

CORRECCIÓN DE CLOROSIS FÉRRICA EN OLIVAR MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE QUELATOS Fe- EDDHA EN FERTIRRIGACIÓN

M. Pastor* ,J. Castro*, J. Hidalgo*, L. Camacho*, C. del Campillo**

*CIFA — Córdoba. Consejería Agricultura y Pesca Apdo. 3092. 14080 Córdoba

**Depto. Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales. Universidad de Córdoba

RESUMEN

Se presentan los datos de un experimento realizado durante cinco años con objeto de corregir la clorosis Fe en un olivar adulto tradicional de riego cultivado en un suelo muy calizo (Calcisol pétrico) empleando el quelato de hierro Fe-EDDHA. En las condiciones en las que se ha realizado el ensayo 50 g de formulado comercial ha resultado eficaz. La respuesta productiva parece haberse fundamentado en una mejora de la eficiencia fotosintética, habiéndose aumentado el contenido de clorofila en las hojas.

INTRODUCCIÓN

La clorosis férrica es una deficiencia de clorofila en hoja causada por un desarreglo en la nutrición de hierro (Fe). Cuando las plantas sufren deficiencia de Fe el efecto más visible se observa en las hojas más jóvenes, con un característico amarilleamiento internervial. En los casos en los que la clorosis no se corrija, las hojas más jóvenes pueden llegar a ser completamente amarillas, y su tamaño se reduce, observándose en casos severos que los brotes afectados incluso pueden llegar a perder sus hojas. Las aceitunas de los brotes cloróticos adquieren tonos amarillos o verde claros, no llegan a alcanzar el tamaño adecuado y pueden llegar a perder su forma característica. En general, los árboles afectados disminuyen su vigor, haciéndose casi imposible el rejuvenecimiento de ramas viejas mediante la poda de renovación clásica en olivar, afectándose muy negativamente la producción y en casos extremos los olivos pueden llegar a dejar de producir.

En Andalucía aproximadamente el 70% del olivar se cultiva en suelos calizos que son, precisamente, los que tienen mayor potencial para inducir la clorosis Fe. La clorosis Fe del olivo viene apareciendo regularmente en diferentes zonas de Andalucía, destacándose las comarcas de Estepa en la provincia de Sevilla, Baena y Castro del Río en la de Córdoba, así como Santisteban y Jódar en la provincia de Jaén, entre otras.

Todas las plantas no se ven igualmente afectadas por la clorosis Fe. Incluso cultivos distintos de una misma especie pueden diferir considerablemente en su sensibilidad a la clorosis, por lo que se habla de plantas resistentes o susceptibles a la clorosis. Las resistentes han desarrollado ciertos mecanismos de respuesta a la deficiencia de hierro; las susceptibles no responden o no hacen con la misma intensidad que las resistentes (Römheld y Marschner, 1986).

En olivo también se ha observado la existencia de variedades más resistentes a la clorosis como 'Cornicabra', 'Hojiblanca' y 'Nevadillo Negro' y más susceptibles como 'Arbequina' y 'Manzanilla de Sevilla' (Cordeiro et al., 1995). Se sugiere igualmente que el injerto sobre patrones como 'Cornicabra', 'Hojiblanca' y 'Nevadillo Negro' puede conferir tolerancia a variedades injertadas sobre ellos.

La clorosis Fe raramente está causada por una deficiencia absoluta de Fe. El contenido total de Fe en suelo (20.000-30.000 ppm) supera, con mucho, a las necesidades de las plantas (0,5 ppm) (Lindsay, 1984). Por lo tanto, cualquier factor que afecte a la movilización de Fe disponible para la planta estará relacionado con la clorosis.

El suelo y su composición afectan de una forma importante a la aparición de clorosis en las plantas, pudiéndose destacar las siguientes propiedades: pH de la solución del suelo, que afecta a la solubilidad de los compuestos de hierro y por tanto a su disponibilidad; el contenido de óxidos de Fe no cristalinos extraídos con oxalato amónico a pH 3 está correlacionado con el contenido en clorofila de la planta, de modo que un contenido de 0,3 g.K⁻¹ separa los suelos inductores de clorosis de los que no lo son (Pedrajas, 1999). Aunque la clorosis se observa casi siempre en suelos calcáreos, la presencia de un alto contenido en carbonato no es siempre garantía de la aparición de clorosis (del Campillo y Torrent, 1992; Pedrajas, 1999). En suelos arcillosos, por diversas causas, no suelen aparecer problemas de clorosis para el olivar. Tampoco en suelos con un aceptable contenido en materia orgánica se observan problemas de clorosis, por lo que el estercolado al suelo puede reducir muchas veces su severidad, al ser la materia orgánica un buen agente quelante del Fe-III. La clorosis aumenta cuando las concentraciones de HCO₃⁻ aumentan; así como

cuando se riega con aguas que tienen un alto contenido en HCO_3^- (Inskeep y Bloom, 1987). Se ha observado igualmente competencia de iones como Mn, Cu, K y Zn que pueden desplazar al Fe de los quelatos. Estimular un mayor desarrollo radicular del cultivo favorecerá la absorción de Fe, mientras que la compactación del suelo crea condiciones inductoras de clorosis. Finalmente altas y bajas temperaturas del suelo pueden favorecer la clorosis (Inskeep y Bloom, 1986).

En condiciones de campo, algunas de estas propiedades (como el grado de humedad, el de compactación, la temperatura, la composición de la disolución del suelo) pueden variar a lo largo del tiempo, así como con las prácticas de cultivo. La contribución de estos factores a la clorosis puede estar en continuo cambio, por lo que no siempre se pueden dar recomendaciones satisfactorias a los agricultores.

En la literatura se citan numerosos sistemas para la corrección de la clorosis férrica en especies arbóreas (Hellín et al., 1987; Fernández-Escobar et al., 1993), sin embargo, el empleo de quelatos Fe-EDDHA aplicados al suelo parece que puede ser una forma muy eficaz (Hellín et al., 1987), especialmente cuando se dispone de una instalación de riego por goteo y fertirrigación.

En esta comunicación presentamos los resultados de un ensayo de campo realizado en un olivar de la provincia de Jaén, en el que se estudian las dosis óptimas de aplicación de Fe-EDDHA, y los efectos sobre la producción y crecimiento de los árboles, así como sobre el contenido en clorofila de las hojas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se planteó en 1995 en un olivar tradicional centenario de la variedad 'Picual' en la localidad de Santistéban del Puerto (Jaén). El suelo corresponde según la clasificación FAO a un Calcisol pétrico con horizontes Ap (0-22 cm), Ac (22-34 cm) y Cmk (>34 cm). El contenido en carbonato cálcico oscila en dichos horizontes entre el 51,0 y 46,0%, con caliza activa del 21%, materia orgánica 1,49% y pH en agua entre 8 y 8,2. El agua de riego es de buena calidad con CE = 1,3 dS/m y contenido en bicarbonatos de 2,1 meq/l. La textura del suelo corresponde a la clase *franco-arcilloso* en la capa superficial. En la [Tabla 1](#) presentamos los resultados analíticos correspondientes (Soria et al., datos no publicados).

Los árboles presentaban un grado de clorosis severo en el momento de comenzar el experimento (año 1995), eligiéndose una parcela de árboles homogéneamente afectados. Antes del comienzo del ensayo se midió el volumen de copa de los árboles, comprobándose que no existían diferencias significativas de tamaño entre los árboles asignados por sorteo a cada dosis de Fe-EDDHA a emplear. Se diseñó un dispositivo experimental con cuatro dosis de quelato: 0-25-50-75 g/olivo de producto comercial con un 6% de riqueza (SEQUESTRENE 138 Fe G-100), aplicándose cada una de ellas a 5 olivos distribuidos en bloques al azar. El quelato se aplicó anualmente disuelto en el agua de riego y en tres momentos: comienzo de la brotación (abril), mitad del mes de junio (verano) y a principio de otoño (final de septiembre).

En cada uno de los cinco años de duración del ensayo se controló la producción de los olivos, así como el tamaño del fruto y su rendimiento graso, empleando para ello el método oficial de análisis. La producción de aceite se obtuvo multiplicando el peso total de aceitunas por el rendimiento graso.

En el año 1999 se controló además el contenido en clorofila de la hoja y aceitunas empleando un medidor espectrofotométrico Minolta, cuya unidad SPAD se obtuvo como la media de siete lecturas por hoja/fruto (Pedrajas, 1999). En la valoración del color de las aceitunas se tomaron 50 frutos por olivo y se empleó una escala de colores que variaba desde el valor 1, correspondiente al color amarillo pálido, hasta el valor 10 que indicaba un color verde intenso en la totalidad del fruto (Pedrajas, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La [Figura 1](#) muestra las producciones de aceite obtenidas por olivo en cada uno de los cinco años de duración del experimento. Salvo cierto tipo de anomalías (año 1997), debidas probablemente a la típica alternancia de producción del olivo (vecería), la respuesta productiva debida a la aplicación del Fe-EDDHA se produjo ya desde el primer año de empleo del quelato (1995), observándose que en el conjunto de años la dosis 25 g/olivo fue insuficiente, y como la producción media de aceite aumentó entre un 18 y un 26% para las dosis efectivas, mostrándose la dosis de 50 g/árbol como suficiente para resolver el problema de clorosis en esta finca.

En los años secos 1995 y 1999 es en los que se observa una mejor respuesta a la aplicación del quelato de hierro, y como después de un periodo de años

lluviosos años 1996 y 1997, la respuesta a la aportación del Fe-EDDHA es menos clara, probablemente porque el agua de lluvia moviliza las reservas de Fe del suelo.

El aumento de la producción podría sustentarse en una mejora de la eficiencia fotosintética, al aumentar el contenido de clorofila en hojas ([Figura 2](#)) a medida que aumenta la cantidad de Fe-EDDHA empleada por árbol, así como del tamaño de las hojas (datos no presentados). Todo ello redundaría, por un lado, en un significativo aumento del número de frutos cuajados por olivo ([Figura 3](#)), y a pesar de ello a una mayor capacidad de llenado de los frutos (aceitunas más grandes), tal como muestra en la Figura 4 en la que presentamos la evolución del tamaño del fruto, para las diferentes dosis de quelato empleadas, en el período 21 de julio de 1.999 hasta la recolección, observándose que como consecuencia de la mejora de la eficiencia fotosintética, una mayor dosis de hierro permite un mayor crecimiento de los frutos ([Figura 4](#)), así como una mayor acumulación de aceite en la aceituna ([Figura 5](#)).

El ensayo ha permitido igualmente evaluar la influencia de la deficiencia en Fe sobre el color de los frutos ([Figura 6](#)), mostrándose las aceitunas procedentes de los árboles con mayor dosis de Fe-EDDHA un mayor contenido en clorofila así como un color más verde que los testigos, mostrándose las aceitunas más amarillas en la medida en que se reduce la dosis de quelato aplicada por olivo.

CONCLUSIONES

Se ha trabajado en un suelo calizo inductor de clorosis Fe en olivar (Pedrajas, 1999), y con la variedad 'Picual' que resulta especialmente sensible a este problema (Cordeiro et al., 1995). En este caso la aplicación de Fe-EDDHA en forma fraccionada inyectado a través de la instalación de riego ha permitido corregir el problema planteado, habiéndose observado que dicha corrección se ha traducido en un aumento de la capacidad productiva del olivar. En la finca en la que se ha trabajado, una dosis anual de 50 g. olivo⁻¹ aplicada de forma fraccionada, tal como se indicó anteriormente, ha permitido la corrección de la clorosis, si bien esta dosis podría no ser totalmente eficaz en olivares mucho más afectados de clorosis, en suelos con mayor capacidad de inducción de clorosis o cuando no se utilizan sistemas de riego localizado de alta frecuencia (Pascual y Aliaga, 1992).

La aplicación de Fe-EDDHA ha permitido aumentar el contenido de clorofila

en hojas, lo que se ha traducido en una mejora en los parámetros determinantes del rendimiento: mayor número de frutos cuajados por olivo, así como en una mayor capacidad de llenado de los frutos, unido todo ello a un mayor contenido total de aceite por cada aceituna cuajada.

Aunque este experimento se ha realizado en un olivar de aceituna de almazara, se podría igualmente sacar una conclusión de gran interés para el sector de la aceituna de mesa, ya que la aplicación del Fe-EDDHA no solo ha mejorado la producción, sino que también ha influido positivamente sobre los parámetros de calidad (tamaño de la aceituna y color), lo cual tiene una gran influencia, en este caso, sobre el valor de los frutos producidos.

REFERENCIAS

Cordeiro, A.M., Alcántara, E. y Barranco, D. (1995). Differences in tolerance iron deficiency among olive (*Olea europaea*, L.) cultivar. En: Iron Nutrition in Soil and Plants 197-200. Ed: J. Abadía. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

Del Campillo, M.C. y Torrent, J. (1992). Predicting the incidence of iron chlorosis in calcareous soil of southern Spain. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* **23**, 399-416.

Fernández-Escobar, R., Barranco, D. y Benlloch, M. (1993). Overcoming iron chlorosis in olive and peach trees using a low-pressure trunk-injection method. *Hortic. Sci.* **28**, 192-194.

Hellín, E., Ureña, R., Sevilla, F. y Alcaraz, C.F. (1987). Comparative study on the effectiveness of several iron compounds in the iron chlorosis correction in Citrus plants. *J. Plants. Nutr.* **10**, 411-421.

Inskip, W.P. y Bloom, P.R. (1986). Effects of soil moisture on CO₂ soil solution bicarbonate, and iron chlorosis in soy beans, *Soil. Sci. Soc. Am. J.* **50**, 946-952.

Inskip, W.P. y Bloom, P.R. (1987). Soil chemical factors associated with soy bean chlorosis in calcareous soils of western Minnesota. *Agron. J.* **79**, 779-786.

Lindsay, W.L. (1984). Soil plant relationships associated with iron deficiency with emphasis on nutrient interactions. *J. Plant Nutr.* **5**, 489-500.

Pascual, B. y Aliaga, J.R. (1992). Criterios agronómicos para la fertilización de los cítricos. *Fruticultura Profesional Nutri-Fitos '92*, 6-17.

Pedrajas, V.M. (1999). Propiedades del suelo que influyen en la clorosis férrica del olivo (*Olea europaea* L.) var. 'Picual'. Trabajo Profesional Fin de Carrera. E.T.S. Ingenieros Agrónomos y Montes. Universidad de Córdoba.

Römheld, V. y Marschner, H. (1986). Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. *J. Plant. Nutr.* **9**, 695-713.

FIGURAS Y TABLAS.

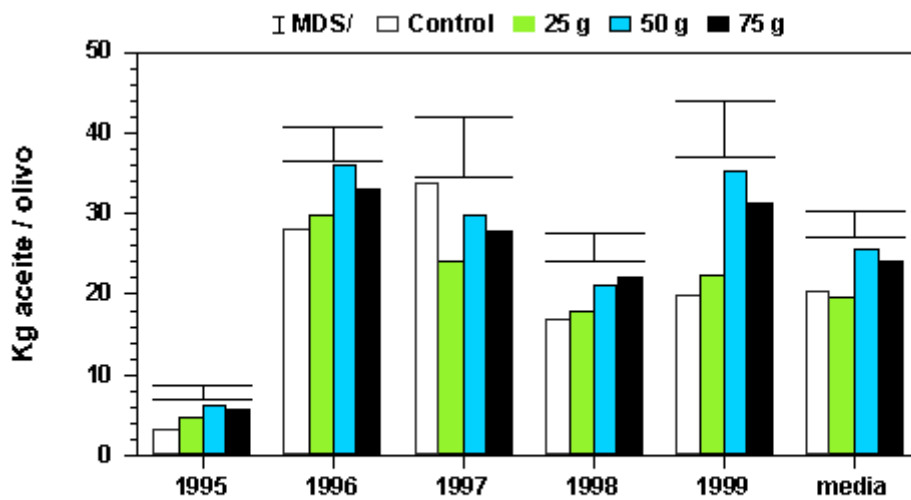


Figura 1: Producción medias de aceite obtenidas en los 5 años de duración del experimento para las diferentes dosis de Fe-EDDHA empleadas. Las barras presentan anualmente el valor de la mínima diferencia significativa ($p \leq 0,05$)

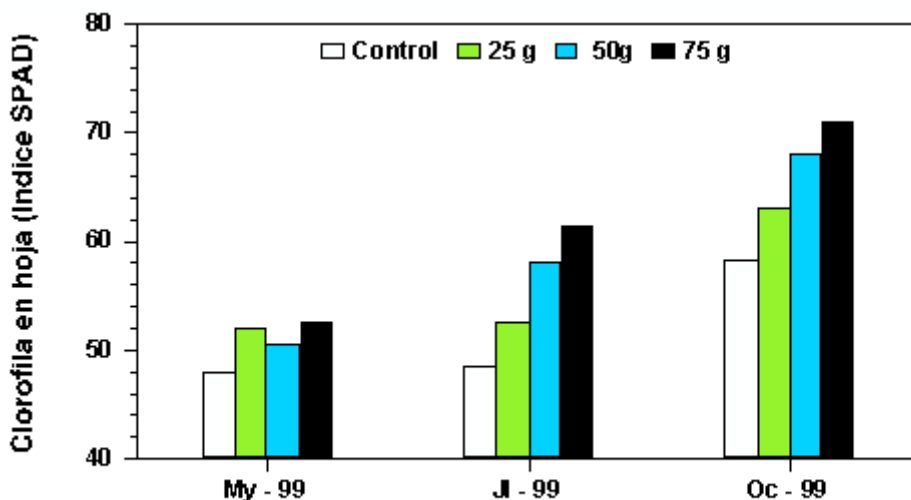


Figura 2: Evolución en 1999 del contenido de clorofila en hojas (Indice SPAD) de olivos tratados anualmente con diferentes dosis de Fe-EDDHA.

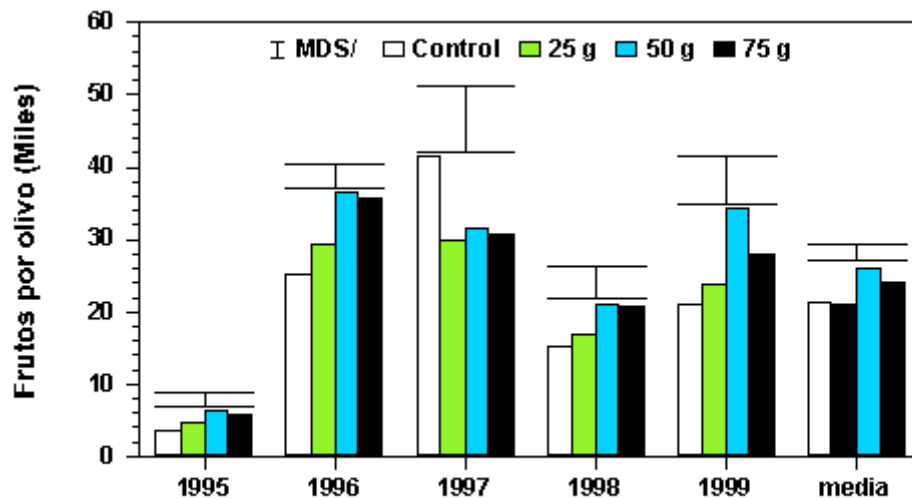


Figura 3: Número anual de frutos cuajados por olivo para cada una de las dosis de Fe-EDDHA.

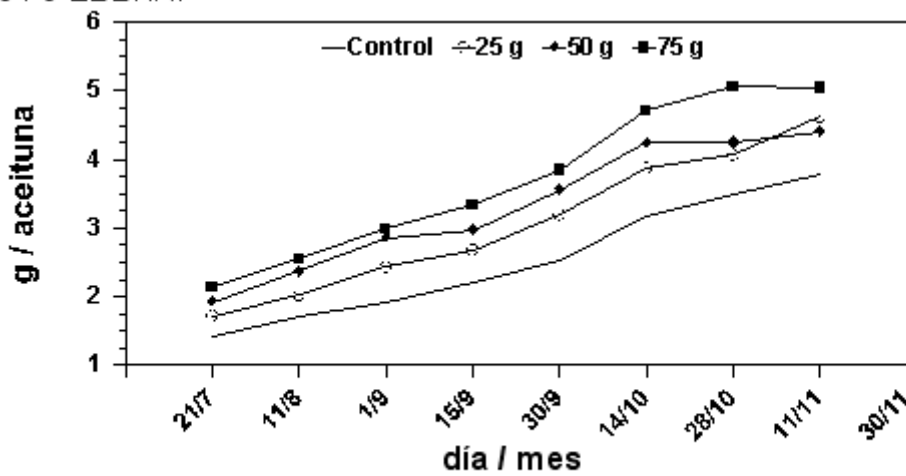


Figura 4: Evolución, a lo largo del año 1999, del tamaño de los frutos en olivos fertirrigados con diferentes dosis de Fe-EDDHA.

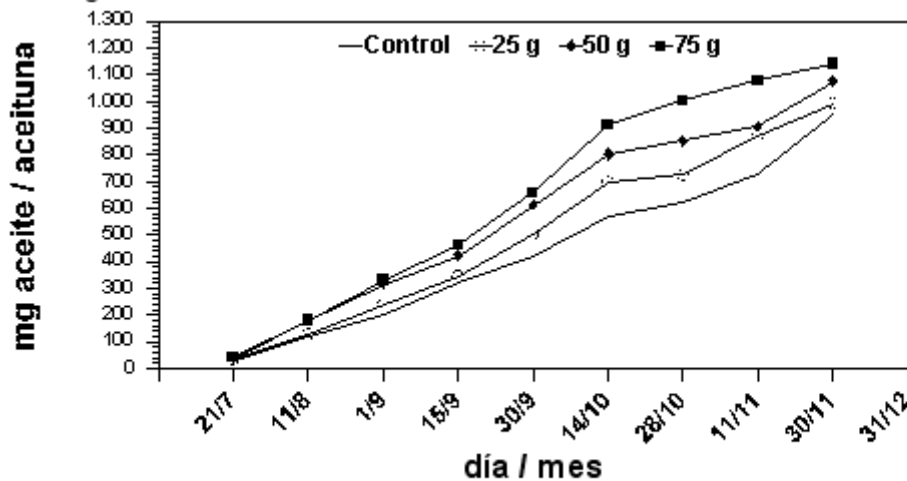


Figura 5: Evolución, a lo largo del año 1999, de la acumulación de aceite en los frutos en olivos fertirrigados con diferentes dosis de Fe-EDDHA.

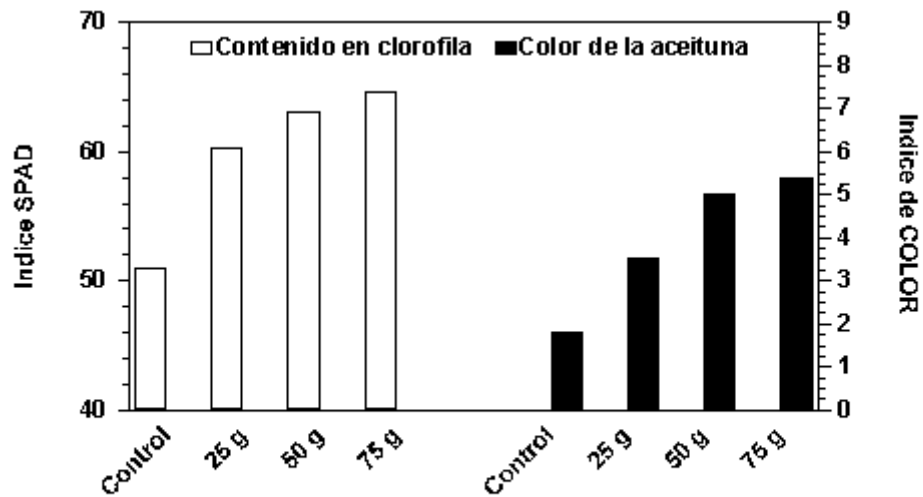


Figura 6: Contenido en clorofila e índice de color (o color amarillo- 9 color verde intenso) en aceitunas procedentes de olivos fertirrigados con diferentes dosis de Fe-EDDHA. Septiembre 1999.

Tabla 1: Caracterización del suelo en el que se ha realizado el experimento. Finca "Los Robledos" Santisteban del Puerto (Jaén)

HORIZONTE	Prof. (cm)	Arenas %	Limos %	Arcillas %	CO ₃ Ca %	C.O %	N %	C/N
Ap	0-22	29,5	37,5	33,0	51,0	1,49	0,12	37,2
Ac	22-34	13,4	44,6	42,0	50,4	0,30	0,06	5,0
Cmk	>34	18,8	46,3	34,9	46,0	0,40	0,02	20,0

HORIZONTE	Prof. (cm)	Bases y capacidad (meq/100 g)					pH H ₂ O	P ₂ O ₅ Mg/100g	K ₂ O mg/100g
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	T			
Ap	0-22	18,3	0,8	0,1	0,5	19,2	8,00	5,3	23,6
Ac	22-34	25,3	1,1	0,1	0,2	27,4	7,80	5,5	9,4
Cmk	>34	22,2	1,5	0,1	0,2	24,6	8,20	5,5	9,4