

# **EVALUACIÓN DE FERTILIZANTES LIBRES DE CARBONATOS Y CLORUROS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L) BAJO INVERNADERO, Y EL EFECTO RESIDUAL EN LA SALINIDAD DEL SUELO.**

*Jenny Marcela Montoya Grajales<sup>1</sup>, Angela María Rendon Ríos<sup>1</sup>*

1: Estudiantes de agronomía de la *Universidad Católica de Oriente, facultad de Ciencias Agropecuarias, Rionegro.*

## **1. RESUMEN**

El tomate (*Solanum lycopersicum* L) es una de las hortalizas más difundidas a nivel mundial y la de mejor valor económico, no obstante, las producciones se han visto limitadas por un gran número de factores, entre estos se encuentra la salinidad, la cual se constituye como uno de los agentes de mayor incidencia para este cultivo. Teniendo en cuenta lo anterior, la investigación tiene como objetivo evaluar los aportes de salinidad de fertilizantes no convencionales frente a los fertilizantes convencionales, y la respuesta de plantas de tomate chonto en la producción, este estudio se realizó en la vereda La Milagrosa del municipio de El Carmen de Viboral. Se evaluaron dos tratamientos, en el primero se hizo la siembra de 300 plántulas de tomate y se usó la fertilización no convencional, donde se utilizó productos a base de NPK y microelementos, libres de cloruros y carbonatos de sodio, en el segundo tratamiento se sembraron 300 plántulas y se suministró la fertilización convencional, que consistió en la aplicación de fertilizantes a base de NPK y microelementos. Se estudiaron las variables conductividad eléctrica y concentración de sodio, por medio de análisis de suelo, y se tomaron datos de producción durante el tiempo del experimento. Para el análisis de datos se realizó un ANOVA y una prueba Tukey, del mismo modo se evaluaron los efectos simples de los tratamientos. Para las variables de conductividad eléctrica y sodio se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ), de igual forma, para la variable producción se halló que con la fertilización no convencional se obtuvo mayor cantidad de kilos por tratamiento (1733), y mayor cantidad de kilos por planta (5.71), y con la fertilización convencional se obtuvo menor cantidad de kilos por tratamiento (1390) asimismo, menor cantidad de kilos por planta (4.96).

**Palabras claves:** Salinidad, tomate, fertilización no convencional, fertilización convencional, conductividad eléctrica, producción, sodio.

## **ABSTRACT**

Tomato (*Solanum lycopersicum* L) is one of the most widespread vegetables worldwide and the one with the best economic value, however, production has been limited by a large number of factors, among these is salinity, which is one of the agents of greatest incidence for this crop. Considering the above, the objective of this research is to evaluate the salinity contributions of non-conventional fertilizers compared to conventional fertilizers, and the response of cherry tomato plants in production. This study was carried out in the La Milagrosa area of the municipality of El Carmen de Viboral. Two treatments were evaluated, in the first one, 300 tomato seedlings were planted and non-conventional fertilization was used, where products based on NPK and microelements, free of chlorides and sodium carbonates, were used; in the second treatment, 300 seedlings were planted and conventional fertilization was applied, which consisted in the application of fertilizers based on NPK and microelements. The variables electrical conductivity and sodium concentration were studied by means of soil analysis, and production data were collected during the time of the experiment. For data analysis, an ANOVA and a Tukey test were performed, and the simple effects of the treatments were also evaluated. For the variables of electrical conductivity and sodium, significant differences were found between treatments (P0.05). Similarly, for the variable production, it was found that with non-conventional fertilization a greater number of kilos per treatment (1733) and a greater number of kilos per plant (5.71) were obtained, and with conventional fertilization a lower number of kilos per treatment (1390) and a lower number of kilos per plant (4.96) were obtained.

**Key words:** Salinity, tomato, non-conventional fertilization, conventional fertilization, electrical conductivity, yield, sodium.

## **2. INTRODUCCIÓN**

El tomate (*Solanum lycopersicum* L) es conocido popularmente como “tomate de aliño” o “tomate chonto”, esta hortaliza es distinguida a nivel mundial por sus propiedades culinarias infinitas; el consumo es cada vez mayor y los productores están en continua búsqueda de

eficiencia en sus cultivos para lograr suplir los mercados propios y foráneos. Hernández, *et al.*, (2001), afirman que “A nivel mundial, el tomate es una de las hortalizas más difundidas y por ende la de mejor valor económico, esta se encuentra representando el 30% de la producción hortícola”, hecho que nos muestra la importancia del mismo y la proporción con respecto a otras hortalizas; esto se confirma con lo expuesto por Mazo, (2016), al afirmar que “China cuenta con la mayor productividad de esta hortaliza en el mundo, obteniendo 56.308 millones de kilos, seguido por la India y Estados Unidos, mientras que Colombia solo alcanza a producir 632.288 toneladas”, reafirmando así la incidencia a nivel mundial de esta hortalizas, su consumo y producción; si bien Colombia no es una gran potencia en este producto, podemos ir a las estadísticas locales y de la región Oriente del departamento, las cuales concluyen que a nivel nacional, actualmente el departamento de Antioquia se ha posicionado con la mayor producción al consolidar 156.421 toneladas, seguida por Norte de Santander, con 86.017 y Boyacá con 72.851 (García., *et al* 2020).

Como se enunció anteriormente, la alta demanda de este producto ha ocasionado un afán productivo dentro de todas las cadenas agrícolas con el fin de lograr unos altos rendimientos, (Escobar, 2009). Sin embargo, Amezketa (2006) afirma que tales producciones se han visto limitadas por un gran número de factores, entre ellos se destacan el clima, tipos de suelos, problemas fitosanitarios, inadecuada aplicaciones de fertilizantes y la salinidad, siendo este último uno de los más limitantes.

Según Chinnusamy *et al.*, (2005), especies de hortalizas tales como el *Solanum lycopersicum*, es considerada una especie glicófito, es decir, sensible al exceso de salinidad en el suelo, hecho que generalmente presenta efectos negativos, entre estos se destacan los fisiológicos, morfológicos y bioquímicos, los cuales se hacen evidentes en el rendimiento de las plantas, debido a que los frutos pueden presentar menor peso y tamaño, (Singh y Chatrath, 2001). Llega a ser tan importante el abordaje de las problemáticas de la salinidad en los suelos donde se cultiva tomate que se pueden encontrar alteraciones en la síntesis de proteínas debido a las modificaciones en la expresión de los genes (Fita *et al.*, 2015). Por otro lado, Goykovic y Saavedra, (2007), postulan que la salinidad en los suelos puede ser causada por factores naturales o antrópicos, dentro de los factores naturales se incluye el inadecuado drenaje natural, es decir,

cuando los suelos son poco permeables o hay capas freáticas superficiales; del mismo modo, los suelos se convierten salinos cuando el material geológico original es rico en sales y también por factores climáticos.

Los suelos se salinizan cuando hay o se aplica en gran cantidad cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) sulfatos ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) y carbonatos ( $\text{CO}_3^{-2}$ ), lo que induce a serias complicaciones en el metabolismo de la planta (Coca *et al.*, 2012). Es desde allí donde la problemática se hace más grande y es por eso que se considera pertinente hacer cambios con el fin de llegar a un aprovechamiento mayor del suelo y para que la producción cada vez sea más grande y de mejor calidad. Según Munns, (2005) en la actualidad hay alrededor de 800 millones de hectáreas de tierra cultivadas en todo el mundo que se ven afectadas por salinización, de estos 397 millones lo son por problemas de salinidad y 434 millones por condiciones de sodicidad; en Colombia, aproximadamente el 7% de los suelos están afectados por problemas de este tipo (FAO, 2009). Teniendo en cuenta todo lo anterior, se planteó la investigación con el objetivo de evaluar los aportes de salinidad de fertilizantes no convencionales frente a los fertilizantes convencionales, y la respuesta de plantas de tomate chonto (*Solanum lycopersicum* L) en la producción.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Área de estudio**

La ejecución de la presente investigación se realizó en la vereda La Milagrosa del municipio de El Carmen de Viboral, ubicado en la subregión Oriente del departamento de Antioquia (Colombia), coordenadas  $6^{\circ}02'57.94''$  N  $75^{\circ}20'53.76''$  O, con una temperatura promedio de  $20^{\circ}\text{C}$ , precipitación de 1216 mm, y un terreno con topografía ondulada.

La investigación se llevó a cabo en un terreno de  $600\text{ m}^2$  bajo invernadero, cuyo uso principal es para la producción de tomate chonto. Se realizó una caracterización físico – química inicial del estado del suelo, por medio de un análisis edafológico, con el fin de conocer cómo se encontraba este, para ello, se tomaron 10 submuestras en zigzag de todo el terreno; luego se procedió con la siembra de las plantas de tomate chonto variedad roble, las cuales se establecieron a final del mes de diciembre del año 2021, a una distancia de 43 cm entre plántulas y 1 m entre surcos para un total de tres hileras, cada una de 100 plántulas.

Se evaluaron dos tratamientos, por lo tanto, el terreno se dividió en dos parcelas, en el tratamiento uno se hizo la siembra de 300 plántulas de tomate y se usó la fertilización no convencional, donde se aplicó productos a base de NPK y microelementos, libres de cloruros y carbonatos de sodio, (tabla 1). Los fertilizantes empleados en ambos tratamientos fueron cristales hidrosolubles, por lo tanto, las aplicaciones se hicieron por fertirriego.

PRODUCTO	DOSIS	TIEMPO (DÍAS)	FRECUENCIA	NÚMERO DE APLICACIONES
<b>NPK (13-40-13)</b>	2 gr/l	0 al 60	Dos veces a la semana	120
	3 gr/l	60 al 120	Dos veces a la semana	180
<b>NPK (10-5-40)</b>	2 gr/l	60 al 90	Dos veces a la semana	60
	3 gr/l	120 al 150	Dos veces a la semana	60
	5 gr/l	150 al 210	Dos veces a la semana	180

**Tabla 1.** Aplicaciones parcela no convencional.

En la otra parcela se sembraron 300 plántulas y se suministró la fertilización convencional, la cual consistió en la aplicación de fertilizantes a base de NPK y microelementos, (tabla 2). Asimismo, se realizaron aplicaciones foliares de fertilizantes para proporcionarle a la planta otros elementos necesarios que no se alcanzaban a suplir con los cristales solubles como lo son calcio, potasio, boro y magnesio, estas aplicaciones foliares se hicieron con ayuda de una boquilla cono hueco, con el fin de garantizar que fuera una aspersion uniforme, y así evitar que cayeran gotas al suelo que podrían alterar los resultados; igualmente se proporcionó agua tres veces al día a todas las plantas. También, se realizó un monitoreo de plagas y enfermedades para saber en qué momento se debía asperjar el cultivo con un determinado agroquímico.

PRODUCTO	DOSIS	TIEMPO (DÍAS)	FRECUENCIA	NÚMERO DE APLICACIONES
<b>NPK (13-36-12)</b>	2 gr/l	0 al 60	Dos veces a la semana	120
	3 gr/l	60 al 120	Dos veces a la semana	180
<b>NPK (10-7-34)</b>	2 gr/l	60 al 90	Dos veces a la semana	60
	3 gr/l	120 al 150	Dos veces a la semana	60
	5 gr/l	150 al 210	Dos veces a la semana	180

**Tabla 2.** Aplicaciones parcela convencional.

### **3.2 Muestreo del suelo**

Para cada tratamiento se tomaron muestras de suelo mensuales durante 8 meses, con el objetivo de conocer el comportamiento de la salinidad en el suelo, por medio de la conductividad eléctrica (CE) y el sodio (Na). Las muestras se recolectaron completamente al azar, se recogieron 20 submuestras por cada uno de los tratamientos, esto con el propósito de completar una muestra total de 2 kg. Ahora bien, para garantizar una buena recolección de las muestras se realizó un hoyo con la ayuda de una pala, a una profundidad de 25 cm; estas muestras fueron almacenadas en una bolsa hermética y luego fueron enviadas a un laboratorio especializado para el correspondiente análisis de los factores físico – químicos.

### **3.3 Producción**

Los datos de producción fueron tomados a partir de la semana 14 (catorce) para ambos tratamientos, para ello, se escogieron 10 (diez) plantas al azar y se procedió a pesar la cantidad cosechada de cada planta (gramos/planta), a estas mismas plantas se les midió el peso durante todo el ciclo del cultivo. En la semana 14, 15 y 16 se realizó la cosecha sola una vez a la semana, y a partir de la semana 17 hasta la 22 la recolección se hizo dos veces por semana, ya que la producción era mayor. En la semana 23 hasta la 27 nuevamente se volvió a cosechar sola una vez a la semana. Además, durante el tiempo de cosecha se recolectaron los frutos de todas las plantas de cada tratamiento y luego se pesaron para sacar el total de kilogramos.

### **3.4 Análisis estadístico**

Para evaluar el efecto de los fertilizantes sobre las plantas de tomate, se estableció un experimento con ordenamiento en los tratamientos completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo para las variables de producción (producción de tomate por planta y producción total de tomate de los tratamientos), para las variables conductividad eléctrica y concentración de sodio en las camas se realizó un ANOVA simple durante todo el tiempo del experimento y luego se aplicó la prueba de Tukey para verificar si habían diferencias significativas entre los tratamientos, esto se hizo por medio del software R (*R Core Team* 2022). Los parámetros de los modelos de crecimiento evaluados fueron estimados utilizando el procedimiento GLM (Modelos lineales generalizados) del programa citado. Para la variable

producción el modelo que mejor se ajustó fue el simétrico compuesto, en el cual se evaluaron los efectos simples de los tratamientos.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1 Conductividad eléctrica

En los análisis físico-químicos realizados para cada tratamiento, se evidenció diferencias significativas en la conductividad eléctrica entre el tratamiento no convencional y el convencional (tabla 3), el tratamiento 1 (fertilización no convencional) arrojó una media de 0.38 dS/m mientras que el tratamiento 2 (fertilización convencional) obtuvo una media de 1.21 dS/m.

Mínima diferencia significativa		0.82
Tratamiento	Media	Grupo
No convencional	0.38	a
Convencional	1.21	b

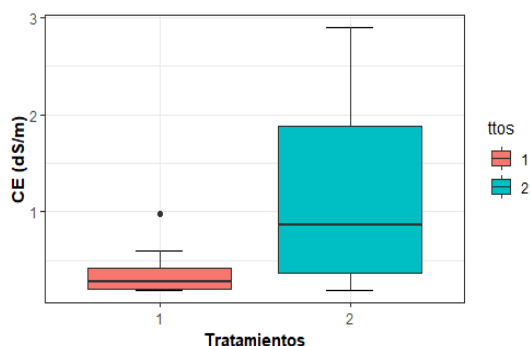
**Tabla. 3.** Prueba de Tukey para CE, grupos con diferentes letras representan diferencias significativas.

De acuerdo con Lara (1999), debido a que las plantas de tomate son medianamente susceptibles a la salinidad, la conductividad eléctrica para que el cultivo del tomate chonto tenga una adecuada producción comercial debe tener un valor por debajo de los 2 dS/m.

Marchese *et al.*, (2008) en su experimento acerca del efecto residual del riego con agua salina sobre las sales totales en el suelo y en el crecimiento y rendimiento del tomate, determinaron que los efectos negativos de la salinidad en este cultivo se hacen evidentes cuando los valores de la conductividad eléctrica son superiores a 2,5 dS/m para el caso de los frutos, cuando son superiores a 4,5 dS/m para hojas y tallos y cuando el valor supera los 6.0 dS/m se pueden ver afectadas en mayor medida las raíces de la planta, y por tanto la absorción de nutrientes disponibles en el suelo.

Por otro lado, en la figura 1 se observa el comportamiento de la conductividad (CE) durante el tiempo del experimento, en donde se puede ver que para la fertilización no convencional la conductividad siempre se mantuvo en valores inferiores a 1 dS/m, es decir, no estuvieron tan dispersos con respecto a la mediana, mientras que en el tratamiento 2 se

obtuvo valores por encima de 1 dS/m y se encontraban disgregados. Esto indica que, para manejar la salinidad en el suelo en el cultivo de tomate bajo invernadero, las fertilizaciones que son libres de cloruros y carbonatos presentan mejores condiciones que las que se aplican convencionalmente, lo cual coincide con lo obtenido por De pascale *et al.*, (2002), quienes en su estudio hallaron que a las plantas de tomate que se les realizó fertilizaciones con productos libres de Na y Cl, alcanzaron una conductividad de 1,6 dS/m, mientras que, las plantas que fueron fertilizadas con productos convencionales consiguieron una conductividad eléctrica de 4.0 dS/m, por lo tanto, se encontraron limitaciones en el desarrollo radicular, crecimiento y productividad de las plantas.



**Figura. 1.** Comparación de la CE entre los tratamientos.

#### 4.2 Contenidos de Sodio (Na)

En la tabla 4 se puede ver que al aplicar la prueba de Tukey los resultados muestran que existe una diferencia significativa entre ambos tratamientos, el tratamiento 1 (fertilización no convencional) arrojó una media de 0.13 cmol/kg mientras que el tratamiento 2 (fertilización convencional) obtuvo una media de 0.43 cmol/kg, lo cual indica que esta última alcanzó mayor cantidad de sodio durante el tiempo del experimento.

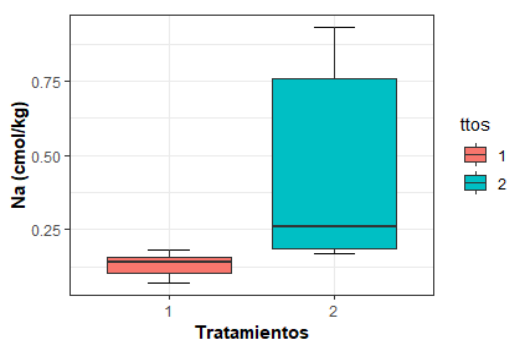
Mínima diferencia significativa		0.24
Tratamiento	Media	Grupo
No convencional	0.13	b
Convencional	0.43	a

**Tabla. 4.** Prueba de Tukey para Na, (grupos con diferentes letras representan diferencias significativas).



Este resultado concuerda con lo encontrado por Komosa y Gorniak (2015), quienes en su estudio reportan que las fertilizaciones que incluyen en sus elementos cloruros de sodio en variedades de tomate bajo condiciones controladas, obtienen mayores valores de Na (3,5 cmol/kg) que las que se realizan con fertilizantes libres de este elemento (1,2 cmol/kg); por lo anterior Shiyab (2013) afirma que concentraciones de sodio altas en el cultivo de tomate afectan el crecimiento y la adsorción de elementos esenciales para la planta, como lo son el N, P, K, Ca, S, y Zn.

De igual modo, en la figura 2 se observa el comportamiento del sodio (Na) durante el ensayo, de este diagrama se infiere que para el tratamiento no convencional la concentración de sodio fue baja, manteniendo valores entre 0.05 y 0.2 cmol/kg, a diferencia del tratamiento convencional que tuvo valores entre 0.2 y 0.97 cmol/kg, lo cual indica que el sodio fue alto respecto a la fertilización no convencional. Según Nacimba (2011), se producen afectaciones que son considerables cuando se aplica sodio a concentraciones entre 2,0 y 6.0 cmol/kg, entre estas afectaciones se encuentran el aporte de salinidad al suelo, la cantidad de semillas germinadas, longitud del tallo y de las raíces y las limitaciones en la producción de tomate chonto. Del mismo modo, Parra (2016) afirma que proporciones entre 50 y 75% de Na, afecta en gran medida las concentraciones nutricionales en las hojas y tallos de algunos cultivares de tomate.

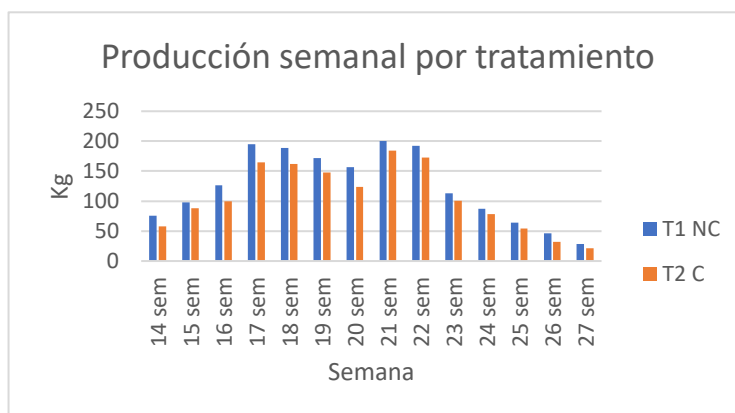


**Figura. 2.** Comparación del Na entre los tratamientos.

### 4.3 Producción

En la figura 3 se evidencia de manera general el comportamiento en el tiempo de la producción total semanal por cada tratamiento, se obtiene que la mayor producción para el tratamiento no convencional ocurrió en la semana 21, con un valor de 200 kg/tratamiento,

mostrando un crecimiento del 9% con respecto al tratamiento convencional, (184 kg/tratamiento) para la misma semana; por otra parte, el mayor porcentaje de crecimiento entre los tratamientos ocurrió en la semana 26 con un 44% donde el tratamiento no convencional obtuvo 46 kg mientras que el convencional 32 kg. Estos resultados son similares a lo obtenido por Salazar (2016), en donde el incremento en la productividad de plantas de tomate bajo invernadero fue superior aplicando fertilizaciones compuestas, libres de aniones y cationes, que cuando se les aplicó fertilizaciones simples, libres de aniones y cationes, la conductividad eléctrica mantuvo valores estables en donde se aplicó la fertilización libre de aniones y cationes. Bojórquez (2001) considera que las fertilizaciones que dentro de sus elementos incluyen aniones como los cloruros y nitratos y cationes como el sodio, no contribuyen para tener una buena producción y calidad en el cultivo de tomate; además, la adsorción nutricional de elementos claves para la planta se ve gravemente limitada.



**Figura. 3.** Producción total por tratamiento.

Por otra parte, en el análisis de los efectos simples se encontró que en cada cosecha la producción de las 10 plantas elegidas al azar en la fertilización no convencional fue superior a la convencional, en la tabla 5 se evidencia que en las semanas 14, 15 y 16 las diferencias no fueron significativas entre ambos tratamientos, ya que esta no supera los 30gr por las 10 planta, mientras que entre las semanas 17 y 27 la diferencia en las producciones obtenidas entre el tratamiento no convencional y convencional fue superior a los 30 gr por las 10 plantas, mostrando mayor producción el tratamiento no convencional y presentando la mayor diferencia en la semana 20, en donde a las 10 plantas de la parcela convencional se le cosecharon 296,6 gr y a las plantas de

la parcela no convencional 477,6 gr, lo que equivale a una diferencia del 61% entre los tratamientos.

<b>PRODUCCIÓN</b>		
	<b>gr/planta</b>	
<b>Tiempo (semana)</b>	<b>Tratamientos</b>	
	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>14</b>	102.8 ± 11.51	99.5 ± 11.51
<b>15</b>	229.1 ± 11.51	203.3 ± 11.51
<b>16</b>	311.0 ± 11.51	299.6 ± 11.51
<b>17</b>	363,3 ± 8.05 <sup>a</sup>	203,7 ± 8.05 <sup>b</sup>
<b>18</b>	429,2 ± 8.05 <sup>a</sup>	304,8 ± 8.05 <sup>b</sup>
<b>19</b>	511.9 ± 8.05 <sup>a</sup>	409.6 ± 8.05 <sup>b</sup>
<b>20</b>	477.6 ± 8.05 <sup>a</sup>	296.6 ± 8.05 <sup>b</sup>
<b>21</b>	354.1 ± 8.05 <sup>a</sup>	320.9 ± 8.05 <sup>b</sup>
<b>22</b>	463.8 ± 8.05 <sup>a</sup>	289.0 ± 8.05 <sup>b</sup>
<b>23</b>	300.8 ± 11.51 <sup>a</sup>	262.1 ± 11.51 <sup>b</sup>
<b>24</b>	402.5 ± 11.51 <sup>a</sup>	322.1 ± 11.51 <sup>b</sup>
<b>25</b>	316.0 ± 11.51 <sup>a</sup>	274.9 ± 11.51 <sup>b</sup>
<b>26</b>	210.1 ± 11.51 <sup>a</sup>	158.8 ± 11.51 <sup>b</sup>
<b>27</b>	198.6 ± 11.51 <sup>a</sup>	119.4 ± 11.51 <sup>b</sup>
<b>Producción (kg/tratamiento)</b>	1713	1488
<b>Producción (kg/planta)</b>	5,71	4,96

**Tabla 5.** <sup>a,b</sup> Medias con letra distinta dentro de la misma fila son significativamente diferentes (P<0.05).

En cuanto a la producción total por tratamiento se obtuvo que la parcela a la cual se le hizo la fertilización no convencional se le cosecharon 1733 kg durante el experimento, mientras que, en el convencional 1390 kg, en donde la producción en la fertilización no convencional tuvo un incremento del 24,6%, (figura 5). Según un estudio realizado por Salazar (2016) la fertilización compuesta libre de aniones y cationes obtiene mayores rendimientos en el cultivo de tomate 135.74 toneladas por hectárea, respecto a las fertilizaciones compuestas con presencia de iones y cationes, en esta el rendimiento es mucho menor tomando un valor de 94,73 toneladas por

hectárea, lo cual muestra diferencias de un 30,21% más de producción con la fertilización libre de aniones y cationes.

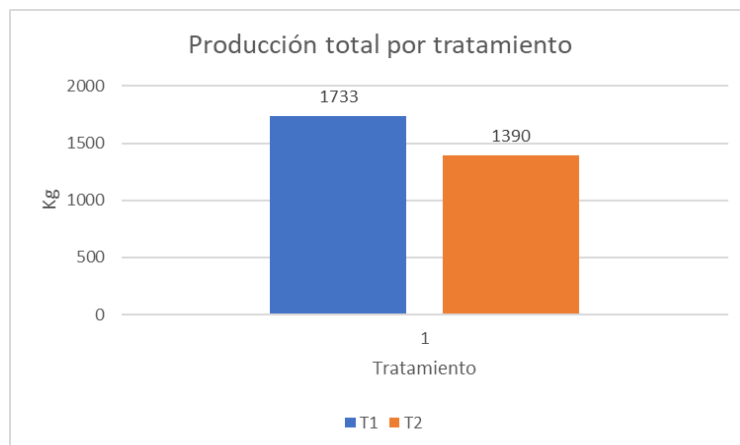


Figura 5. Producción por tratamiento.

De igual manera, se evidencia que en el tratamiento 1 una planta llegó a producir en promedio 5.71 kg y en el tratamiento 2 la producción promedio por planta fue de 4,96 kg, lo cual indica que el rendimiento por planta en la fertilización no convencional fue mayor que en la fertilización convencional. Según estadísticas del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018) la producción mundial de tomate por planta durante el ciclo del cultivo es de 7 kg/planta. Por lo tanto, las plantas que se les realizó la fertilización no convencional estuvieron más cerca de estas estadísticas, que a las que se les aplicó la fertilización convencional.

Por otro lado, en cuanto a los costos de ambos tratamientos, en la tabla 6 se refleja que una planta fertilizada de manera no convencional, cuesta \$147,2 en la primera fase del cultivo y \$336 para la fase final, además, un valor por tratamiento de \$144.960; mientras que fertilizar una planta con la convencional cuesta \$102,4 en la fase inicial y \$304 en la fase final, y un total por tratamiento de \$121.920; del mismo modo, la aplicación por hectárea en la fertilización no convencional cuesta \$11.113.600, y en la fertilización convencional cuesta \$ 9.347.200, asumiendo un valor de 23.000 plantas/hectárea.

	Tiempo (Semana)	Producto	Dosis (gr/l)	Precio (\$ gr/l)	Cantidad (semana/planta)	Frecuencia (Semana)	Costo en pesos \$ (Aplicación /planta)	Costo en pesos \$ (Aplicación total /300plantas)	Costo en pesos \$ (aplicación total/hectárea)
Tratamiento 1	.0-8	NPK (13 – 40 - 13)	2	9,2	0,2	2	147,2	\$ 144.960	\$ 11.113.600
	.8-16		3						
	.8-12	NPK (10 - 5 - 40)	2	8,4			336		
	.16- 20		3						
	.20-27		5						
Tratamiento 2	.0-8	NPK (13 – 36 - 12)	2	6,4	0,2	2	102,4	\$ 121.920	\$ 9.347.200
<b>Costos totales</b>			<b>Tratamiento 1</b>			<b>Tratamiento 2</b>			
<b>Producción (kg/tratamiento en 300 plantas)</b>			1713			1488			
<b>Producción (kg/planta)</b>			5.71			4.96			

**Tabla 6.** Costos de los tratamientos.

## 5. CONCLUSIONES

Se encontró que con la aplicación de fertilizantes no convencionales se redujo la salinidad en el suelo, mediante la conductividad eléctrica (0.591 dS/m), y sodio (0.07 cmol/kg), respecto a la fertilización convencional que obtuvo valores más altos de conductividad eléctrica (2,576 dS/m) y de sodio (0.76 cmol/kg).

El suelo donde se hizo el experimento inicialmente presentaba una conductividad eléctrica (CE) en 0.198cmol/kg, y al final del ensayo la CE de la fertilización no convencional terminó en 0.59 cmol/kg, y en la fertilización convencional terminó en CE=2.576cmol/kg.

La parcela a la que se le realizó la fertilización no convencional tuvo mayores valores productivos 5.71 kg/planta, respecto a la parcela que se le aplicó la fertilización convencional que alcanzo un valor de 4,96 kg/planta.

El tratamiento no convencional tiene un valor más elevado de costos (\$144.960) respecto al tratamiento convencional (\$121.920), pero al aplicar la fertilización no convencional se obtienen mayores rendimientos y se contribuye con la conservación del suelo, al ser productos libres de cloruros y carbonatos.

## **6. RECOMENDACIONES**

El estudio permitió encontrar que se puede emplear fuentes no convencionales de fertilización edáficas libres de cloruros y carbonatos a las dosis especificadas en el apartado de metodología, para obtener buenos rendimientos en el cultivo de tomate bajo invernadero y bajo efecto residual de la salinidad en el suelo.

Se recomienda realizar este experimento en mayores proporciones, es decir, tener varios cultivos experimentales en diversos lugares, con el fin de verificar si la fertilización no convencional se comporta igual en diferentes tipos de suelos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amezqueta, E. (2006). Problemática relacionada con la salinidad del suelo en Navarra. Disponible desde Internet en: <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/DC788C10-FD10-4CAB-9829-67EAC828A8C6/0/NavarraSalinidadSuelos.pdf> (con acceso 04/07/2011). Tabla, 5
- Armenta-Bojórquez, A. D., Baca-Castillo, G. A., Alcántar-González, G., Kohashi-Shibata, J., Valenzuela-Ureta, J. G., & Martínez-Garza, A. (2001). Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Revista Chapingo Horticultura*, 7(1), 61-75.
- Chinnusamy, V., Jagendorf, A., & Zhu, J. K. (2005). Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop science*, 45(2), 437-448.
- Coca, A., Carranza, C. E., Miranda, D., & Rodríguez, M. H. (2012). Efecto del NaCl sobre los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad de la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) bajo condiciones controladas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(2), 196-212.
- DANE - Departamento Administrativo Nacional de estadística (2018). Rendimientos totales y por planta en el cultivo de tomate bajo invernadero. Disponible en <https://www.dane.gov.co/>, [consultado 11 de septiembre del 2022].
- De Pascale, S., Maggio, A., Angelino, G., & Graziani, G. (2002, June). Effect of salt stress on water relations and antioxidant activity in tomato. In *VIII International Symposium on the Processing Tomato 613* (pp. 39-46).
- Escobar, H., & Lee, R. (2009). Manual de producción de tomate bajo invernadero. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- FAO, A. (2009). Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. Consulted the, 19-12.
- Fita, A., Rodríguez-Burruezo, A., Boscaiu, M., Prohens, J. y Vicente, O. (2015). Mejora y domesticación de cultivos adaptados a la sequía y la salinidad: un nuevo paradigma para incrementar la producción de alimentos. *Frontiers in Plant Science*. 6, 978.
- García, I. L., Santos, A., Montorio, A. M., Yanguas, J. M. B., Burgos, J. M., & Ruiz, S. C. (2020). Tomate de industria. Campaña 2019. Navarra agraria, (239), 11-19.
- Goykovic Cortés, V., & Saavedra del Real, G. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia (Arica)*, 25(3), 47-58
- Herrera, A. L. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra latinoamericana*, 17(3), 221-229.

- Hernández, M. I., & Chailloux, M. (2001). La nutrición mineral y la biofertilización en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Temas de Ciencia y Tecnología*, 15(3), 11-27.
- Komosa, A., & Górnjak, T. (2015). The effect of chloride on yield and nutrient interaction in greenhouse tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) grown in rockwool. *Journal of Plant Nutrition*, 38(3), 355-370.
- Marchese, M., Tuttobene, R., Restuccia, A., Longo, A. M. G., Mauromicale, G., & Restuccia, G. (2008). Effects of electrical conductivity of irrigation water on the growth and production of *Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme* grown in greenhouse. *Irrigation in mediterranean agriculture: Challenges and innovation for the next decades*, (84), 311-315.
- Mazo, S. (2016). Organización para las naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, FAO. Seguridad alimentaria y Nutricional en el mundo y Colombia
- Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New phytologist*, 167(3), 645-663
- Nacimba Bonifa, M. P. (2011). Efecto de tres concentraciones de Cloruro de Sodio (NaCl) en variables del crecimiento y desarrollo de semillas de tomate (*Solanum lycopersium* L.), variedad Amalia 95 en condiciones de laboratorio.
- Parra Terraza, S. (2016). Cloruro/aniones y sodio/cationes en soluciones nutritivas y composición mineral de cultivares de tomate. *Terra Latinoamericana*, 34(2), 219-227
- Salazar Pillajo, L. G. (2016). *Efecto de dos alternativas de fertirrigación, con y sin fertilización foliar complementaria en el rendimiento del tomate industrial (Lycopersicum esculentun Mill.), bajo invernadero* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Shiyab, S. M., Shatnawi, M. A., Shibli, R. A., Al Smeirat, N. G., Ayad, J., & Akash, M. W. (2013). Growth, nutrient acquisition, and physiological responses of hydroponic grown tomato to sodium chloride salt induced stress. *Journal of plant nutrition*, 36(4), 665-676.
- Singh, K. N., & Chatrath, R. (2001). Breeding for adaptation to environmental factors. Chapter 8. Salinity Tolerance.
- Team, R. C. (2022). R development core team. *RA Lang Environ Stat Comput*, 55, 275-286.