (AFT), altura planta (ALT), Número flores total (NFT), biomasa húmeda (BH), biomasa seca (BS), inicio floración (IF).

Número de hojas totales (NHT). La Tabla 7.2 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias del número de hojas total producidas por el cultivo de tomate, donde se muestra que el número de hojas totales producidas está en un rango de 140,33 a 274, que se obtuvo

en los tratamientos T0 y T3, respectivamente. A medida que se adiciona cal agrícola al suelo, el número de hojas totales, tiende a aumentar, esto fue corroborado mediante la prueba de Tukey al 0,05 y se representa en la figura 7.1. En esta figura se describe el comportamiento del número de hojas totales producidas en función a las dosis aplicadas de calcio, mostrando una tendencia que puede ser explicada por un modelo de orden lineal, que indica que el número de hojas totales producidas por la planta de tomate, depende en un 85,76% de la aplicación de calcio al suelo. Esta tendencia se debe posiblemente, a que el calcio reaccionó favorablemente con la fracción del suelo, lo que permitió posiblemente neutralizar los iones H⁺ de la solución del suelo, es decir que la adición de cal redujo la acidez del suelo (incrementa el pH). En este sentido Cabrales (2008), expone que, al reaccionar la cal con la solución acidulada del suelo, el aluminio como precursor de acidez es neutralizado, se disminuye la acidez potencial y con ello se incrementa el pH del suelo. Esta respuesta positiva del encalado en el suelo se debe posiblemente a que se mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo, produciendo un mejor ambiente para el desarrollo radicular (Cabrales, 2008), de tal manera que el calcio pudo ser absorbido por las raíces de la planta, transportándolo a todos los órganos demandantes, entre ellos las hojas, donde éste elemento es necesario para los procesos de división y elongación celular.

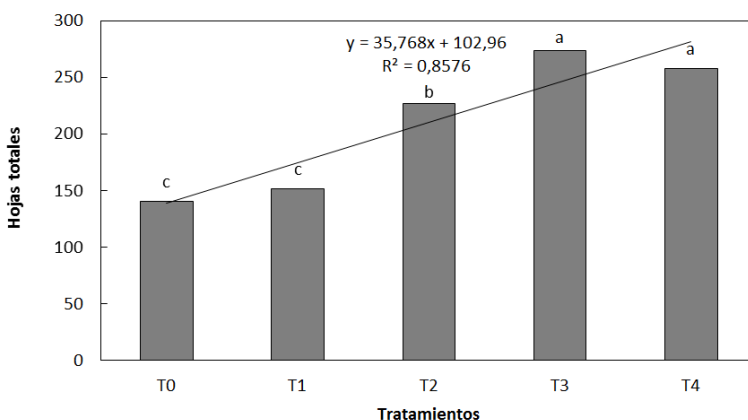


Figura 7.1. Hojas totales. Letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de tukey ($p=0,05$)

El análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0,01$). El testigo (T0) difiere de los tratamientos restantes, pero es estadísticamente igual al tratamiento T1. Las diferencias entre el tratamiento testigo T0 y los demás tratamientos, posiblemente pudo ser porque en las plantas, el calcio tiende a acumularse en las hojas por ser los órganos con mayor transpiración (mayor superficie específica, mayor densidad estomática, etc.), lo que permitió que, a mayor dosis de calcio, el proceso de división y elongación celular en los brotes de las hojas fuera más efectivo, que al final se logró una mayor producción de hojas (Figura 7.1). El mayor número de hojas alcanzado por el tratamiento T3, es un evento favorable para la producción del cultivo, en virtud de que la actividad fotosintética laminar y el crecimiento, están estrechamente relacionados, ya que según lo reportado por Fogg (1967), la cantidad y calidad de la fotosíntesis que una planta realiza depende de la superficie (área) de la hoja u órganos fotosintéticos que posea. Al mismo tiempo, el área foliar depende del número de hojas, de su velocidad de crecimiento y de su tamaño final (Barraza, 2000b).

Los resultados de esta investigación son diferentes a los reportados por Afsana *et al.*, (2017), quienes evaluaron la respuesta del tomate a la aplicación de calcio en presencia de ácido silícico vía foliar, obteniendo 70 hojas por planta de tomate. Esta cantidad de hojas es mucho menor en comparación con las cantidades obtenidas en la presente investigación, posiblemente a que las condiciones en la que se realizó el ensayo del autor citado, corresponde a la temporada de invierno y la duración del experimento fue de 60 días, lo que pudo influir en la cantidad de hojas producidas posiblemente porque las plantas de tomates estuvieron sometidas a condiciones adversas como estrés por frío y exceso de agua, lo cual dificultó el desarrollo metabólico y fisiológico, además de no contar posiblemente con elementos minerales que parcialmente se van solubilizando hasta llegar a ser disponibles para la planta.

Área foliar total (AFT). El análisis de varianza arrojó que existen diferencias estadísticamente significativas, para los tratamientos (Tabla 7.1). El tratamiento testigo T0, difiere del tratamiento T3, pero es igual estadísticamente a los tratamientos T1, T2 y T4. Los tratamientos T3 y T4 no difieren entre sí (Figura 7.2). Las diferencias entre tratamiento testigo T0 y el tratamiento T3, posiblemente se debe a que cuando no se

aplica calcio esa deficiencia del elemento modifica el proceso fotosintético disminuyendo la eficacia de la carboxilación, por lo tanto, la capacidad fotosintética global, lo que provoca reducciones en la producción de las plantas afectadas (Atkinson *et al.*, 1989). Al no haber calcio disponible para la planta, la carencia de calcio se manifiesta en deficiencias en la formación de la pared celular de los tejidos nuevos (puntas de las raíces, hojas jóvenes y brotes). Caso contrario sucede cuando al suelo se adiciona calcio y este reacciona favorablemente con la fracción del suelo, así las raíces de la planta lo pueden absorber en forma asimilable, penetrando en los vasos leñosos de xilema y ascendiendo pasivamente con la corriente de agua, hasta llegar a las hojas donde la presencia del calcio es requerida para los procesos de división, elongación celular, y la división meristemática del parénquima (Fornaris, 2007).

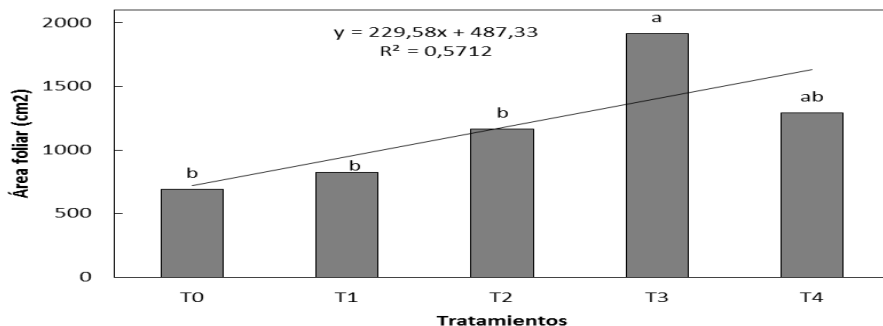


Figura 7.2. Área foliar. Letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de tukey ($p=0,05$)

El rango en área foliar que se obtuvo fue de 689,24 cm² en el tratamiento T0 y 1915,68 cm² en T3 (Tabla 7.2). El área foliar tuvo tendencia a aumentar con la dosis de 0, 1, 2 y 3 ton/ha de cal, pero con la dosis de 4 ton/ha el área foliar disminuyó. La figura 7.2 describe la respuesta de esta variable a la aplicación de calcio al suelo, mostrando una tendencia que puede ser explicada por un modelo de orden lineal, dicho modelo indica que el área foliar de la planta de tomate, depende en un 57,12% de la aplicación de calcio. Esta tendencia en aumento en el área foliar se debe posiblemente a que el encalado tuvo un efecto positivo en la estructura del suelo debido a la acción floculante del calcio (cal) en el suelo (Cabrerales, 2008), lo cual probablemente mejoró la agregación del suelo y con ello la aireación y actividad biológica del suelo.

De igual manera, Fornaris (2007), encontró que el encalado mejora las condiciones del suelo, permitiendo un adecuado desenvolvimiento de la actividad microbiana, lo que hace que haya un incremento en los macroporos del suelo, y con ello, mejor aireación, produciendo un mejor ambiente para el desarrollo radicular. La mejor exploración del suelo permitió que la planta absorbiera los nutrientes de los fertilizantes aplicados al suelo, entre ellos el calcio, el cual es requerido en los procesos de división y elongación celular, para la división meristemática del parénquima (Fornaris, 2007). Los mayores valores de área foliar obtenidos en el tratamiento T3 sugieren una mayor actividad fotosintética laminar, ya que según Jarma *et al.* (1999), las plantas con mayor área foliar y ambiente favorable, son capaces de utilizar mejor la energía solar con una fotosíntesis más eficiente. Además, según Petoseed Co. Inc. (s.f.), esta situación es favorable para un mejor crecimiento y desarrollo de la planta, el cual contribuye a obtener los más altos rendimientos, ya que a medida que se desarrolla la planta de tomate, las hojas se vuelven más complejas y por lo tanto más funcionales.

No obstante, cuando se aplican 4 ton/ha de cal, ésta posiblemente no alcanza a reaccionar en su totalidad y los resultados suelen ser similares a cuando se aplican 3 ton/ha de cal, por lo tanto, la emisión de hojas es semejante entre estos dos tratamientos, razón por la cual el área foliar también tendría la misma tendencia. En este sentido, Cabrales (2008) manifiesta que dosis superiores a 3 ton/ha de cal agrícola no alcanza a reaccionar en el suelo durante un año, por lo tanto, las cantidades por encima de esta dosis quedan en el suelo. Esto indica que, si la cantidad de calcio sigue siendo similar, el número de hojas y el área foliar debe ser similar, sin embargo, con dosis superiores, se pudo notar una disminución del área de las hojas, es decir, hojas más pequeñas.

Sin embargo, a la dificultad para obtener bibliografía del comportamiento del área foliar de la planta de tomate en función a la aplicación de calcio, estos resultados se pueden comparar con los reportados por Barraza *et al.*, 2004 donde evaluaron el comportamiento del área foliar de plantas de tomate bajo cuatro densidades de población en el Valle del Sinú medio, donde para una densidad de plantación de 33.333 plantas por hectárea, alcanzó el mayor valor promedio de 7828,99 cm². Esta cantidad es mayor en comparación con la cantidad máxima obtenida en la presente investigación. Posiblemente, esta diferencia se debe porque en

nuestro ensayo, a pesar del encalado, la planta no pudo asimilar todos los elementos nutricionales necesarios para su desarrollo metabólico. Además, el suelo en ambos ensayos es diferente, con diferente fertilidad, en nuestro caso, un suelo de reacción ácida y baja oferta nutricional.

Altura de planta (ALT). El análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativas para los tratamientos (Tabla 7.1), donde el tratamiento testigo T0 es diferente a los demás tratamientos (figura 7.3). Esta diferencia se debe posiblemente al predominio de procesos de división celular activa, que ejerce el calcio en los tratamientos que estuvieron en presencia de mayores cantidades disponibles de calcio en el suelo, se pudo notar que a medida que se aumenta la dosis de calcio, se induce a la elongación celular, ya que el calcio activa y regula la división y el alargamiento celular al influir en la compartimentación de la célula relacionada con la especialización de los órganos celulares. En consecuencia, resulta imprescindible para el desarrollo de órganos de crecimiento como raíces, brotes, frutos, etc.

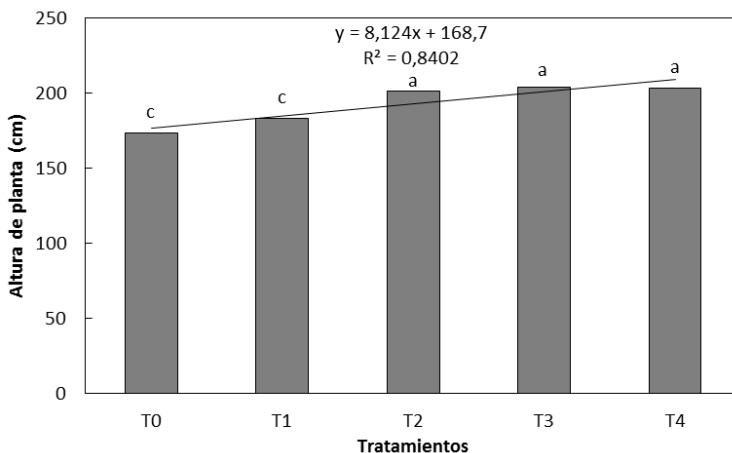


Figura 7.3. Efecto de la aplicación de cal en la altura de la planta de tomate. Letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de tukey ($p=0,05$)

El crecimiento de la planta de tomate mostró respuesta a la aplicación de cal al suelo (Tabla 7.2), así lo demuestran los resultados de la prueba de comparación de media, siendo T0 donde se encontró el menor crecimiento con 173,23 cm mientras que el máximo se obtuvo en el tratamiento T3 (3 ton ha⁻¹ de cal) con 204 cm. En la figura 7.3 se puede notar que a medida que se adiciona cal al suelo, la altura de la planta de tomate tiende a aumentar, es decir se encontró una relación directamente proporcional.

Esta figura describe la respuesta de la altura de la planta en función a las dosis de calcio aplicadas al suelo, mostrando una tendencia que puede ser explicada por un modelo de orden lineal, dicho modelo indica que la altura de la planta de tomate, depende en 84% de la aplicación de calcio. Esa tendencia de crecimiento se debe a la elongación de las células, esta elongación se presenta posiblemente, porque las auxinas liberan el calcio que está unido a las pectinas del apoplasto, de tal manera que el calcio libre activa los canales en la membrana permitiendo la entrada de solutos y el aumento en la extensión celular.

Los resultados de esta investigación son diferentes a los reportados por Afsana *et al.*, (2017), quienes evaluaron la respuesta del tomate a la aplicación de calcio en presencia de ácido salicílico vía foliar, encontrando que las concentraciones de calcio más elevadas no influyeron en la altura de la planta de tomate, caso contrario a los reportados en la presente investigación donde se evidencia que dosis elevadas de calcio influyen significativamente en la altura de la planta de tomate. Es de anotar que el autor citado estableció el ensayo en época de invierno, esto posiblemente causó una lesión a baja temperatura que regula la altura de la planta del tomate. Además, posiblemente la dosis más alta de aplicación foliar de calcio inhibe la altura de la planta mientras que una menor concentración de calcio la promueve, dado que la tasa de fotosíntesis puede reducirse por una mayor concentración celular de calcio que regula el movimiento estomático.

Número de flores total (NFT). El análisis de la varianza arrojó diferencias altamente significativas para los tratamientos (Tabla 7.1). El tratamiento testigo T0 es diferente a los demás tratamientos. Pudiéndose afirmar que las dosis de cal influyen positivamente en el número de flores que produce la planta de tomate, porque este órgano necesita abundante calcio para sus procesos fisiológicos. Además, para fines económicos no resulta rentable la aplicación de las dosis de 4 ton ha⁻¹ de cal, ya que se obtendría el mismo número de flores que con la dosis de 3 ton ha⁻¹ de cal.

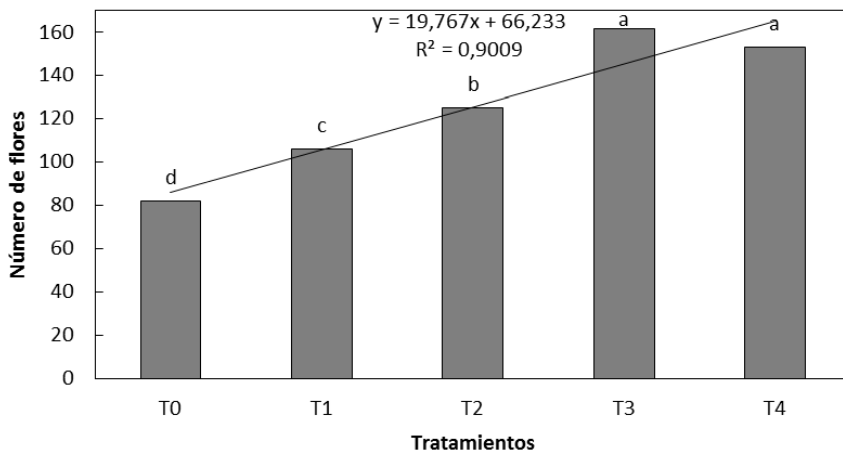


Figura 7.4. Producción de flores totales del cultivo de tomate en función a la cantidad de cal aplicada al suelo. Letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de tukey ($p=0,05$)

La Tabla 7.2 muestra los resultados de la prueba de comparación de media del número de flores totales producidas por el cultivo de tomate, donde se muestra que el número de flores totales producidas está en un rango de 82 a 161,67 unidades/planta, donde el mayor número de flores corresponde al tratamiento T3 y el menor número al tratamiento testigo T0. A medida que se adiciona el tratamiento, el número de flores totales, tiende a aumentar, esto fue corroborado mediante la prueba de Tukey al 0,05 y se representa en la Figura 7.4. En la cual se describe el comportamiento del número de flores totales producidas en función a las dosis aplicadas de cal, mostrando una tendencia que puede ser explicada por un modelo de orden lineal, dicho modelo indica que el número de flores en la planta de tomate, depende en un 90% de la aplicación de cal. Esa tendencia se debe probablemente a que los órganos en desarrollo y con mayor actividad metabólica como las flores requieren abundante calcio para su desarrollo metabólico, aunado a esto, posiblemente las plantas no sufrieron estrés hídrico a pesar de estar sometidas a altas temperaturas (clima cálido), lo cual fue benéfico porque no se afectaron los procesos fisiológicos de las plantas de tomate como la floración. Al respecto Sirivansa (2000) y Shubang (2002) indican que las plantas de tomate, son sensibles al estrés hídrico y a altas temperaturas ya que afectan la floración y disminuyen la producción.

Al comparar estos resultados con los reportados por Ruíz *et al.*, 2008 quienes evaluaron el efecto del calcio al momento de riego en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) son totalmente diferentes, porque ellos obtuvieron un rango de números de flores entre 16,30 y 45, hasta los 60 días después del trasplante, tiempo que duró su ensayo. Esos resultados son muy bajos, en comparación con los de la presente investigación. El autor destaca que solamente se realizaron dos evaluaciones por cuanto los niveles de infestación de plagas y enfermedades fueron muy altos, así como también la presión de pesticidas, lo cual afectó las variables de muestreos. En contraste con nuestros resultados, Afsana *et al.*, (2017), mostraron que el calcio en presencia de ácido salicílico tuvo una influencia significativa en la mejora del comportamiento vegetativo y reproductivo del tomate, obteniendo el máximo número de flores en promedio de 168,10.

Biomasa húmeda (BH). Según el análisis de varianza existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tabla 7.1), indicando que las plantas de tomate presentan variaciones en la masa húmeda. Mediante una prueba de comparación de medias de Tukey (0,05) se encontró que el tratamiento testigo T0 difiere estadísticamente de los demás tratamientos. Se podría decir que las dosis de cal influyen positivamente en el peso de masa húmeda de la planta de tomate, pero en función a la dosis aplicada, daría el mismo resultado aplicar 1, 3 y 4 ton ha⁻¹ de cal, debido a que los pesos ganados en biomasa húmeda en estas dosis son estadísticamente iguales (Figura 7.5).

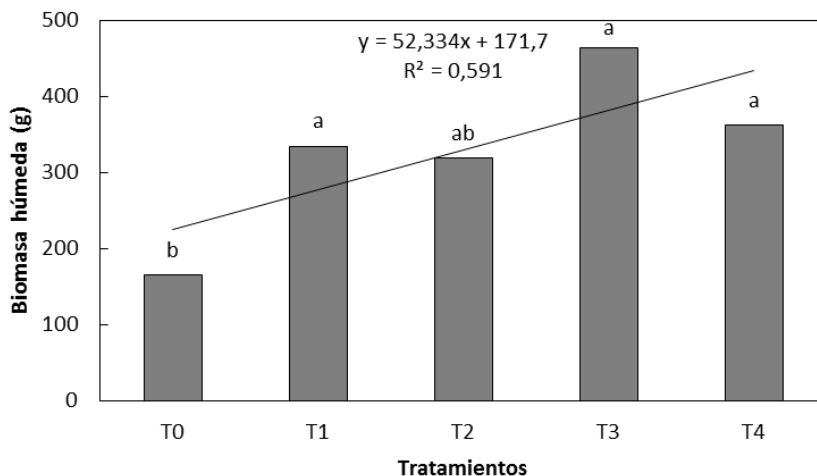


Figura 7.5. Biomasa húmeda de plantas de tomate a diferentes dosis de cal aplicada al suelo. Letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de tukey ($p=0,05$)

El rango en el peso de biomasa húmeda que se obtuvo es 164,7 a 463,73 g, siendo que el mayor peso de biomasa húmeda se obtuvo en el tratamiento T3 y el menor en el tratamiento testigo T0 (Tabla 7.2). Cuando se adiciona cal al suelo, el peso de biomasa húmeda tiende a aumentar, como se puede apreciar en la Figura 7.5, donde se aprecia una tendencia que puede ser explicada por un modelo de orden lineal, el cual indica, para estas condiciones, el peso de biomasa húmeda depende en un 59,1% de la aplicación de cal. Esa tendencia se debe posiblemente a que en las hojas, el proceso de transpiración y contenidos altos de agua en el suelo favorecen el flujo de masa y a su vez la movilidad de calcio (Ansorena, 1994). Así mismo Sam (2000), afirma que, a mayor cantidad de calcio, la fotosíntesis aumenta y la planta absorbe cantidades mayores de dióxido de carbono del aire, lo que genera un aumento en los componentes orgánicos básicos, sin embargo, los suelos del ensayo al ser de baja oferta nutricional, puede quizás otros elementos limitar la expresión de dicha variable. Además, con las dosis altas de cal se produjeron tallos más pesados, de tal manera que con altas dosis de calcio las cantidades de este elemento que no logran entrar al citosol quedan en la pared celular, situación que genera células más pesadas (Taiz y Zeiger, 1998; Marschner, 2002); esto, probablemente es lo que ocurre en los tejidos de la planta de tomate.

Estos resultados difieren a los reportados por Ruíz *et al.*, (2008), quienes evaluaron el efecto del calcio al momento de riego en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), por cuanto ellos obtuvieron un rango de masa fresca de 18,52 y 33,16 gramos, hasta los 60 días después del trasplante, tiempo que duró su ensayo. Esos resultados son muy bajos, en comparación con los de la presente investigación. Esta diferencia se debe posiblemente a que los autores citados, solo tuvieron en cuenta las hojas y no el tallo al momento de hacer las mediciones en esta variable, además el autor destaca que solamente se realizaron dos evaluaciones por cuanto los niveles de infestación de plagas y enfermedades fueron muy altos, así como también la presión de pesticidas, lo cual afectó las variables de muestreo.

Conclusiones

El encalado en suelos ácidos de Sucre y de baja oferta nutricional induce a que la planta de tomate mejore fisiológicamente, siendo la dosis de 3 ton.ha⁻¹ donde se encontraron las mejores respuestas. Sin embargo, No hubo variación significativa en las variables biomasa seca e inicio de floración, evidenciando que la cal comercial que se utilizó no influye positivamente en estas dos variables.

Referencias

- Afsana, N., Mahbub, M., Hossain, E., Nizam, R., Monalesa, N., Hussain, A., Parvin, S. (2017). Response of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to Salicylic Acid and Calcium. Journal of Applied Life Sciences International. 15(2). p. 1-7.
- Alarcón A.L., Madrid R., Egba c., Guillén l., (1999). Calcium deficiency provoked by the application of different forms and concentrations of Ca²⁺ to soil-less cultivated muskmelons. Scientia Horti., 81: 89-102.
- Anzorena, J., (1994). Sustratos. Propiedades y caracterización. España: Mundi-Prensa. 172p.
- Atkinson, C., Mansfield, T., Ke, A., Oavies, W., (1989). Control of stomatal aperture by calcium in isotoped epidermal tissue and whole leaves of *Commelina communis* L, New Phytologist, 111.p.9-17.

- Barraza, F., (2000). Crecimiento del Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) en cuatro soluciones nutritivas bajo invernadero. Tesis de Maestro en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 142 p.
- Cabral, E., (2008). Reacción del suelo: manejo de suelos ácidos y salinos. Montería: Centro de publicaciones Universidad de Córdoba. 145p.
- Correa, R. y Carrillo, L., (2013). Sistema de indicadores ambientales de Colombia. Colombia: Instituto Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM. 6p.
- Dayod, M., Donald, S., Allen, R., Gilliam, M., (2010). Calcium storage in plants and the implications for calcium biofortification. Protoplasma. Australia: Springer. 1-17p.
- Fernández, C., Urdaneta, N., Silva, W., y Poliszukh, Marin, M., (2006). Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) cv Rio Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. Revista Facultad Agronomía Universidad del Zulia 23: 22-26.
- Ferreira, M., Ferreira, G., Fontes, P., Dantas, J., (2006). Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. Horticultura Brasileira. 24: 141-145.
- Fiori, M., (2006). Comportamento de cultivares de tomateiro quanto à utilização de escórias siderúrgicas em ambiente protegido. 54p. Dissertação Mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade de Marília- UNIMAR. Marília, SP.
- Fogg, G.E., (1967). El crecimiento de las plantas. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA). 327p.
- Fornaris, G. J., (2007). Conjunto tecnológico para la producción de tomate, características de la planta. publicación 166. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- Jarma, A., Buitrago., C., Gutiérrez, S., (1999). Respuesta del crecimiento de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L. var. Blue Lake) a tres niveles de radiación incidente. Revista COMALFI 26(1-3), 62-73.
- Jaunin F., Hofer R.M., (1988). Calcium and rhizodermal differentiation in primary maize roots. J. Exp. Bot., 39: 587-593.

- Lazcano, I., (2000). Deficiencia de Ca en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Informaciones Agronómicas, Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá, 39: 7-8.
- Li, Y., Stanghellini, C., Challa, H., (2001). Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L). Scientia Horticulturae 88: 1129 - 1135.
- Lobo, M. y Jaramillo, J., (s.f.). Tomate. En: Hortalizas, manual de asistencia técnica. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de divulgación tecnológica, Convenio ICASENA. Bogotá. pp. 41-67.
- MADR., (2017). Anuario Estadístico del Sector Agropecuario. Red de Información y Comunicación Estratégica del Sector Agropecuario – AGRONET Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2017. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>
- Marschner, H., (2002). Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press London. 889p.
- Petoseed Co. Inc., (s.f.) Siembre los híbridos Petoseed. La compañía de las semillas híbridas. Luis Alberto Arroyave H. y Cía Ltda., Bogotá. 20 p.
- Ramalho J.E., Rebelo M.E., Santos M.E., Antunes, M.L., Nunes M.A., (1995). Effects of calcium deficiency on *Coffea arabica*. Nutrient changes and correlation of calcium levels with some photosynthetic parameters. Plant Soil, 172: 87-96.
- Rao, A., (2002). Lycopene, tomatoes, and the prevention of coronary heart disease. Experimental Biology and Medicine, 227: 908-913.
- Rodríguez, D., Pontes, A., Minami, K., Dos Santos, D., (2002). Quantidade absorvida e concentrações de micronutrientes em tomateiro sob cultivo protegido. Sci. Agric 59(1):137-144.
- Ruíz, C., Russián, T., Tua, D., (2008). Efecto del momento del riego y el nitrato de calcio en plantas de tomate (*Lycopersicom esculentum* L.). Revista Facultad. Agronómica. (LUZ). 25: 421-439.
- Salisbury, F y Ross, C., (1994). Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A., México. 759 p.
- Sam, E., (2000). El uso del calcio soluble para estimular el crecimiento vegetal. Comunicaciones Agrícolas. El Sistema Universitario Texas

A&M. 4p. Disponible desde Internet:http://www.tcebookstore.org/publications_getfile.cfm?getfile=pdf&whichpublication=1121.

Shubang, N., (2002). Effect of water stress during flowering on macademia plants. J. Southwest Agric. Univ. 24: 34–37

Sirvansa, R., (2000). Tolerance to water stress in tomato cultivars. Photosyntetica 38: 465–467.

Taiz, L. y Zeiger, E., (1998). Plant physiology, 2nd edition. Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland. 792p.

Taylor, M. y Locascio, S., (2004). Blossom-End Rot: A Calcium Deficiency. Journal of Plant Nutrition 27(1):123-139.