

ESTUDIO RADICULAR

**EFECTO DE LA UTILIZACIÓN EN COMPARACIÓN DEL
USO DEL SULFATO CÁLCICO CON EL USO DEL
NITRATO CÁLCICO EN EL CRECIMIENTO RADICULAR,
pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO EN
NECTARINO TEMPRANO**

AUTOR: D. José María de la Rosa Sánchez



INGENIERO AGRÓNOMO

Nº Colegiado: 3000681

**Especializado en Investigación Agraria y Optimización de los recursos
hídricos en la agricultura**

Índice:

1.- Justificación y objetivos.....	3
2.- Material y métodos.....	3
3. Resultados	6
3.1. Efecto en la densidad radicular	6
3.2. Efecto en el pH del suelo.....	8
3.3. Efecto en la conductividad eléctrica del suelo.....	10
4. Conclusiones.....	12

1.- Justificación y objetivos

El calcio es un elemento nutritivo esencial para los cultivos: i) su ausencia impide que el cultivo pueda realizar su ciclo vital completo; ii) no puede ser reemplazado por otros elementos y iii) participa directamente en el metabolismo de la planta. La importancia de la utilización en la agricultura de este elemento se debe a su doble función: nutriente y enmienda.

Algunas de las cualidades del calcio en la agricultura son: i) es determinante en la cantidad y calidad de las cosechas; ii) mejora la salud de la planta (parte aérea y raíces) disminuyendo la sensibilidad a plagas, enfermedades y fisiopatías; iii) favorece la formación de la rizosfera y la vida microbiana del suelo; iv) mejora la estructura del suelo; v) es capaz de desplazar al sodio del complejo catiónico y disminuir la salinidad del mismo.

Por tanto, la incorporación de calcio al suelo resulta siempre una labor muy rentable. Sin embargo, los fertilizantes con calcio que se ofertan en el mercado son limitados, poco compatibles con otros fertilizantes y suelen ir acompañados de otros nutrientes que condicionan su utilización en determinados periodos fenológico.

El nitrato cálcico ha sido la forma tradicional de incorporar calcio al suelo a pesar de presentar los inconvenientes anteriormente citados. En cambio, en la actualidad el sulfato cálcico se está utilizando cada vez más como fertilizante y enmienda del suelo por presentar importantes ventajas: i) compatibilidad con otros elementos; ii) no aporta otros fertilizantes que condicionarían su utilización y iii) está permitido su uso en la agricultura ecológica.

El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de la utilización de nitrato cálcico (T_1) o sulfato cálcico (T_2) en la densidad radicular, el pH y la conductividad eléctrica del suelo.

2.- Material y métodos

El estudio se realizó en una parcela comercial (propiedad de Frutas Esther S. A.) de nectarino temprano y situada en el término municipal de Campotejar.

Las medidas se realizaron en dos tratamientos:

- **Nitrato cálcico (T_1).** Entre enero y mayo de los años 2016 y 2017 se fertilizó con nitrato cálcico a razón de $121 \text{ g}\cdot\text{árbol}^{-1}$ durante cada año.
- **Sulfato cálcico (T_2).** Entre enero y mayo de los años 2016 y 2017 se fertilizó con sulfato cálcico a razón de $81 \text{ g}\cdot\text{árbol}^{-1}$ durante cada año.

El 8 de junio de 2017 se recogieron muestras de suelo (con barrena y con ayuda de una "paleta") en el perfil 0-10 cm y 10-20 cm y distanciadas del bulbo húmedo (en horizontal) a 0, 15, 30 y 45 cm. Este muestreo se repitió en 3 árboles representativos del T_1 y otros 3 árboles del T_2 . En total se recogieron 48 muestras de suelo (**Tabla 1**).

Las muestras de suelo se metieron en bolsas de plástico previamente rotuladas y se transportaron al laboratorio, donde se pesaron (peso fresco) y se separaron las raíces (**Fotografía 1**).



Fotografía 1. Proceso de separado de raíces

Posteriormente, las raíces se limpiaron minuciosamente y se clasificaron por grosores (raíces de diámetros menores de 0.5 mm, entre 0.5 y 1.5 mm y entre 1.5 y 3 mm) (**Fotografía 2**).



Fotografía 2.- Clasificación de raíces por diámetro

Tabla 1.- Descripción de las diferentes muestras recogidas.

Nº	Código	Tratamiento	Árbol	Profundidad (cm)	Distancia al bulbo (cm)
1	P_1_0-10_0	T ₁	1	0-10 cm	0
2	P_1_0-10_15		1	0-10 cm	15
3	P_1_0-10_30		1	0-10 cm	30
4	P_1_0-10_45		1	0-10 cm	45
5	P_1_10-20_0		1	10-20 cm	0
6	P_1_10-20_15		1	10-20 cm	15
7	P_1_10-20_30		1	10-20 cm	30
8	P_1_10-20_45		1	10-20 cm	45
9	P_2_0-10_0		2	0-10 cm	0
10	P_2_0-10_15		2	0-10 cm	15
11	P_2_0-10_30		2	0-10 cm	30
12	P_2_0-10_45		2	0-10 cm	45
13	P_2_10-20_0		2	10-20 cm	0
14	P_2_10-20_15		2	10-20 cm	15
15	P_2_10-20_30		2	10-20 cm	30
16	P_2_10-20_45		2	10-20 cm	45
17	P_3_0-10_0		3	0-10 cm	0
18	P_3_0-10_15		3	0-10 cm	15
19	P_3_0-10_30		3	0-10 cm	30
20	P_3_0-10_45		3	0-10 cm	45
21	P_3_10-20_0		3	10-20 cm	0
22	P_3_10-20_15		3	10-20 cm	15
23	P_3_10-20_30		3	10-20 cm	30
24	P_3_10-20_45		3	10-20 cm	45
25	SP_1_0-10_0	T ₂	1	0-10 cm	0
26	SP_1_0-10_15		1	0-10 cm	15
27	SP_1_0-10_30		1	0-10 cm	30
28	SP_1_0-10_45		1	0-10 cm	45
29	SP_1_10-20_0		1	10-20 cm	0
30	SP_1_10-20_15		1	10-20 cm	15
31	SP_1_10-20_30		1	10-20 cm	30
32	SP_1_10-20_45		1	10-20 cm	45
33	SP_2_0-10_0		2	0-10 cm	0
34	SP_2_0-10_15		2	0-10 cm	15
35	SP_2_0-10_30		2	0-10 cm	30
36	SP_2_0-10_45		2	0-10 cm	45
37	SP_2_10-20_0		2	10-20 cm	0
38	SP_2_10-20_15		2	10-20 cm	15
39	SP_2_10-20_30		2	10-20 cm	30
40	SP_2_10-20_45		2	10-20 cm	45
41	SP_3_0-10_0		3	0-10 cm	0
42	SP_3_0-10_15		3	0-10 cm	15
43	SP_3_0-10_30		3	0-10 cm	30
44	SP_3_0-10_45		3	0-10 cm	45
45	SP_3_10-20_0		3	10-20 cm	0
46	SP_3_10-20_15		3	10-20 cm	15
47	SP_3_10-20_30		3	10-20 cm	30
48	SP_3_10-20_45		3	10-20 cm	45

Posteriormente las raíces se secaron en estufa a 60 °C hasta peso constante y se pesaron con balanza de precisión. Igualmente, el suelo se secó también en estufa.



Fotografía 3.- Muestras preparadas para meter en estufa

La densidad radicular para cada grosor se determinó a partir del peso seco de raíces, el peso seco del suelo de cada muestra y la densidad aparente.

Las muestras de suelo seco se utilizaron para medir la conductividad eléctrica y el pH en el extracto 1:5.

Los resultados fueron sometidos a un riguroso estudio estadístico. Se calculó el error estándar de cada medida y se realizó comparación de medias mediante el análisis de varianza (ANOVA) a un 95 % de significancia.

3. Resultados

3.1. Efecto en la densidad radicular

La **figura 1** representa la densidad radicular referida a cada tipo de raíz (<0.5, entre 0.5 y 1.5 y entre 1.5 y 3.0 mm), en los perfiles de suelo 0-10 y 10-20 cm y a diferentes distancias del emisor (0, 15, 30 y 45 cm).

La densidad radicular referida a raíces de menor diámetro fue mayor en T₂ en todos los puntos estudiados, siendo las diferencias significativas en los puntos: (15, -5), (30, -5), (45, -5), (0, -15) y (30, -15). Las raíces de diámetros superiores no presentan diferencias claras (**Figura 1**).

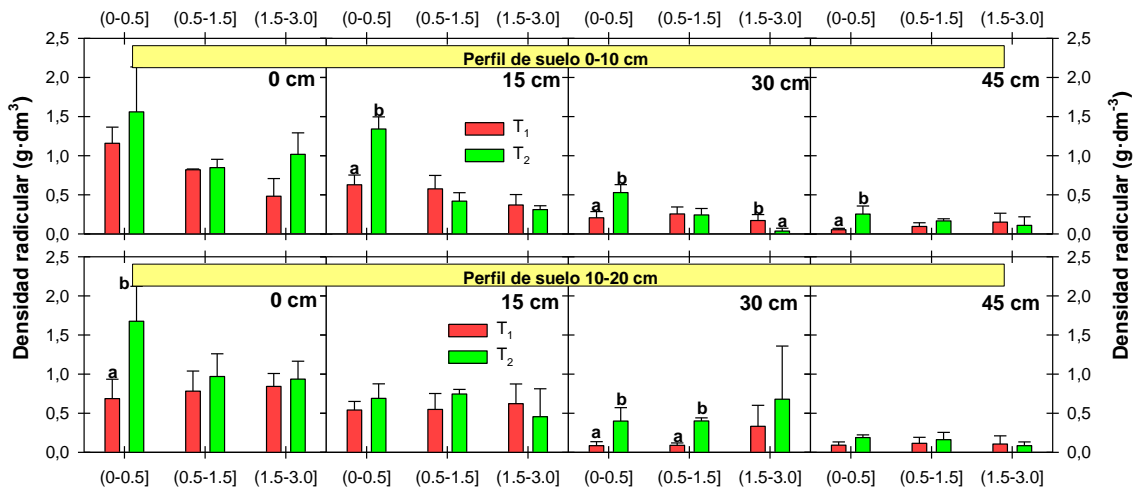


Figura 1.- Densidad radicular de raíces de diferentes grosores (menores de 0.5, entre 0.5 y 1.5 y entre 1.5 y 3 mm) para cada perfil de suelo (0-10 y 10-20 cm), en cada distancia al emisor (0, 15, 30 y 45 cm) y para los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de tres repeticiones \pm ES. Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

Las diferencias entre tratamientos se ven más claras cuando no se tiene en cuenta la variable “distancia al emisor” (**Figura 2**). La densidad radicular referente a raíces de diámetro pequeño (menor de 0.5 mm) es significativamente superior en T₂ y las diferencias se mantienen en los perfiles 0-10 y 10-20 cm. No se han encontrado diferencias significativas en raíces de mayor tamaño.

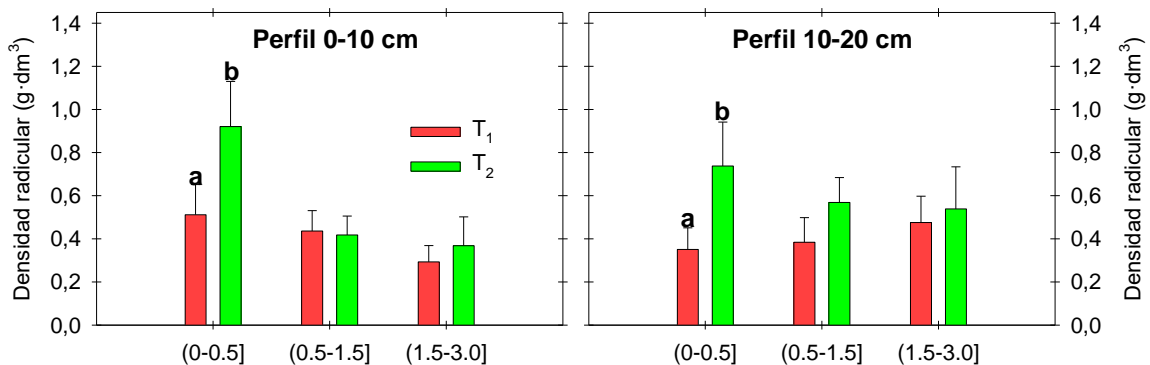


Figura 2.- Densidad radicular de raíces de diferentes grosores (menores de 0.5, entre 0.5 y 1.5 y entre 1.5 y 3 mm) para los perfiles: 0-10 cm (izquierda) y 10-20 cm (derecha) y para los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de 3 repeticiones \pm ES (cada repetición es la media de las medidas realizadas a 0, 15, 30 y 45 cm). Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

La densidad radicular referida a raíces de menor diámetro (menores de 0.5 mm) fue significativamente superior en todas las distancias al emisor. Las raíces de diámetros superiores no presentan diferencias claras entre tratamientos (**Figura 3**).

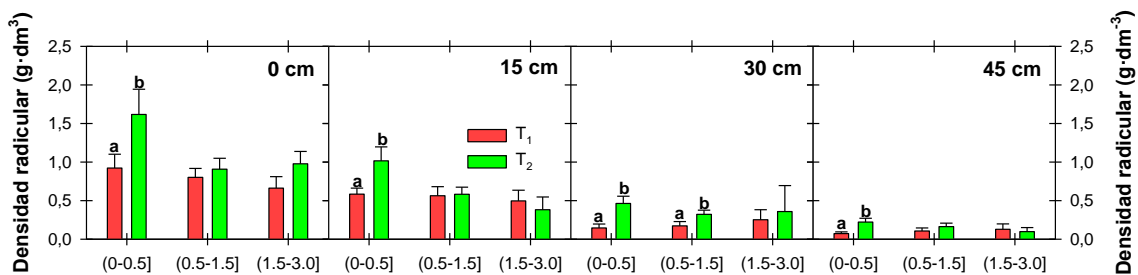


Figura 3.- Densidad radicular de raíces de diferentes grosores (menores de 0.5, entre 0.5 y 1.5 y entre 1.5 y 3 mm) para diferentes distancias al emisor: 0, 15, 30 y 45 cm y para los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de 3 repeticiones ± ES (cada repetición es la media de las medidas realizadas en los perfiles 0-10 y 10-20 cm). Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

Si fijamos las variables profundidad y distancia al emisor se obtienen resultados más claros. La densidad radicular de raíces de pequeño diámetro fue de 0.43 y 0.83 g·dm⁻³ para los tratamientos T₁ y T₂, respectivamente (**Figura 4**). Las diferencias fueron significativas y suponen un incremento del 90 % en T₂ respecto a T₁.

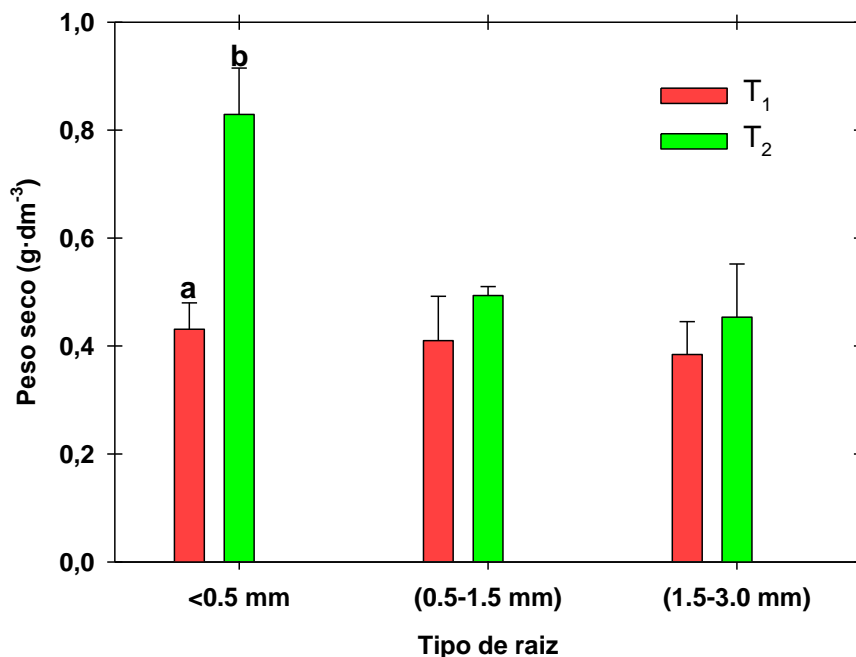


Figura 4.- Densidad radicular de raíces de diferentes grosores (menores de 0.5, entre 0.5 y 1.5 y entre 1.5 y 3 mm) y para los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de 3 repeticiones ± ES (cada repetición es la media de las medidas realizadas en los perfiles 0-10 y 10-20 cm y a las distancias del emisor de 0, 15, 30 y 45 cm). Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

3.2. Efecto en el pH del suelo

El pH (extracto 1:5) presenta valores comprendidos entre 8.1 y 8.3, valores característicos de suelo básico que puede presentar problemas de asimilación de fósforo, cobalto, cobre, hierro, manganeso y zinc. No se han encontrado diferencias entre tratamientos en ninguna profundidad y en ninguna distancia al emisor (**Fig 5, 6, 7 y 8**).

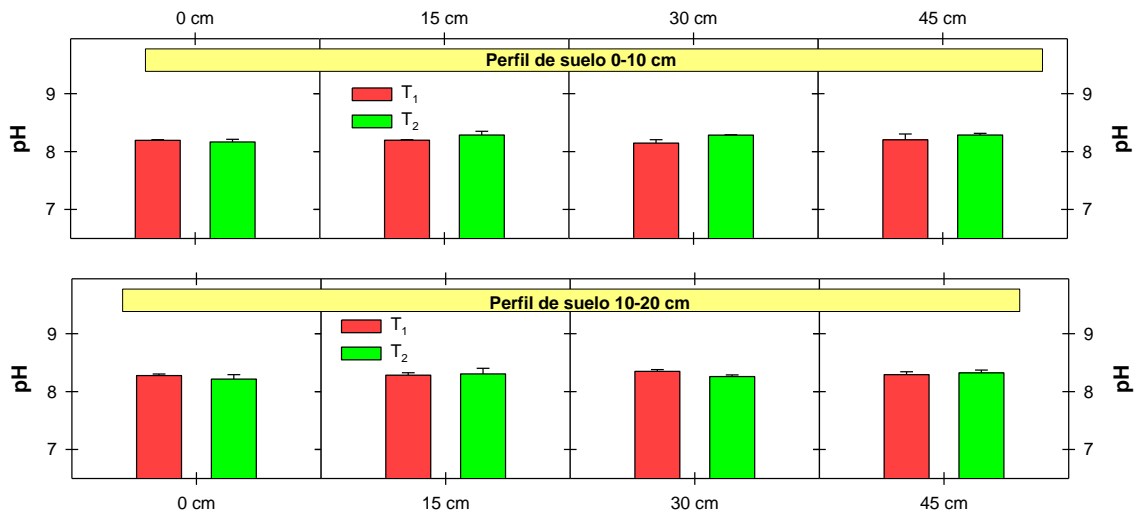


Figura 5.- Valores de pH de suelo (extracto 1:5) en las profundidades 0-10 cm (arriba) y 10-20 cm (abajo), en las distancias al emisor de 0, 15, 30 y 45 cm y en los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de tres repeticiones \pm ES. Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

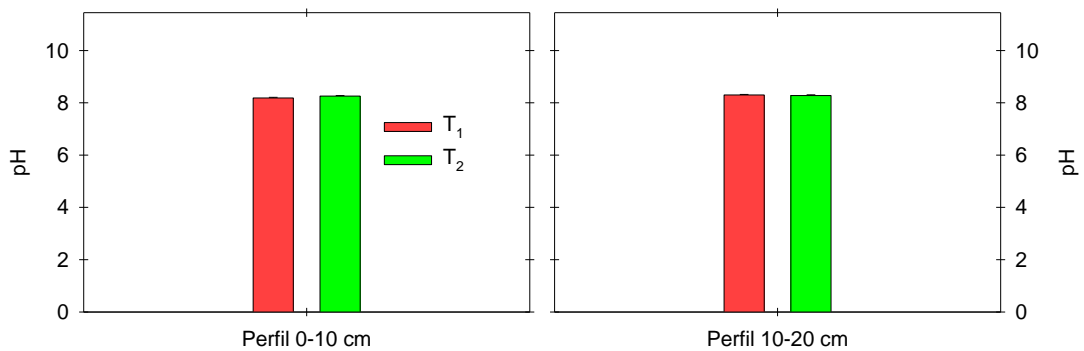


Figura 6.- Valores de pH de suelo (extracto 1:5) en las profundidades 0-10 cm (izquierda) y 10-20 cm (derecha) y en los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de 3 repeticiones \pm ES (cada repetición es la media de las medidas realizadas a 0, 15, 30 y 45 cm). Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

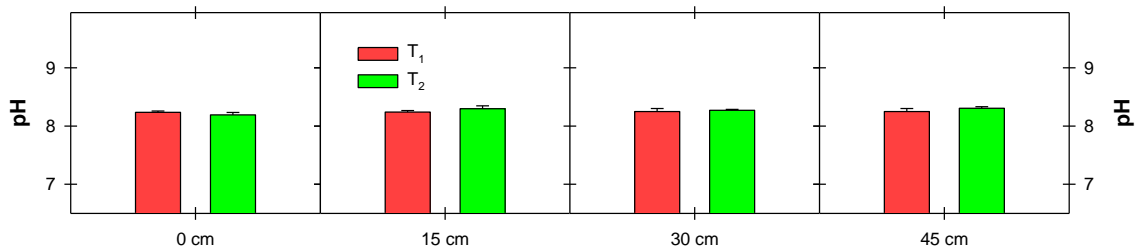


Figura 7.- Valores de pH de suelo (extracto 1:5) a diferentes distancias del emisor: 0, 15, 30 y 45 cm y en los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de 3 repeticiones \pm ES (cada repetición es la media de las medidas realizadas en los perfiles 0-10 y 10-20 cm). Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

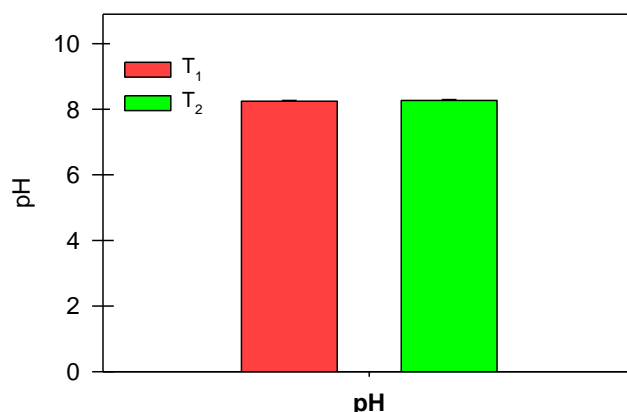


Figura 8.- Valores de pH de suelo (extracto 1:5) para los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de 3 repeticiones \pm ES (cada repetición es la media de las medidas realizadas en los perfiles 0-10 y 10-20 cm y a las distancias del emisor de 0, 15, 30 y 45 cm). Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

3.3. Efecto en la conductividad eléctrica del suelo

Se analizó la conductividad eléctrica en el extracto 1:5 en los mismos puntos de medida que las variables anteriores. Los valores indican que el suelo se considera entre ligeramente salino (entre 350 y 650 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) y salino (entre 650 y 1150 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). La conductividad eléctrica presentó valores significativamente superiores en T₁ en los puntos de medida: (15, -5), (30, -5) (0, -15), (15,-15) y (30-15) (**Figura 9**).

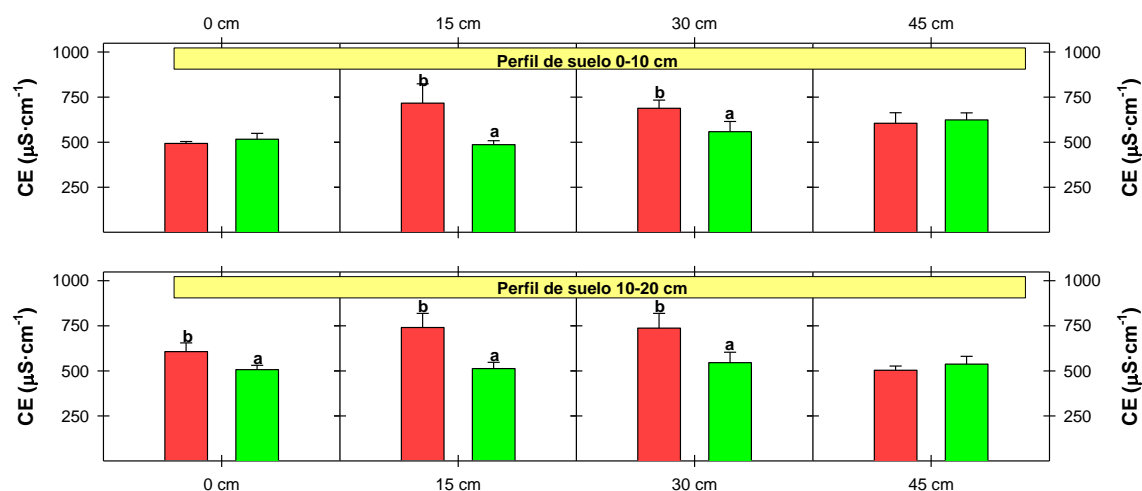


Figura 9.- Valores de conductividad eléctrica de suelo (extracto 1:5) en las profundidades 0-10 cm (arriba) y 10-20 cm (abajo), en las distancias al emisor de 0, 15, 30 y 45 cm y en los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de tres repeticiones \pm ES. Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

Cuando se fija la variable “distancia al emisor” (**Figura 10**) se encuentran diferencias claras y estables. En este caso, la conductividad eléctrica en T₁ es significativamente superior a la encontrada en T₂ en los dos perfiles de suelo estudiados. La conductividad eléctrica en T₁ fue 626 y 647 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, mientras que en T₂ fue de 546 y 530 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para los perfiles de suelo 0-10 y 10-20 cm, respectivamente.

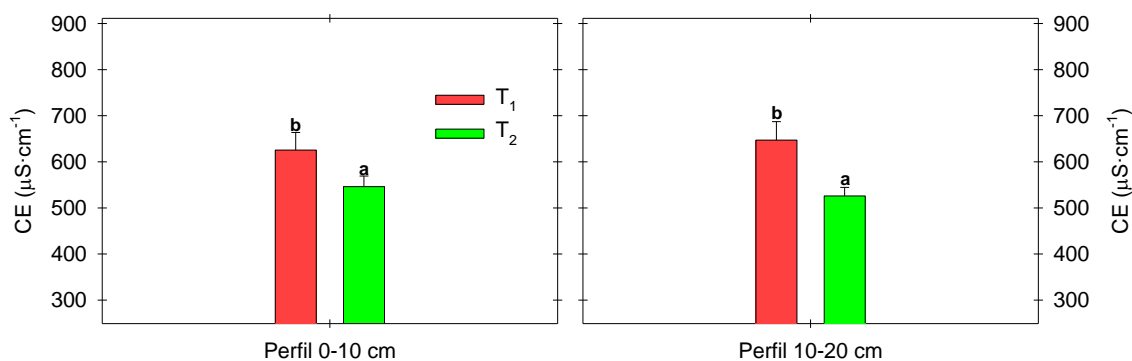


Figura 10.- Valores de conductividad eléctrica de suelo (extracto 1:5) en las profundidades 0-10 cm (izquierda) y 10-20 cm (derecha) y en los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de 3 repeticiones ± ES (cada repetición es la media de las medidas realizadas a 0, 15, 30 y 45 cm). Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

Al analizar la conductividad eléctrica en cada distancia al emisor, sin tener en cuenta los diferentes perfiles de suelo, se observa que T₁ es significativamente superior a T₂ a 15 y 30 cm del emisor, mientras que a la distancia al emisor de 0 y 45 cm no existen diferencias significativas entre tratamientos.

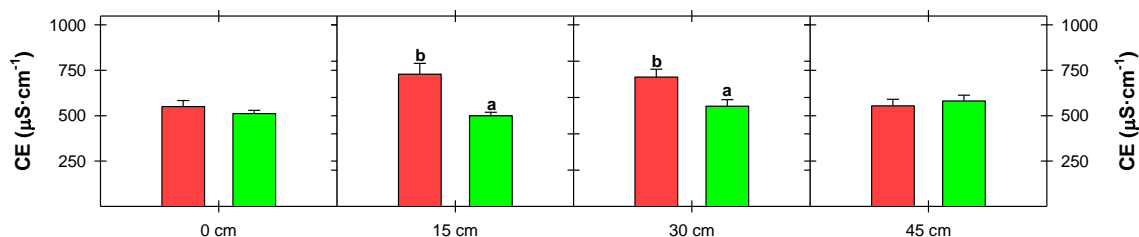


Figura 11.- Valores de conductividad eléctrica de suelo (extracto 1:5) a diferentes distancias del emisor: 0, 15, 30 y 45 cm y en los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de 3 repeticiones ± ES (cada repetición es la media de las medidas realizadas en los perfiles 0-10 y 10-20 cm). Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

Finalmente, si no se tienen en cuenta las variables profundidad ni distancia al emisor se encuentran valores de conductividad eléctrica de 636 y 536 µS·cm⁻¹ para los tratamientos T₁ y T₂, respectivamente. Estas diferencias son significativas.

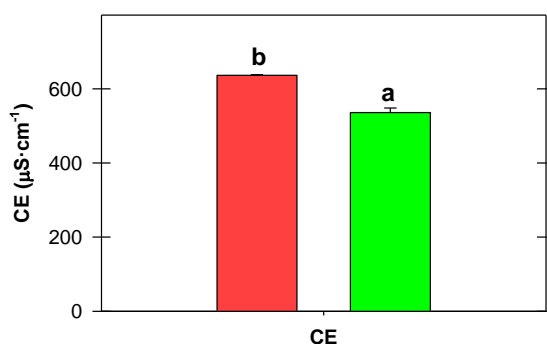


Figura 12.- Valores de pH de suelo (extracto 1:5) para los tratamientos T₁ (Nitrato cálcico, rojo) y T₂ (Sulfato cálcico, verde). Cada barra representa el valor medio de 3 repeticiones ± ES (cada repetición es la media de las medidas realizadas en los perfiles 0-10 y 10-20 cm y a las distancias del emisor de 0, 15, 30 y 45 cm). Letras diferentes indican diferencias significativas según análisis de varianza ANOVA al 95 % de significancia.

4. Conclusiones

- La fertilización con sulfato de calcio ha conseguido disminuir la salinidad del suelo en las paredes del bulbo húmedo. Este hecho supone una importante ventaja para el cultivo ya que las sales limitan la cantidad y calidad de la cosecha.
- Además, la fertilización con sulfato de calcio ha generado un 90% incremento en la densidad radicular en raíces absorbentes de pequeño diámetro, respecto al tratamiento fertilizado con nitrato cálcico. Un cultivo con un sistema radicular potente y sano tiene una mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes y es capaz de generar altas producciones con calidades óptimas.
- Por lo tanto, la fertilización con sulfato de calcio es la solución idónea para aplicar calcio al cultivo y mejorar las propiedades del suelo.