PROYECTO:

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE SULFATO CÁLCICO COMO FERTILIZANTE EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL TOMATE DE INDUSTRIA

ELABORADO POR:

CTAEX. CENTRO TECNOLÓGICO AGROALIMENTARIO

PARA:

RODATERRA. SULFATO CÁLCICO DEL MEDITERRANEO

PERSONA DE CONTACTO:

ROBERTO ALONSO IZQUIERDO (rodaterra@rodaterra.com)

PEDRO JOAQUÍN ARTES GARCÍA (pedrojoaquinartesgarcia@gmail.com)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 2

2. MATERIAL Y MÉTODOS 3

2.1. Descripción del ensayo 3

2.2. Tratamiento aplicado 3

2.3. Realización del cultivo 5

3. RESULTADOS 7

3.1. Desarrollo del cultivo 7

3.2. Parámetros Tecnológicos 11

4. CONCLUSIONES 14

1. INTRODUCCIÓN

En 2015 en el mundo se produjeron 41,25 millones de toneladas (mT) de tomate de industria. AMITOM, la Asociación Mediterránea Internacional del Tomate, aglutina a países de la UE, países africanos, Rusia, Ucrania e Irán, produjo el 42% del tomate total procesado a nivel mundial (17,3 mT). Entre los países de la UE pertenecientes a AMITOM, destaca Italia como el mayor productor, con 5,3 mT, seguido de España. El siguiente grupo de países productores que más aporta a la producción mundial es NAFTA (EEUU, Canadá y México), con el 33,6%. A nivel de países, el país mayor productor de tomate de industria es Estados Unidos, donde se produjeron 13,4 mT en 2015, seguido de China, con 5,6 mT. El cuarto país en producción sería España, con 3 mT.

En España el tomate representa más de la mitad de la producción total del sector de conservas vegetales. Las principales zonas de producción de derivados del tomate son Extremadura, el Valle del Ebro y Andalucía. Extremadura, con aproximadamente un 75% de la producción total de transformados, elabora principalmente tomate concentrado, tomate en polvo, tomate frito, salsas de tomate y kétchup, además de tomate triturado y cortado en dados. En 2015 en Extremadura se cultivaron 22.159 ha de tomate de industria, lo que supuso el 76 % de la superficie cultivada a nivel nacional. En Extremadura funcionan en la actualidad 14 industrias transformadoras de tomate de industria, que recogen el tomate producido en la región, por parte de las 20 OPFH extremeñas, pero además recogen una parte del tomate que se produce en Andalucía y en Portugal.

La característica más destacable que ha marcado la campaña 2016 ha sido un retraso en la fecha de trasplante del tomate generalizado en toda la región, debido a las precipitaciones del mes de abril, las cuales dificultaron la entrada de maquinaria en campo, retrasando la fecha de inicio del cultivo en aproximadamente un mes. Según el último avance de la Asociación de la Mesa del Tomate, con fecha de 15 de Septiembre de 2016, la producción nacional se ha reducido en un 9,70% del inicial previsto para la campaña de 2016, encontrándose un descenso del 2,06% de la producción con respecto a la campaña de 2015.

En el cultivo del tomate de industria, los planes de fertilización se han centrado tradicionalmente en cubrir las necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio de la planta, aunque existen otros macronutrientes de gran importancia y a los que normalmente se les presta menor atención, como es el caso del magnesio o el calcio. El calcio es responsable de mantener unidas las paredes celulares de las plantas. Cuando el calcio es deficiente, los tejidos nuevos -tales como las puntas de las raíces, las hojas jóvenes y las puntas de los brotes- a menudo presentan un crecimiento distorsionado debido a la formación incorrecta de la pared celular. Dado que la movilidad del calcio en las plantas es limitada, la deficiencia de calcio aparece en las hojas más jóvenes y en el fruto, porque tienen una tasa de

transpiración muy baja. Por lo tanto, es necesario tener un suministro constante de calcio para un crecimiento continuo.

Por todo ello, el objetivo de este proyecto es evaluar el efecto de la aplicación de sulfato cálcico como fertilizante sobre la producción y calidad del fruto del cultivo del tomate de industria.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Descripción del ensayo

Con el fin de cumplir el objetivo del proyecto se planteó un ensayo de campo, en la finca experimental de CTAEX a lo largo de la campaña 2016, en el que se compararon 7 tratamientos fertilizantes (tabla 1), con la aplicación de 6 tratamientos con sulfato cálcico más un tratamiento control o testigo (LC7).

Tabla 1. Tratamientos ensayados.

Código	Sulfato cálcico	U.F.N. totales (%)
LC1	Fondo	100%
LC2	Fertirrigación	100%
LC3	Fondo	50%
LC4	Fertirrigación	50%
LC5	Fondo	75%
LC6	Fertirrigación	75%
LC7	-	100%

2.2. Tratamiento aplicado

El material fertilizante utilizado en el ensayo fue Yescal (sulfato cálcico), compuesto por los siguientes elementos:

- Azufre total (S)……47 %
- Calcio total (CaO)……32,7 %
- Hierro (Fe)……126 ppm
- Boro (B)……4 ppm
- Manganeso (Mn)……9,1 ppm
- Zinc (Zn)……5,7 ppm
- Cobre (Cu)……3,37 ppm

Figura 2. Sulfato cálcico disuelto con agitación durante su aplicación.

Las características principales del Sulfato Cálcico son las siguientes:

- Fertilizante rico en calcio y azufre
- Mejora y recupera la estructura del suelo
- Elimina la salinidad del suelo
- Ayuda al desarrollo de microorganismos del suelo
- Mejora la utilización del nitrógeno
- Reduce la infección de Phytophthora cinnamomi en raíces
- Producto autorizado en Agricultura Ecológica

Normalmente se aplica Calcio en forma de óxido de calcio o carbonato cálcico. En este ensayo se aplica como innovación el sulfato cálcico. Las aplicaciones de este producto se realizaron en las dosis descritas en la tabla 2. El abonado de fondo se llevó a cabo el día 7 de Abril de 2016, y la fertirrigación con sulfato cálcico tuvo lugar entre la segunda y octava semana del plan de fertilización, con un total de 7 aplicaciones. En la tabla 2 también pueden apreciarse las unidades fertilizantes totales aplicadas en cada uno de los campos de ensayo.

Tabla 2. Tratamientos fertilizantes aplicados en los campos de ensayo

Código	Aplicación Yescal[1]	Yescal (kg/ha)	U.F.N. (%)	U.F.N.	U.F.P	U.F.K.
LC1	F	2000 kg/ha	100%	159,4	79,5	162
LC2	G	200 kg/ha	100%	159,4	79,5	162
LC3	F	2000 kg/ha	50%	75,4	79,5	162,5
LC4	G	200 kg/ha	50%	75,4	79,5	162,5
LC5	F	2000 kg/ha	75%	112,4	79,5	162,5
LC6	G	200 kg/ha	75%	112,4	79,5	162,5
LC7	-	-	100%	159,4	79,5	162

En el campo de ensayo testigo (LC7), en lugar de Yescal (sulfato cálcico) fue incorporado nitrato cálcico en fertirrigación, con una dosis de 300 kg/ha.

2.3. Realización del cultivo

- Fertilización

La fertilización del ensayo siguió el plan de fertilización "estándar" diseñado para el cultivo del tomate de industria en la finca experimental de CTAEX, que consiste en aportar al cultivo las siguientes unidades fertilizantes: 159 N, 79 P, 162 K y 48 Ca. Todos los abonos utilizados en este ensayo, así como el momento de aplicación y las dosis se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Fertilizantes aplicados al cultivo del tomate de industria.

Fertilizante (N-P-K-Ca)	Momento aplicación	Dosis (kg/ha)	UF aportadas (N-P-K-Ca)
8-15-15-0	FONDO	530	42,4-79,5-79,5-0
9-0-0-16	Durante el ciclo de cultivo	300	27-0-0-48
20-0-0-0	Durante el ciclo de cultivo	150	30-0-0-0
10-0-10-0	Durante el ciclo de cultivo	600	60-0-60-0
0-0-15-0	Durante el ciclo de cultivo	150	0-0-22,5-0

Los productos fertilizantes aplicados durante el ciclo de cultivo son incorporados al suelo por fertirrigación, a través del riego localizado.
Como se ha comentado en el apartado 2.2, el fertilizante 9-0-0-16 fue utilizado exclusivamente en la parcela control (LC7), siendo sustituido por el sulfato cálcico en el resto de campos de ensayo y en las dosis descritas en la tabla 2.

- Riego

El sistema de riego para este ensayo es el riego por goteo, utilizando líneas portagoteros de P.E. con una distancia de 0,3 m entre goteros y un caudal de 1,324 l/h por gotero. Con estos datos y conociendo la ETo y la kc del cultivo se calculó la dosis de riego a aportar cada día y el tiempo que debía estar regando el sistema.
El sulfato cálcico de los campos de ensayo LC2, LC4 y LC6 fue incorporado a través del riego, siendo necesaria una agitación continua para la correcta disolución del sulfato cálcico en el agua de riego.

Se colocó una cinta de riego de goteo rígida con goteros autocompensantes para la aplicación del sulfato cálcico. Se colocó una cinta de goteo convencional del cultivo del tomate en una línea anexa al ensayo para comprobar si se obturaban los goteros al aplicar el sulfato cálcico.

Se comprobó que el sulfato cálcico puede ser inyectado a través de las cintas de riego habitualmente usadas en el tomate, sin ningún tipo de obturación.

- Cosecha

La cosecha de las muestras de tomate se produce cuando las plantas presentan alrededor del 85 % de frutos rojos. La recolección de las muestras del ensayo se llevó a cabo el día 1 de Agosto de forma manual, de una superficie de 9 m2 por repetición y con un total de 3 repeticiones en cada campo de ensayo comparativo, siendo el muestreo representativo en términos de producción y sanidad.

Figura 28. Momento de la cosecha de las parcelas de ensayo

Figura 29. Muestra recogida de un campo de ensayo comparativo

3. RESULTADOS

3.1. Desarrollo del cultivo

La altura de las plantas estuvo comprendida entre 47,25 y 55,67 cm, como puede apreciarse en la tabla 7 y en la figura 34. Al comparar la altura de las plantas con diferentes tratamientos con sulfato cálcico, se encontraron diferencias estadísticamente significativas (P<0,001), siendo las plantas LC1 (sulfato cálcico en fondo y 100% de las UFN), LC2 (sulfato cálcico en fertirrigación y 100% de las UFN) y LC7 (testigo, fertilización convencional) los que mayor altura presentaron. Cabe destacar que las plantas del tratamiento LC6 (sulfato cálcico en fertirrigación y 75% de las UFN) no presentaron diferencias estadísticamente significativas en comparación con los grupos LC2 y LC7, a pesar de recibir un 25% menos de UFN.

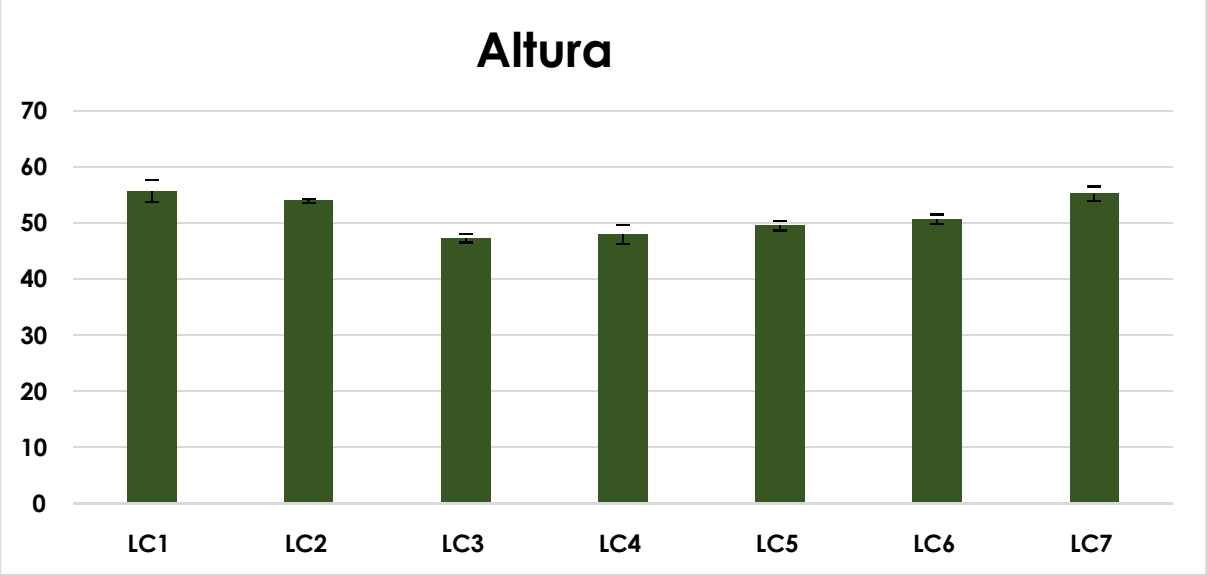

Figura 34. Altura de las plantas (cm) de cada uno de los campos de ensayo comparativos después de 81 días del trasplante.

El porcentaje de cobertura de las plantas sobre la cama de siembra estuvo comprendido entre 58,89 y 83,44%. Al igual que sucediera para la altura, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (P<0,001), siendo los grupos LC1 y LC7 los que mayor cobertura presentaron, y el grupo LC4 (sulfato cálcico en fertirrigación y 50% de las UFN) el menor grado de desarrollo horizontal mostró.

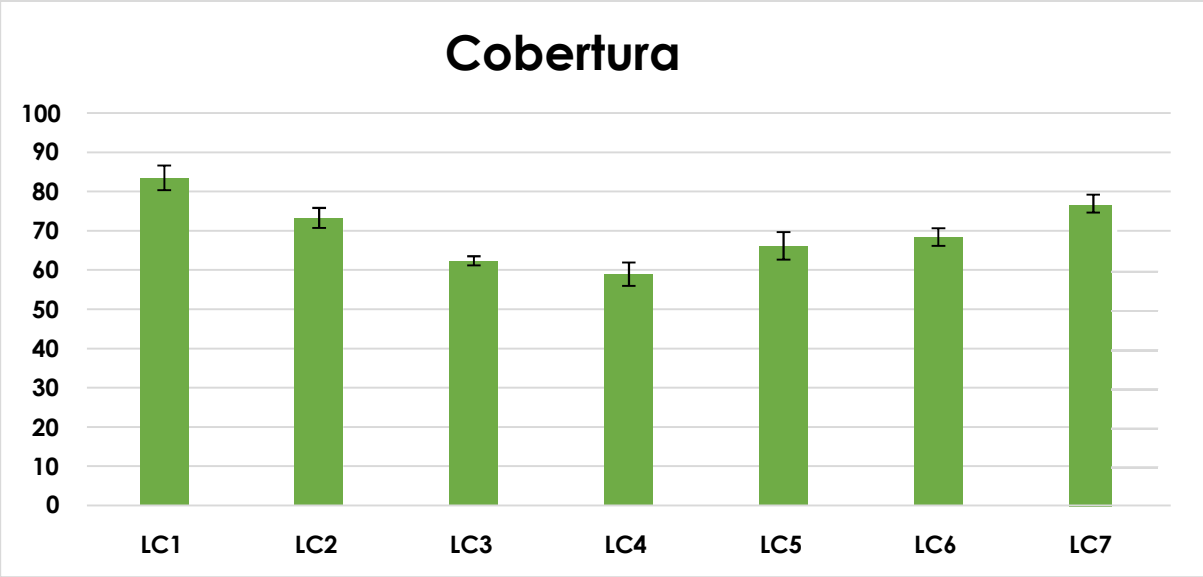

Figura 35. Porcentaje de cobertura de las plantas sobre la cama de siembra de cada uno de los campos de ensayo comparativos después de 81 días del trasplante.

Los grupos LC5 (sulfato cálcico en fondo y 75% de las UFN) y LC6 (sulfato cálcico en fertirrigación y 75% de las UFN) no presentaron diferencias significativas con respecto a los grupos con un 100% de las UFN.

El rendimiento bruto o producción obtenida de cada tratamiento que compone el ensayo osciló entre 55,9 t/ha para el tratamiento LC4 (sulfato cálcico en fertirrigación y 50% de las UFN) y 110,5 t/ha para el tratamiento LC1 (sulfato cálcico en fondo y 100% de las UFN). Las diferencias encontradas entre tratamientos fueron estadísticamente significativas (P<0,001), por lo que se puede asegurar que con el uso de sulfato cálcico en fondo y con el 100% de las UFN se consiguen mayores rendimientos en el cultivo de tomate de industria. No obstante, los grupos LC2 (sulfato cálcico en fertirrigación y 100% de las UFN) y LC7 (control) no presentan diferencias significativas con respecto al grupo LC1.

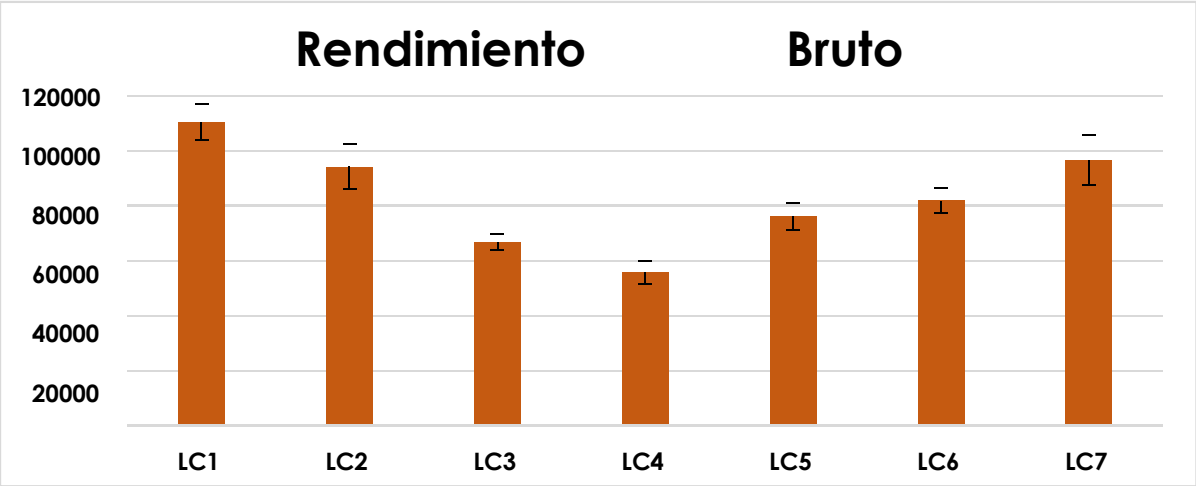

Figura 37. Rendimiento bruto (kg/ha) de cada uno de los campos de ensayo comparativos.

El porcentaje de materia prima aceptable (MPA) estuvo comprendido entre 73,58 y 79,94%. Al estudiar el efecto del fertilizante sulfato cálcico sobre el porcentaje de MPA, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los frutos de los campos de ensayo comparativos (P>0,05), por lo que en todos los tratamientos el porcentaje de frutos aptos para la industria con respecto al rendimiento bruto fue similar (figura 38).

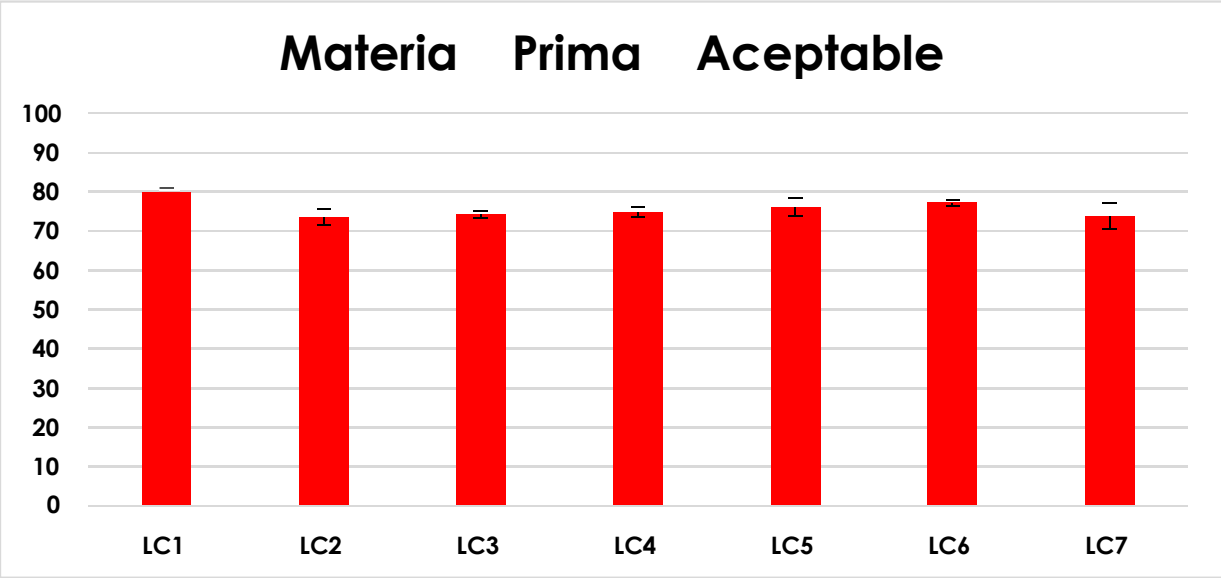

Figura 38. Porcentaje de materia prima aceptable de cada tratamiento (frutos sanos).

En las figuras 39 y 40 pueden apreciarse algunos de los frutos de tomate correspondientes a MPA de los tratamientos ensayados.

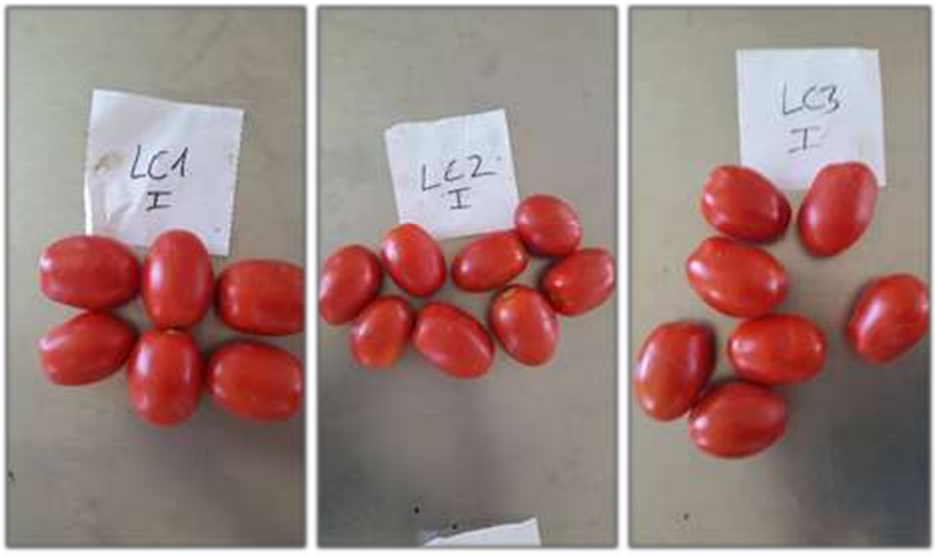

Figura 39. Frutos de materia prima aceptable de la primera repetición de los tratamientos LC1 (izquierda), LC2 (centro) y LC3 (derecha).

Figura 40. Frutos de materia prima aceptable de la segunda repetición de los tratamientos LC4 (izquierda), LC5 (centro) y LC6 (derecha).

En cambio, al expresar los valores de MPA en kg/ha, sí que existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (P<0,001), siendo el grupo LC1 (sulfato cálcico en fondo y 100% de las UFN) el que mayor cantidad de MPA presentó (figura 41). En general, pueden apreciarse unos resultados proporcionales a los de rendimiento bruto (figura 37).

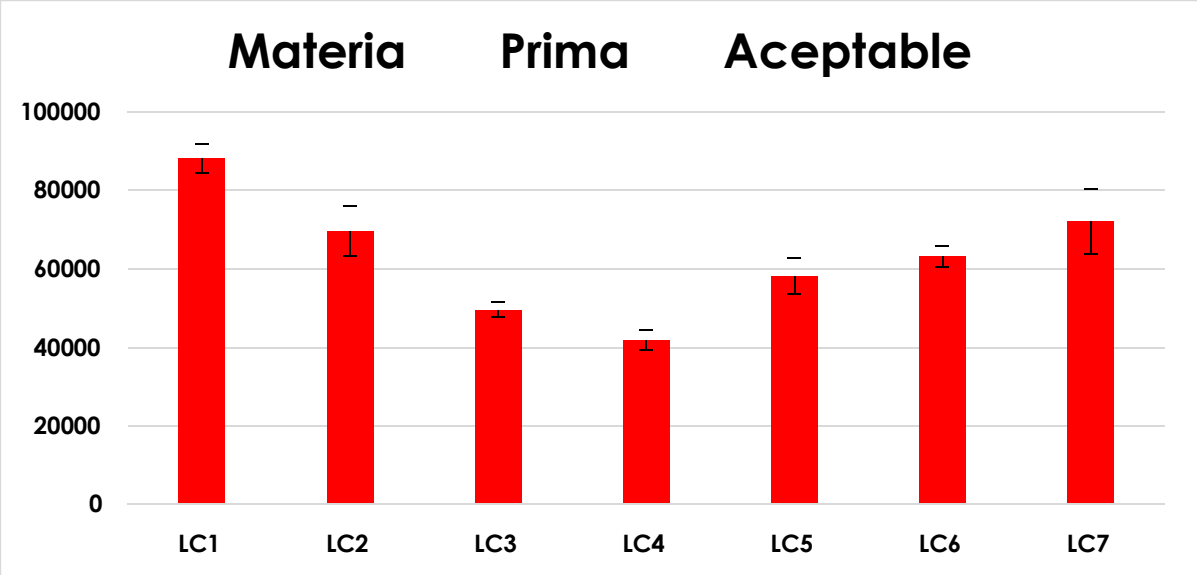

Figura 41. Materia prima aceptable (kg/ha) de cada tratamiento (frutos sanos).

El último parámetro agronómico evaluado fue el porcentaje de frutos con necrosis apical. Como se ha señalado en el apartado 2.5, una carencia de calcio en la planta de tomate puede originar un mayor número de frutos con necrosis apical. En cambio, como puede apreciarse en la tabla 9 y en la figura 47, no se encontraron

diferencias estadísticamente significativas para este parámetro (P>0,05) entre los diferentes tratamientos fertilizantes con sulfato cálcico.

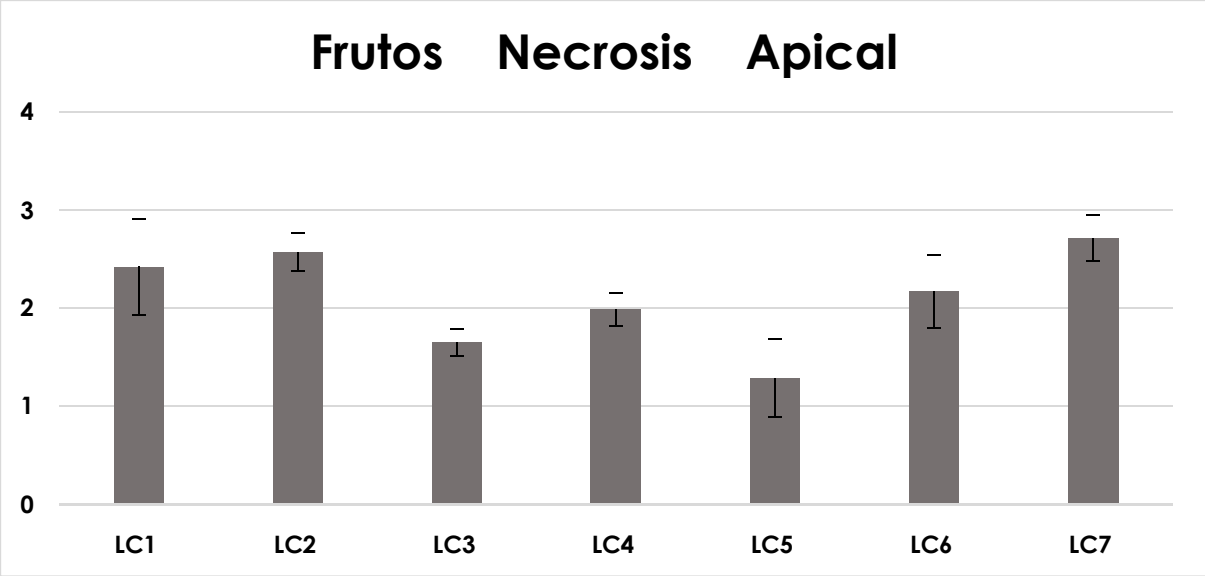

Figura 47. Porcentaje de frutos con necrosis apical de cada tratamiento

3.2. Parámetros Tecnológicos

En la tabla 9 se exponen los resultados obtenidos de ° Brix, firmeza (g), contenido en licopeno (mg/kg) y contenido en calcio (mg/kg) de los frutos de tomate.
Como se ha dicho anteriormente, los valores considerados como normales de °Brix fluctúan entre 4 y 5,4. Como puede apreciarse en la tabla 9, todos los grupos presentaron valores superiores a 5 °Brix, y en la mayoría de los casos, el valor de 5,4 fue superado, siendo el grupo LC4 (sulfato cálcico en fertirrigación y 50% de UFN) el que mayor concentración de sólidos solubles mostró, con un valor de 5,54 °Brix.
No obstante, al estudiar el efecto de los diferentes tratamientos con sulfato cálcico sobre el °Brix, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (P>0,05) para este parámetro de calidad.

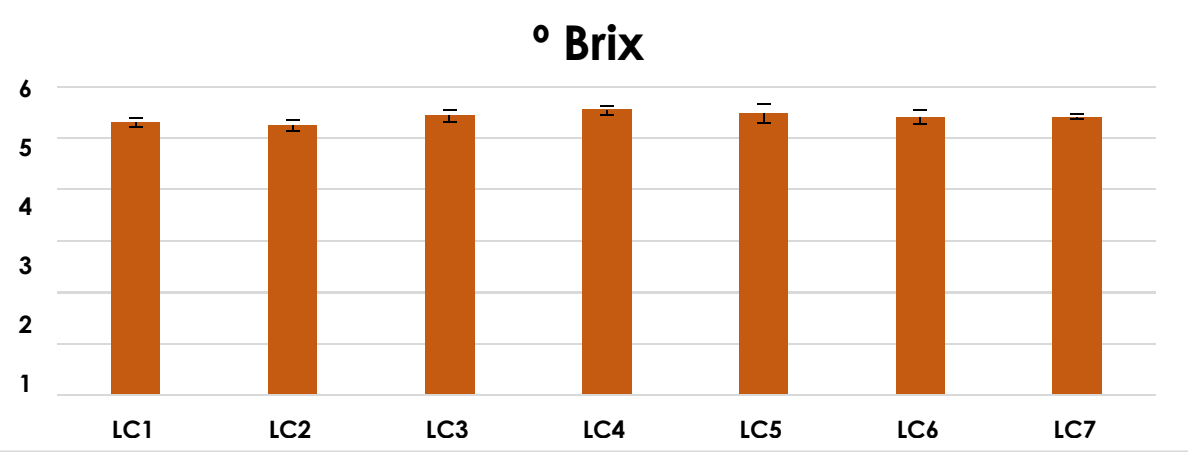

Figura 48. º Brix de los frutos de tomate sanos de cada tratamiento.

En cuanto a la firmeza de los frutos, al contrario que sucediera con el °Brix, sí se encontraron diferencias entre tratamientos (P<0,05), siendo el grupo LC4 (sulfato cálcico en fertirrigación y 50% de UFN) el que mayor firmeza presentó, y el grupo LC5 (sulfato cálcico en fondo y 75% de UFN) el que menores valores de este parámetro de textura mostró.

El contenido en licopeno de los frutos estuvo comprendido entre 79,45 y 131,71 mg por cada kg de tomate. Al estudiar el efecto del sulfato cálcico sobre este antioxidante presente de forma natural en el tomate, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos fertilizantes (P>0,05), por lo que afectaron de igual modo al contenido en licopeno los tratamientos con sulfato cálcico y el grupo control con nitrato cálcico, en las dosis descritas en el apartado 2.2.

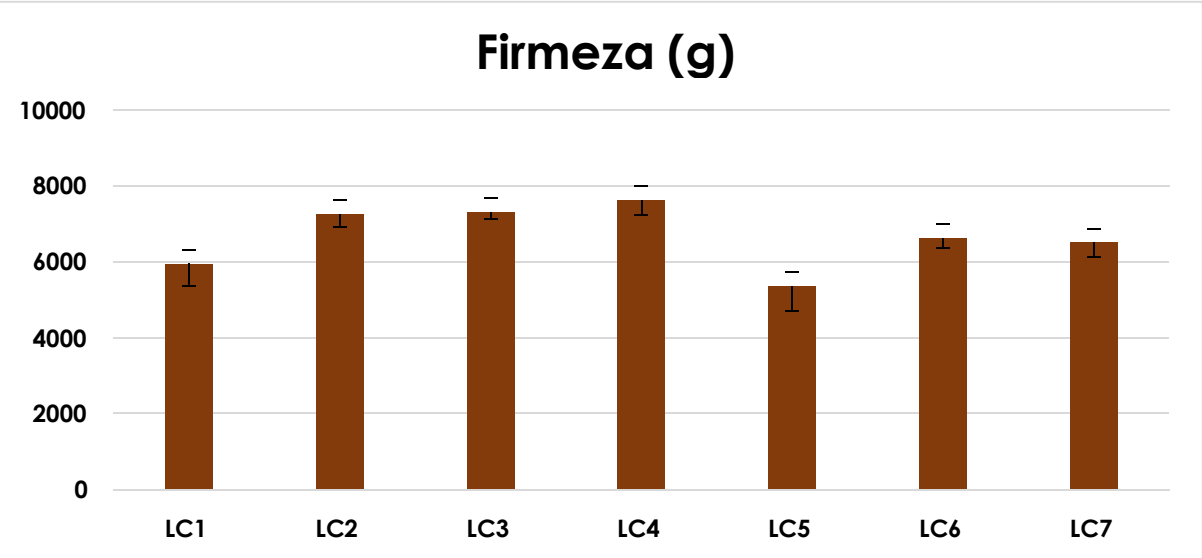

Figura 49. Firmeza (g) de los frutos de tomate sanos de cada tratamiento.

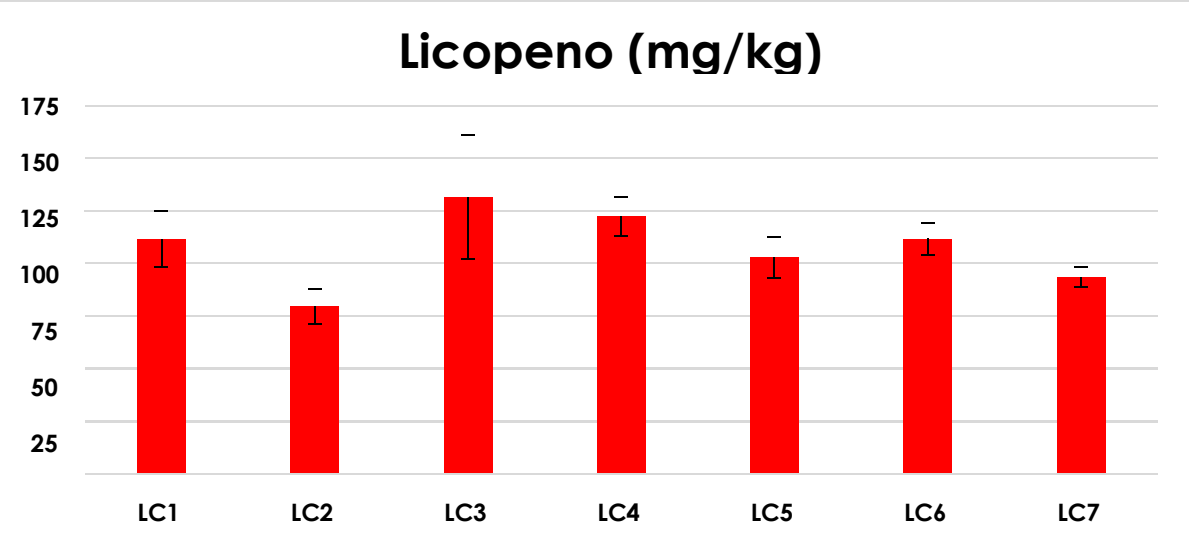

Figura 50. Contenido en licopeno (mg/kg) del fruto de tomate sano de cada tratamiento

En los frutos cosechados también se evaluó la concentración de calcio y el efecto de cada tratamiento con sulfato cálcico en campo sobre su acumulación en los tomates. Los valores se encontraron en el rango 85,62-109,33 mg/kg, siendo el grupo LC3 (sulfato cálcico en fondo y 50% de UFN) el que mayores concentraciones de calcio presentó, y el grupo testigo o control (LC7) el que menores valores contenía, siendo las diferencias encontradas entre tratamientos estadísticamente significativas (P<0,01).

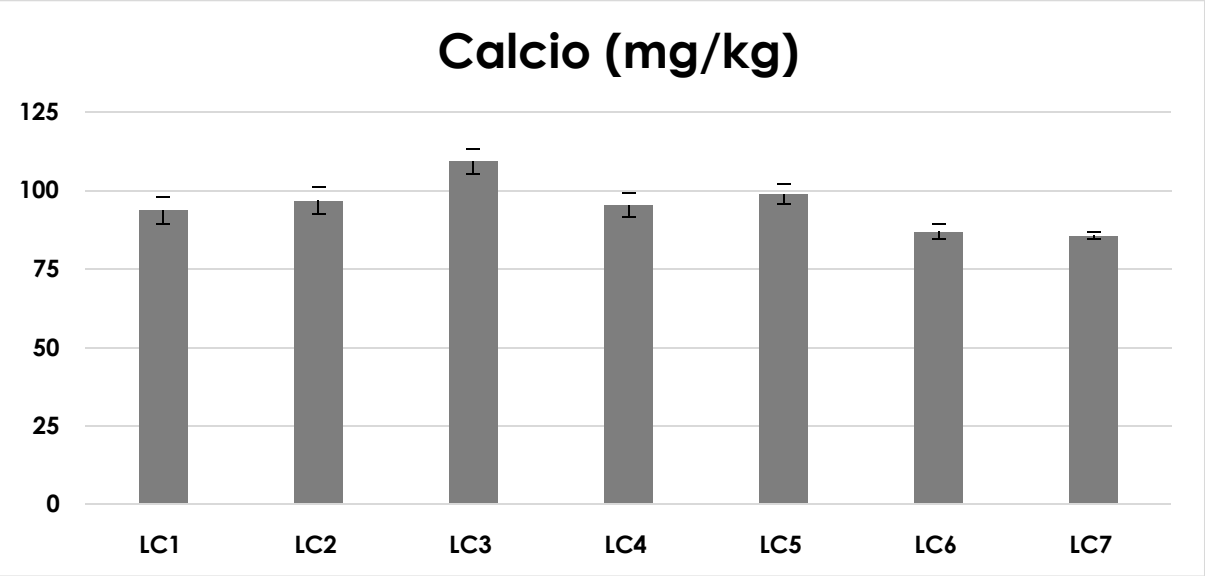

Figura 51. Contenido en calcio (mg/kg) del fruto de tomate sano de cada tratamiento

Cabe destacar que, en general, los grupos que presentan mayor contenido en calcio también presentan mayor firmeza, por lo que ambos parámetros parecen estar relacionados. Además, puede apreciarse que con el uso de sulfato cálcico y una reducción del 50% de las UFN (tratamientos LC3 y LC4) se consigue, en general, mayor firmeza y contenido de calcio en los frutos que en el resto de tratamientos, con el 75 y 100% de las UFN necesarias por parte del cultivo.

4. CONCLUSIONES

El uso de SULFATO CÁLCICO es recomendable para el cultivo del tomate, teniendo las siguientes conclusiones:

- El aporte de Sulfato Cálcico, aplicado tanto en fondo como por fertirrigación, con el 100% de aporte de UFN presentan un mayor desarrollo, tanto en altura como en cobertura.

- El aporte de Sulfato Cálcico, aplicado tanto en fondo como por fertirrigación, presentan valores similares de clorofila que con la aplicación de otros fertilizantes cálcicos (nitrato cálcico)

- El aporte de Sulfato Cálcico tuvo mayores producciones (rendimiento bruto y materia prima aceptable, expresada en kg/ha) en su aplicación a granel y 100% de aporte de UFN aplicado en fondo, **un 14,24% más de producción que el control**.

- El aporte de Sulfato Cálcico (en fondo y 100% UFN y en fertirrigación y 75% UFN) tuvo una proporción de frutos inmaduros similares a la aplicación de otros fertilizantes cálcicos (nitrato cálcico).

- El aporte de Sulfato Cálcico tuvo un comportamiento similar en °Brix, licopeno, madurez, sanidad y peso medio del fruto, así como en que la aplicación de otros fertilizantes cálcicos (nitrato cálcico).

- El aporte de Sulfato Cálcico tuvo mejores resultados sobre el contenido en calcio, y en consecuencia sobre la firmeza de los frutos, en su aplicación al 100 % UFN y 50% UFN, lo que demuestra que la aplicación de sulfato cálcico aporta Calcio al fruto.

- Por último añadir que la aplicación de Sulfato Cálcico puede ser inyectado a través de las cintas de riego habitualmente usadas en el cultivo de tomate sin ningún tipo de obturación de las mismas.