

## **MANEJO DEL SUELO Y NUTRICIÓN EN SUELOS CON PROBLEMAS DE AIREACIÓN.**

**Rafael Ruiz Sch.**  
**Ing. Agrónomo Dr.**

- **Introducción.**

El palto es tal vez una de las especies más sensibles a los problemas de falta de aire y por lo tanto escasez de oxígeno en el suelo. Por otro lado, los problemas a la circulación de gases en el suelo derivados de una mala estructura implican una acumulación de CO<sub>2</sub> que como se verá también implican problemas al palto.

Es probable que esta sensibilidad del palto a la falta de aireación tenga que ver con el origen evolutivo de la especie. El palto es originario de Centroamérica donde crecía en suelos derivados de ceniza volcánica conocidos por su alta macroporosidad y alto tenor de materia orgánica. Por otra parte el pH original de estos suelos se ubica en el rango moderadamente ácido (alrededor de 6,0), muy distinto del pH en que se cultiva palto en el país. El nivel de sales original, derivado de la pluviometría de esas regiones, es también muy bajo.

El traslado del cultivo del palto a condiciones edáficas o químicas más desfavorables hace que frecuentemente se presenten problemas de "decaimiento", a veces catastróficas del árbol que bajan la productividad o calidad del producto.

El presente escrito pretende clarificar algunos aspectos nutricionales asociados a los efectos de una mala aireación, derivados de problemas físicos del suelo o de la implementación de criterios de riego no ajustados a las características del suelo. Por otra parte y como avance de resultados de un proyecto INNOVA en curso, se presentaran avances en cuanto a la problemática nutricional asociada a la presencia de suelos alcalino-calcáreos y su interacción con déficit de aireación o drenaje. Finalmente se ilustrará sobre algunas prácticas de manejo y su incidencia en el tema del "decaimiento" y de la clorosis férrica en paltos.

- **Decaimiento del palto y su relación con problemas físicos del suelo.**

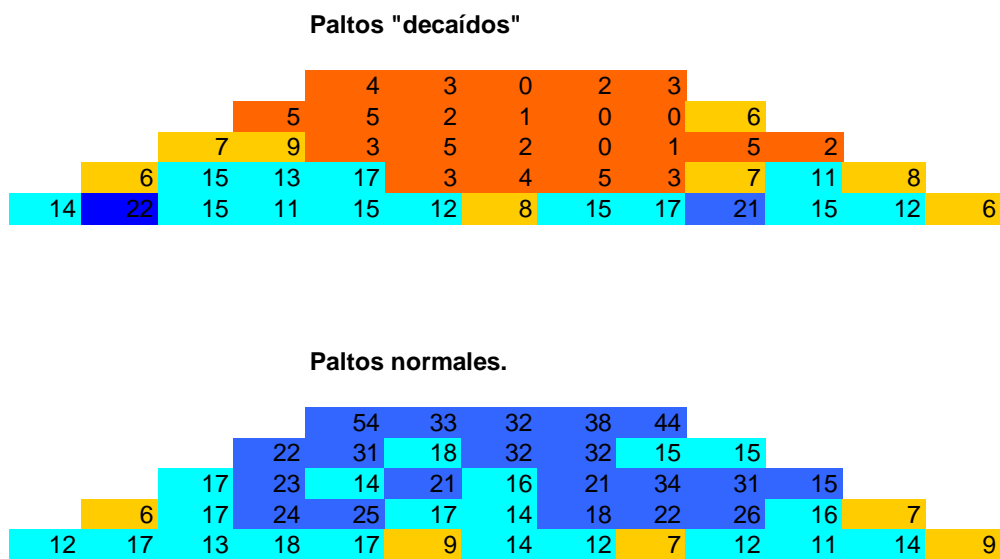
En los últimos años se ha generado una conciencia de que existen muy pocos suelos con condiciones físicas adecuados al crecimiento del palto, de allí que se halla generalizado la técnica de plantación en camellones. El camellón permite independizarse de algunas propiedades negativas del suelo original, a la vez que otorga mayor seguridad para el drenaje del agua. Sin embargo, es frecuente observar problemas de "decaimiento", a veces con resultado de muerte de los árboles, aún en camellones. El decaimiento consiste en que árboles hasta ese momento creciendo y produciendo en forma normal comienzan a mostrar

síntomas leves de amarillamiento del follaje, hojas abarquilladas, caída anormal de hojas y fruto, y crecimiento de brotes muy disminuido o nulo. En grados más avanzados aparecen síntomas necróticos en los márgenes y ápices foliares. El resultado es una pérdida paulatina del vigor y productividad de los árboles.

Las diferencias, claramente visibles en la parte aérea, también aparecen claramente al efectuar comparaciones de las características del perfil y la concentración de raíces asociados a árboles afectados y aparentemente sanos.

(Figura 1.)

**Figura 1 Densidad de raíces de paltos "decaídos" y sanos.**



En el primer caso (paltos decaídos) la escasez de raíces aparece asociada a la textura del suelo hasta los 60-80 cm ; franco arcillosa a arcillosa. La estructura de la misma se presenta masiva que rompe a bloques angulares. Estas características producen problemas al crecimiento radicular del palto ya que condicionan baja macroporosidad (valor determinado por método del cilindro=13,2%) a la vez que el manejo del riego conduce a excesos de agua y asfixia radicular. De hecho pudieron observarse gran cantidad de raíces muertas. En profundidad las propiedades cambian; la textura cambia a franca (con abundante gravilla granítica) y la estructura es de bloques subangulares, mejorando el enraizamiento, con una macroporosidad de 26%. Sin embargo, esta mejoría de condiciones en el subsuelo profundo no es suficiente para sustentar el árbol.

En contraste paltos sanos creciendo en un sector adyacente indican un camellón totalmente diferente, con adecuado enraizamiento en todo el perfil, texturas moderadamente gruesas; franco arenosas a francas con abundante gravilla granítica. Los valores de macroporosidad indicaron niveles superiores al 25% en todo el perfil.

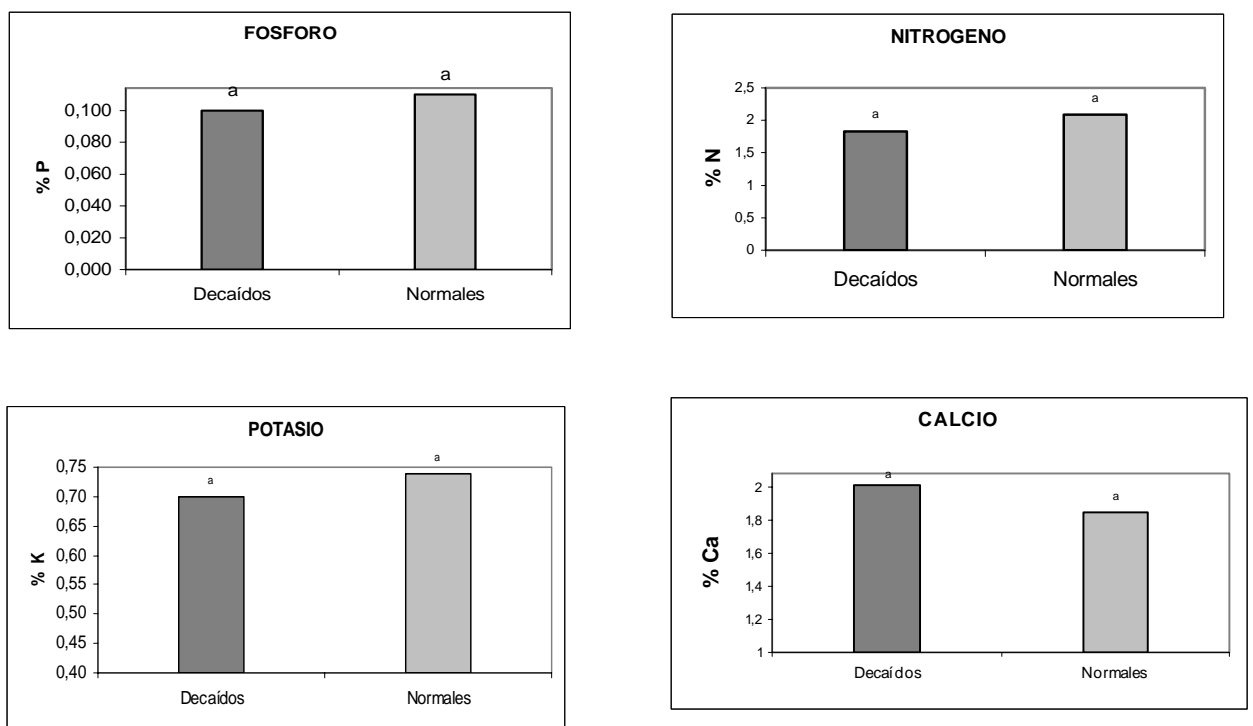
El análisis de varios casos puntuales como el indicado nos da la certeza de que siempre que existen problemas de decaimiento existe un problema de raíces asociado a las propiedades físicas del suelo y/o a condiciones de riego que conducen a asfixia radicular.

- **Decaimiento y problemas nutricionales**

Los componentes nutricionales asociados a paltos decaídos parecen obvios. De hecho algunos de los síntomas se asemejan a déficit o toxicidad nutricional. El análisis de hojas del mismo tipo y edad en 4 casos contrastando árboles decaídos vs. sanos nos indicó una situación distinta a la esperada.

En la figura 2 se indican los niveles nutricionales de N, P, K y Ca.

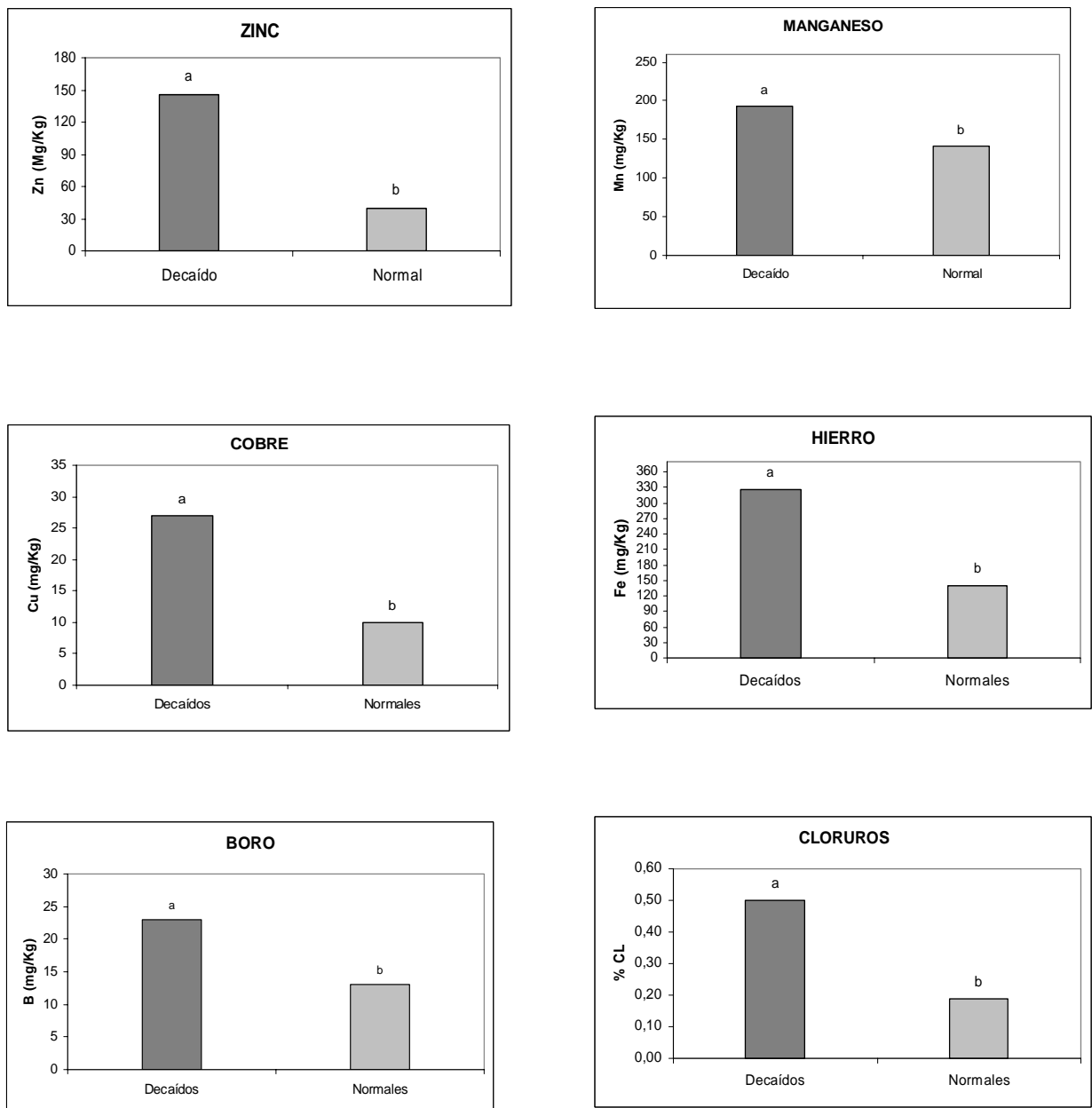
**Figura 2. Comparación de niveles foliares en árboles "decaídos" vs. sanos.**



Se observa que los valores foliares de los elementos indicados no varían en árboles decaídos vs. sanos.

En la figura 3 se indican los niveles determinados para microelementos, sodio y cloruros.

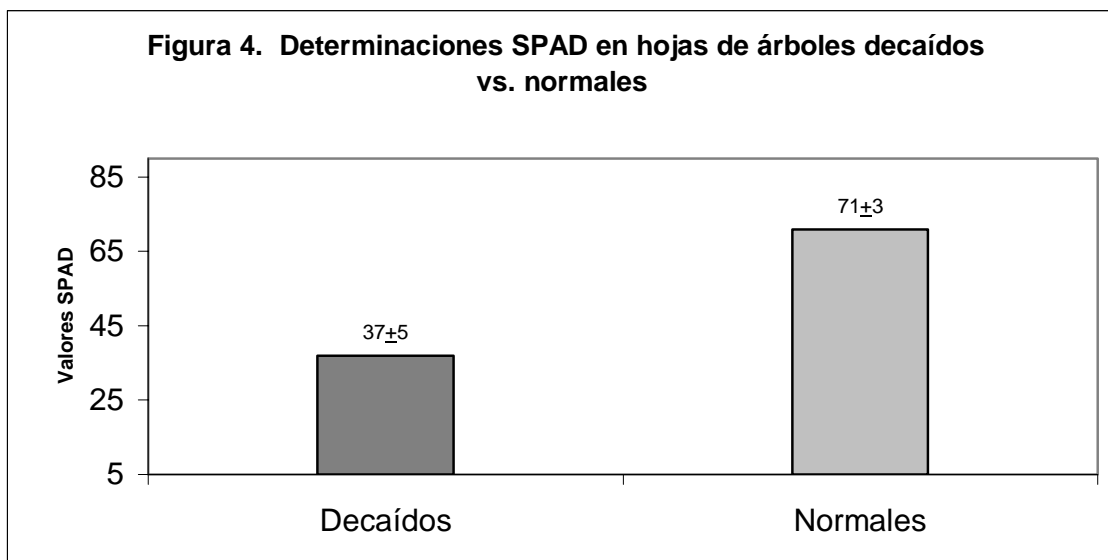
**Figura 3. Comparación de niveles foliares de microelementos, Boro y cloruros en árboles "decaídos" vs. sanos.**



Como se observa los valores difieren substancialmente, con valores mucho mayores en los árboles decaídos, con algunos casos en el nivel de toxicidad, caso del cloruro y probablemente cobre. Sin embargo, creemos que estos cambios nutricionales no explican el fenómeno del decaimiento, sino que son consecuencia de un profundo cambio metabólico producido por el stress radicular.

Es conocido en otras especies que la anoxia radicular, (en este caso deducida de la gran cantidad de raíces muertas), genera desde las raíces señales bioquímicas tales como ácido abscísico, con resultado de cierre estomático y menor fotosíntesis. Por otro lado el ácido abscísico genera etileno, el cual acelera los fenómenos de senescencia y pérdida de clorofila. Con este hipotético cuadro de fondo es posible explicar que los elementos nutritivos móviles emigraron a sitios de reserva (ramas, troncos, raíces), como parte de un fenómeno de senescencia precoz, mientras los inmóviles (microelementos y cloruros) no lo hicieron. Estos últimos incrementan fuertemente su concentración debido a la emigración de azúcares desde las hojas a sitios de reserva y por ende, el mismo contenido nutricional en menor materia seca, que es la base del análisis, se incrementa. El hecho de que el contenido de elementos móviles no suba implica que necesariamente se retranslocaron a sitios de reservas.

¿A qué se debe entonces el amarilleamiento de las hojas? En este caso, ya que podemos descartar el N como problema inductor de la clorosis, las determinaciones vía SPAD nos confirman que las hojas afectadas poseen mucho menos clorofila que las sanas y ésta es la causa del amarillamiento. (Figura 4).



Vale decir la sintomatología "nutricional"; amarillamiento leve a moderado y la necrosis presente en las hojas de los árboles( foto 1), obedecería, por una parte a menores niveles de clorofila, pigmento que da el color verde a las hojas, mientras la necrosis aparece relacionada a toxicidad inducida por cloruros y posiblemente cobre (Foto 2). Sin embargo, todo el trastorno aparece relacionado y es coherente, con una profunda alteración metabólica derivada de problemas físicos del suelo conducentes a anoxia radicular.

**Foto 1.**



**Foto 2.**



Determinaciones recientes de reservas de carbohidratos determinados en raíces durante el mes de Agosto indican igualdad entre árboles decaídos y sanos, lo cual indicaría que en los árboles decaídos habría ocurrido una migración de azúcares desde la parte aérea. Esto ayudaría a explicar porqué los árboles decaídos pueden ser recuperados totalmente después de una poda intensa y adecuando las condiciones del riego.

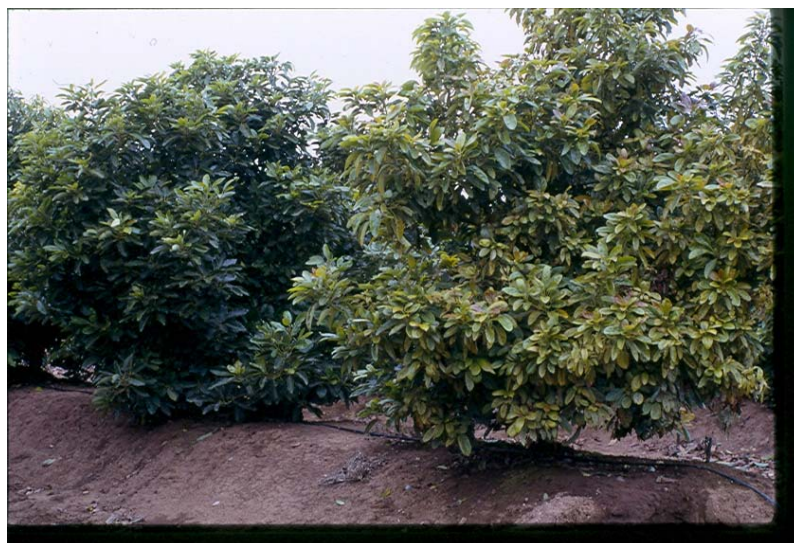
Es nuestra hipótesis que el grave problema indicado deriva de falta de aire en el suelo. La correcta elección de los materiales del suelo para construir el camellón aparecen como vitales para explicar las grandes diferencias observadas incluso dentro de un mismo cuartel. Texturas finas tienden a producir mayores problemas de decaimiento que las gruesas. En el área de lomajes y cerros estas diferencias texturales entre suelo y subsuelo son aún mayores. Como precaución será necesario efectuar previamente a la construcción del camellón un estudio del perfil para examinar y determinar qué estratas son aptas para construirlo en cada sector predeterminado.

- **Aireación y problemas químicos del suelo.**

La clorosis férrica es un grave problema en muchas de las áreas nuevas que se están habilitando para plantaciones de paltos. De acuerdo a nuestras observaciones también frecuentemente está incluido el zinc como causante de la clorosis, en cuyo caso no podría hablarse de clorosis "férrica".

El diagnóstico del problema de la clorosis férrica propiamente tal es complejo, tanto vía análisis de suelo como foliar. De hecho como se expondrá más adelante el análisis foliar convencional (determinación del Fe total de las hojas) es ineficiente para el diagnóstico, tal como ocurre en varias especies. Por otra parte el problema se da con una connotación muy particular; puede coexistir un árbol fuertemente afectado con uno inmediatamente vecino, sano. (Foto 3). Esta situación indica que sutiles cambios de la química del suelo y como veremos de las condiciones de aireación hacen que el problema se gatille o no.

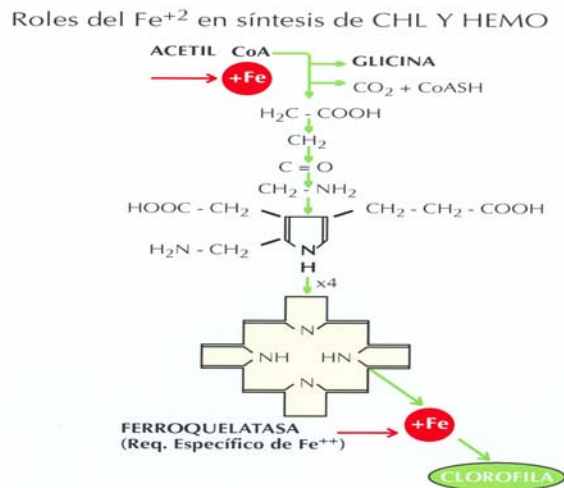
**Foto 3.**



- **Dinámica del Fe en el sistema suelo-planta.**

La forma metabólicamente activa del hierro es la  $Fe^{+2}$ . El hierro es vital para la formación de la molécula de clorofila aunque no sea parte integrante de ésta. (Figura 5).

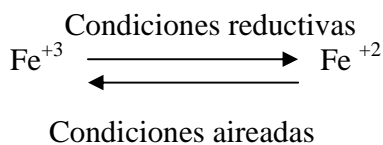
**Figura 5.**



Como se observa, sin hierro no hay formación de clorofila, molécula vital para la producción de azúcares.

Las formas químicas solubles del hierro en el suelo son la  $Fe^{+2}$  y la  $Fe^{+3}$ . Ambas se encuentran en muy baja disponibilidad en los pH de suelo alcalinos en que ocurre normalmente la clorosis férrica.

Las condiciones reductivas u oxidativas del suelo hacen variar la proporción de una y otra en solución, de acuerdo a;

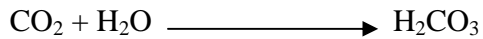


Otro elemento directamente implicado en la nutrición del Fe son los bicarbonatos (ion  $HCO_3^-$ ), los cuales interfieren negativamente en la absorción de  $Fe^{+2}$ .

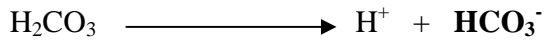
Los bicarbonatos pueden acumularse en el suelo debido a varios procesos, que se detallan a continuación;

En primer lugar la propia respiración radicular y de la fauna microbiana implica absorción de  $O_2$  y expulsión de  $CO_2$ . Este  $CO_2$  se disuelve en el agua de la solución del suelo de acuerdo a;

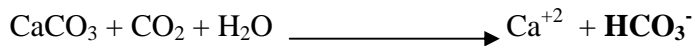




El ácido carbónico es inestable en pH alcalino y se descompone a bicarbonato, de acuerdo a;



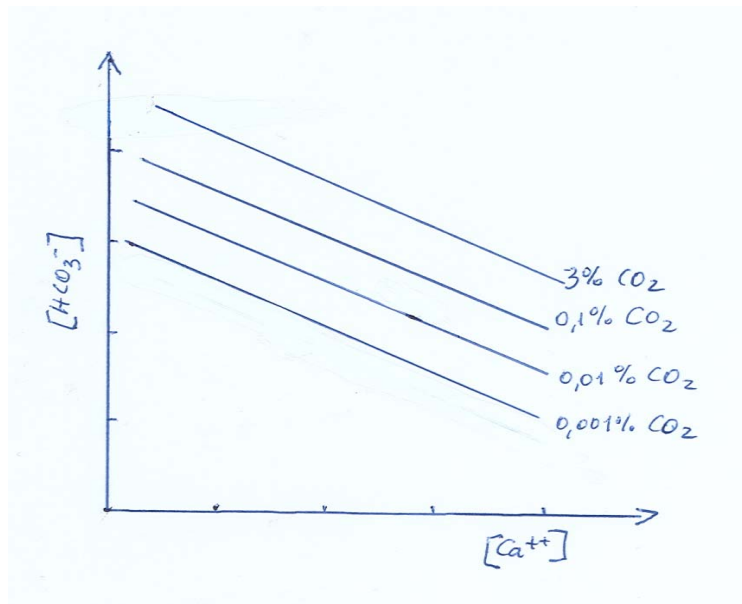
La presencia de carbonatos, siempre presentes en la clorosis férrica, es la base para generar más carbonatos que las que normalmente ocurren en el suelo, de acuerdo a;



De acuerdo a esto los suelos calcáreos están más proclives a generar excesos de bicarbonatos y por lo tanto clorosis férrica.

La relación química entre el calcio, bicarbonatos y el nivel de  $\text{CO}_2$  se puede visualizar mejor en la figura 6.

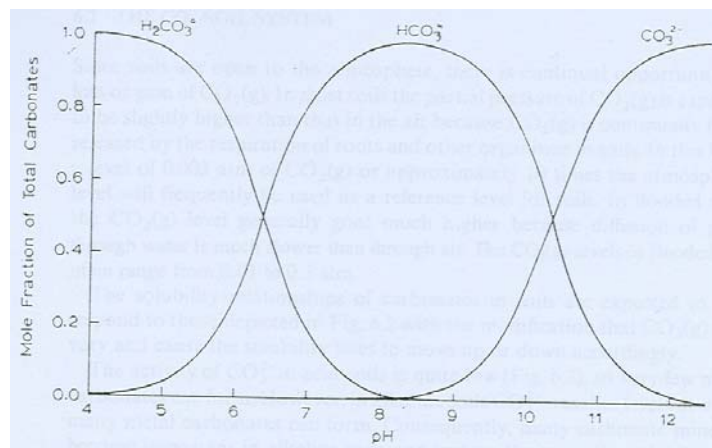
**Figura 6. Relación entre el Bicarbonato, el  $\text{CO}_2$  y el ion  $\text{Ca}^{++}$  en Suelos.**



Se observa que al elevarse el  $\text{CO}_2$  se incrementa fuertemente los bicarbonatos. Por otra parte el ion calcio atenúa el efecto.

Por último, el pH resulta clave en la determinación de la especie carbonácea presente en la solución del suelo (Figura 7).

**Figura 7. Concentración de Bicarbonatos en relación al pH.**



Se observa que en los pH en que se da el problema (7-8,4) la especie con mayor presencia son los bicarbonatos.

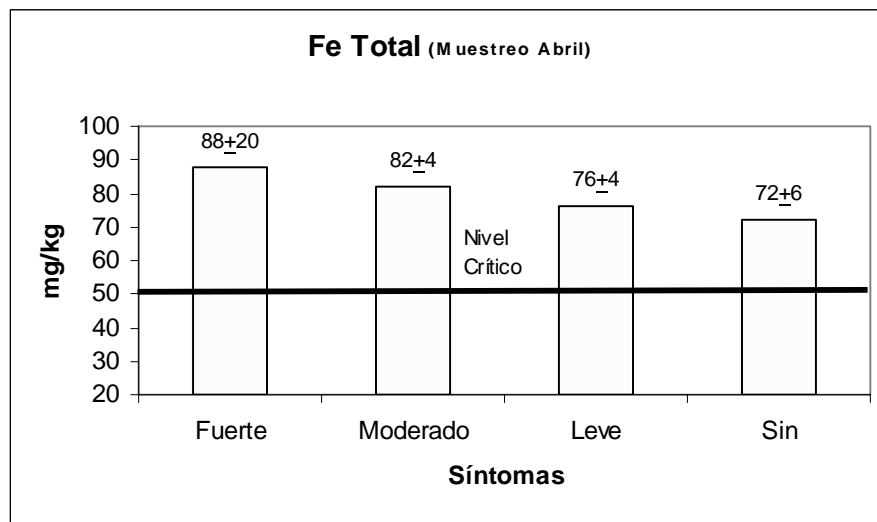
¿De qué manera los bicarbonatos interfieren la absorción de Fe<sup>+2</sup>? Los bicarbonatos alcalinizan el apoplasto radicular (espacio libre radicular), impidiendo el ingreso de Fe<sup>+2</sup>, pero no de Fe<sup>+3</sup>. Sin embargo, el Fe<sup>+3</sup> no es metabólicamente activo.

Resumiendo se puede concluir que el problema de clorosis férrica está asociado a suelos de pH alcalino y calcáreos. Sin embargo, no basta la presencia de estos dos factores para provocar el problema, sino que es preciso establecer los niveles de bicarbonatos, que dependen de las dos condiciones anteriores, pero además de factores que pueden ser variables incluso dentro de un mismo camellón o época del año; actividad radicular (que genera CO<sub>2</sub>) y de microorganismos y aireación local. Una deficiente aireación provoca acumulación de CO<sub>2</sub> y por esa vía producción bicarbonatos. Por lo tanto la estrategia de riego resulta vital en suelos susceptibles a clorosis férrica.

- **Avances en el diagnóstico de la clorosis férrica.**

A pesar de que en la literatura se indican estándares de diagnóstico basados en hierro total, nuestras determinaciones indican que esta técnica es ineficiente para el diagnóstico en paltos. (Figura 8).

**Figura 8. Concentración de hierro total en hojas de palto proveniente de árboles con distinto grado de clorosis.**

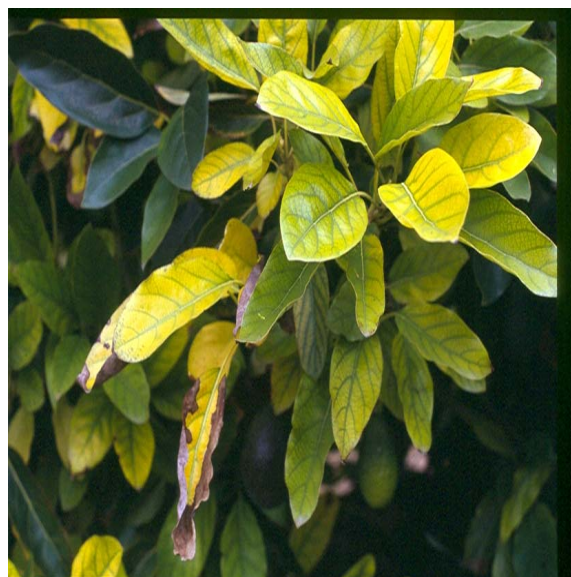


Como se observa los valores de Fe total son similares y en el rango adecuado (sobre 50 ppm), desde árboles fuertemente afectados (Foto 4 y 5), hasta sanos.

**Foto 4. Árbol con clorosis férrica**

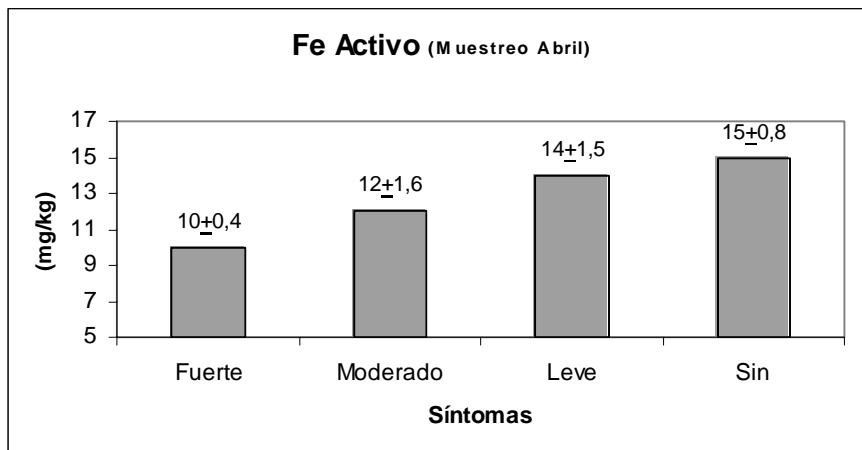


**Foto 5. Síntoma de clorosis férrica en las Hojas**



La determinación del  $\text{Fe}^{+2}$  o "hierro activo" en las hojas separa en mejor forma las diferentes categorías del síntoma. (Figura 9)

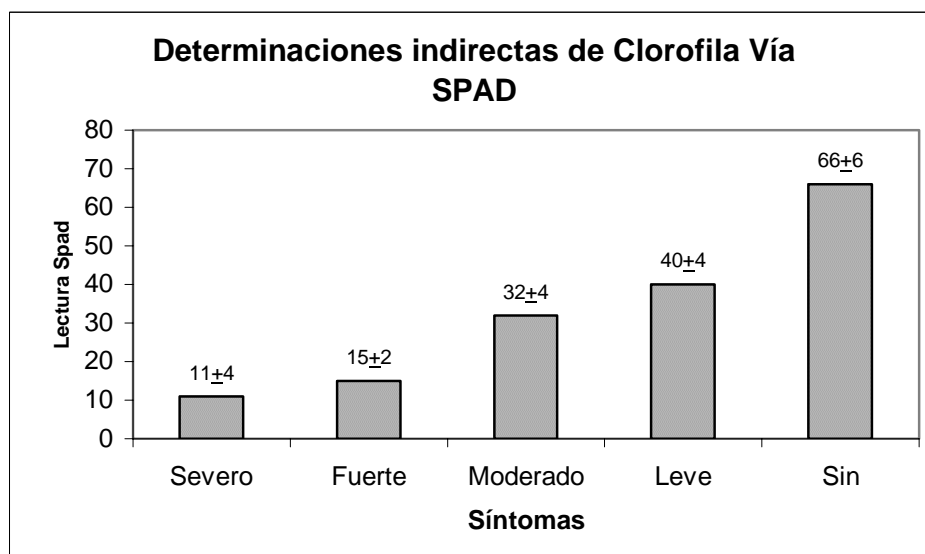
Figura 9. Concentración de hierro "activo" ( $\text{Fe}^{+2}$ ) en hojas de palto proveniente de árboles con distinto grado de clorosis.



El Fe activo se relaciona en mejor forma con el síntoma presente en los árboles. Sin embargo, la sensibilidad no es la óptima. Se trabaja actualmente en mejorar la recuperación del Fe activo con otros métodos de extracción.

Los niveles de N, P, K Ca y Mg no difirieron en los distintos grados de síntomas (datos no presentados), es posible, por lo tanto utilizar el equipo SPAD como determinador indirecto de clorofila. Los valores así determinados se indican en la figura 10.

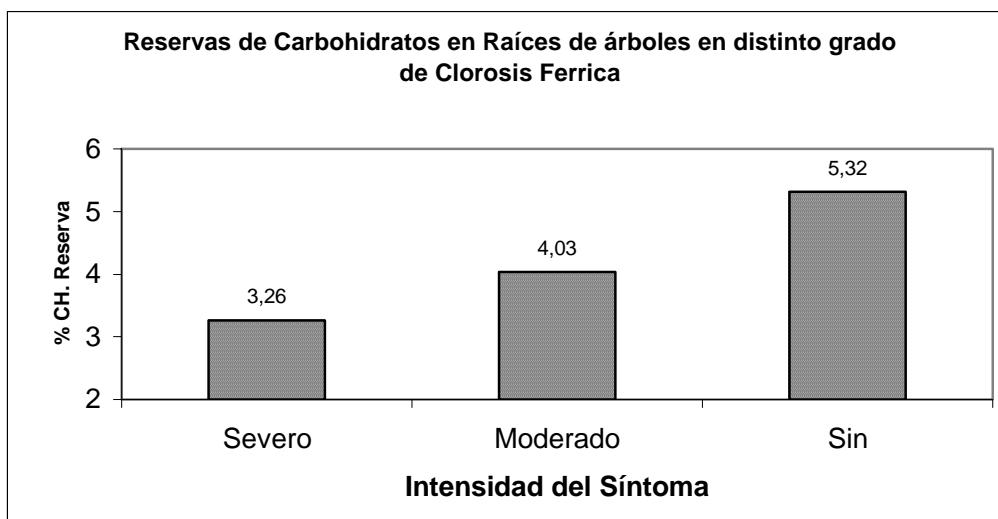
Figura 10. Valores SPAD en árboles con distinta intensidad de síntomas de clorosis férrica.



Se observa que los valores del SPAD correlacionan muy bien con el síntoma observado. Esto está en total acuerdo a lo señalado al comienzo del escrito en el sentido de que este pigmento no se forma en déficit de Fe activo.

El déficit de clorofila tiene otras implicancias graves para la planta ya que implica problemas para la producción de azúcares y también en la translocación a las raíces y en las acumulaciones de reservas. (Figura 11)

Figura 11 Niveles de carbohidratos de reserva (amilosa, amilopectinas) en raíces de árboles en distinto grado de clorosis férrica.



Se observa que el déficit de Fe repercute en las reservas de carbohidratos. Estos resultados indican que revertir la situación del déficit extremo de Fe no es fácil ya que no sólo implica solucionar el déficit de Fe propiamente tal sino levantar el nivel de reservas.

El déficit de Zn generalmente está asociado al de hierro en los suelos calcáreos. Los síntomas son; hojas de menor tamaño, con clorosis, necrosis y frutos pequeños y redondeados (Foto 6). Estos están presentes en todas las categorías de clorosis "férrica" por lo cual es difícil separar ambas. Los valores foliares determinados en la época oficial de muestreo variaron entre 12 y 17 ppm.

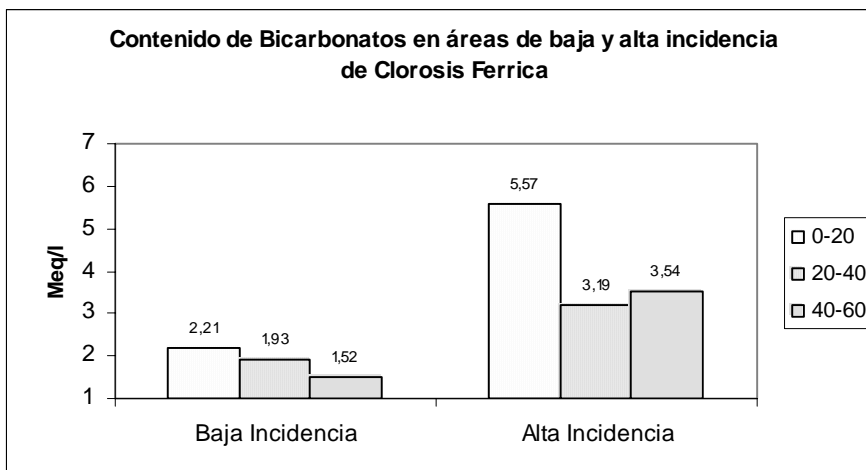
Foto 6. Déficit de Zinc con fruta redondeada.



- **Diagnóstico vía suelo**

En general, niveles de bicarbonatos superiores a 5meq/L en el extracto saturado aparecen relacionados a fuertes problemas de clorosis férrica en paltos. En la figura 12 se indican valores promedio de contenidos de bicarbonatos en el perfil (camellones) de huertos de pH alcalino de baja y alta incidencia de clorosis férrica.

Figura 12



Una tabla práctica de valores estándar para establecer niveles dañinos de bicarbonatos en paltos sería como sigue,

<b>Nivel HCO<sub>3</sub></b> ( meq/L)	<b>Probabilidad clorosis férica</b>
0-2,0 2,1-4,9 5,0-9,9 >10	Baja – Nula Moderada Alta Muy alta

Debe tenerse en cuenta que el nivel de los bicarbonatos puede variar, de acuerdo al manejo hídrico y a la actividad radicular y de microorganismos debido a las interacciones con la producción de CO<sub>2</sub>, que es generadora de bicarbonatos. Datos preliminares indican mayores valores en primavera-verano que en invierno.

La presencia de carbonatos indica sin duda una condición predisponente a la clorosis férica. Sin embargo no existe una clara relación con la intensidad del problema. Al utilizar la fracción "activa" (fracción de tamaño inferior a 20 micras), mejora la precisión del diagnóstico. Se puede utilizar la siguiente tabla para paltos.

<b>Caliza Activa</b> %	<b>Probabilidad clorosis férica</b>
Sin 0,1- 4,9 5,0-9,9 > 10,0	Nula Moderada Alta Muy alta

La determinación del contenido de Fe-DTPA del suelo resulta útil en la predicción del problema potencial. Los valores determinados de acuerdo a nuestra información son muy distintos a los que indica la literatura, lo cual no es de extrañar porque están referidos a cultivos anuales. La tabla propuesta para paltos es la siguiente;

<b>Fe-DTPA</b> (mg/kg)	<b>Probabilidad clorosis férica</b>
<5,0 5,0-10 10,0-15,0 > 15,0	Muy alta Alta Media Baja

De acuerdo a lo indicado resulta conveniente efectuar todas las determinaciones indicadas en el suelo y subsuelo con el fin de prevenir problemas potenciales de clorosis férrica.

- **Alternativas de manejo en la solución de los problemas.**

Como se explicara antes, muchos de los problemas asociados al decaimiento del palto es posible preverlos en parte. Una alternativa es seleccionar bien el material suelo con el cual construir los camellones, después de un estudio acucioso del suelo. Este aspecto se descuida en el entendido de que el camellón soluciona todos los problemas. Obviamente que el diseño correcto del drenaje y la tecnología de riego más adecuada a cada caso particular resulta vital, temas cubiertos en otros capítulos del Seminario.

Sin embargo, la situación real actual es que hay problemas aún con camellones y es muy difícil mejorar si el sustrato básico como es el camellón no reúne los requerimientos de macroporosidad.

Como parte del avance de un proyecto INNOVA en el tema, se está evaluando el efecto mejorador en la infiltración de diferentes prácticas de manejo en camellones, dentro de ellas; incorporación de lombrices, aplicaciones de yeso, aplicación de sustratos orgánicos compostados localizado en hoyos.

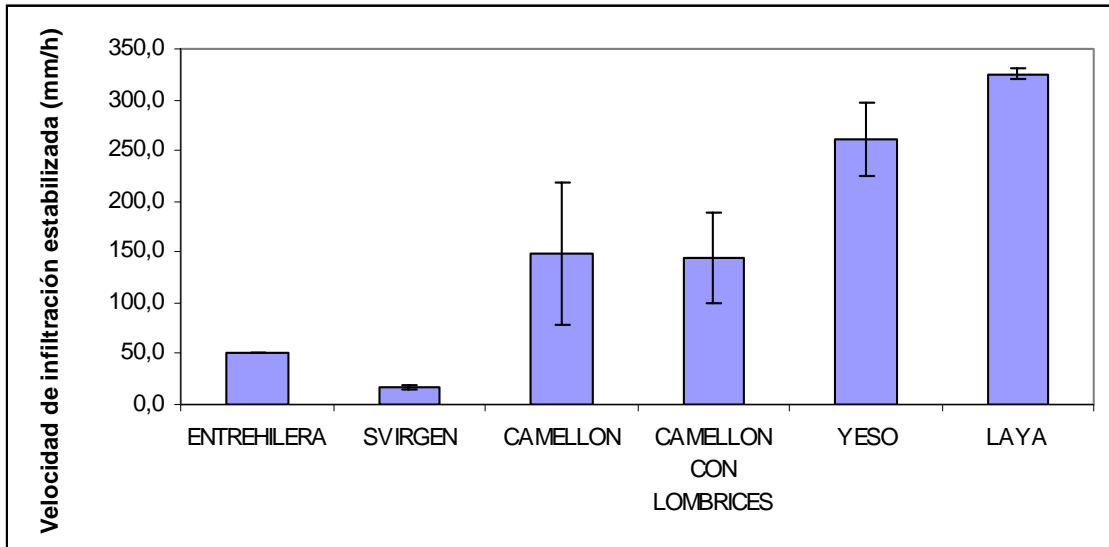
El efecto de la lombriz no es preciso detallarlo ya que es suficientemente conocido que éstas son capaces de generar túneles, además de estructurar el suelo al pasar la tierra por el tracto digestivo (crotovinas).

En el caso del yeso, la acción está basada en el ion calcio que se libera muy lentamente, al disolverse el yeso en el suelo. El ion calcio acorta la denominada "doble capa" de las arcillas, acercando estas partículas coloidales de carga negativa, uniéndolas y formando estructura, lo cual conduce a mejorar la macroporosidad y la infiltración del suelo. Al respecto, información californiana indica una respuesta positiva (en términos de velocidad de infiltración), al adicionar 5 T de yeso/há, en superficie, bajo el microaspersor, con aguas de bajo contenido salino (<250 mg/L, equivalente aproximadamente a 0,4mmhos/cm.).

Los resultados de ensayos con aplicaciones de yeso en paltos cultivados en camellones en la zona de Quillota, se indican en la figura 13.



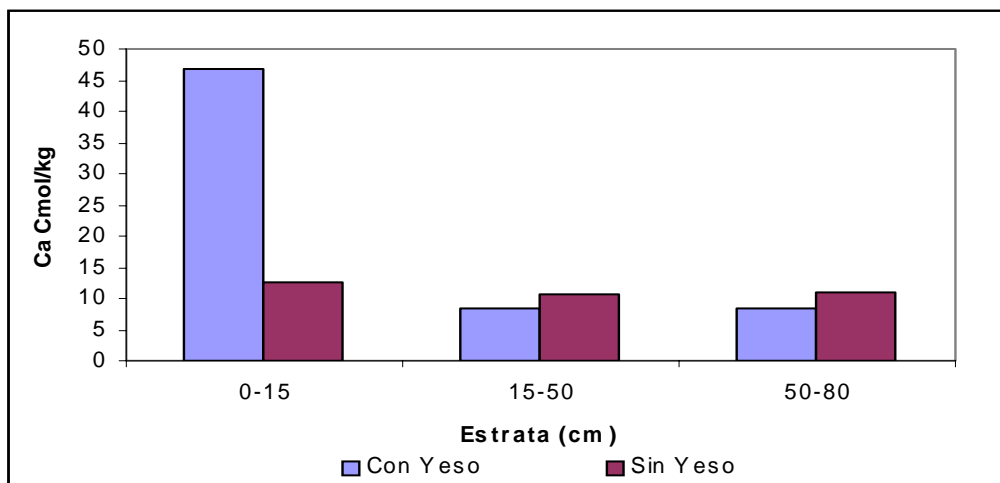
**Figura 13.**



Se observa el gran efecto del camellón y dentro de los tratamientos se observan efectos positivos del yeso, adicionado al voleo, bajo los aspersores, a razón de 2T/há. La laya (tridente que perfora hoyos hasta 15-20 cm.), ejerce una acción positiva pero es de alto costo.

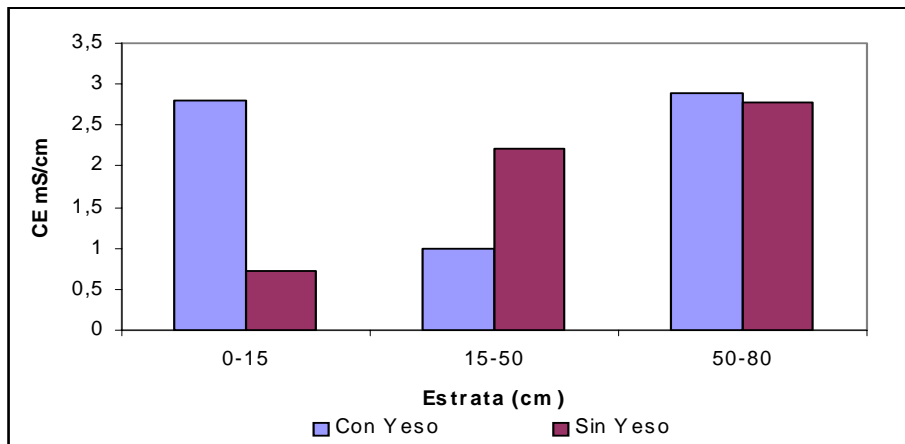
Los efectos mejoradores del yeso serían en la estructura de la capa más superficial del suelo y, están asociados al incremento del calcio intercambiable en la estrata superficial como lo demuestran los niveles de calcio determinados un año después de la adición (Figura 14).

**Figura 14. Niveles de calcio intercambiable del perfil a un año de la adición de 2T de yeso por há.**



El resultado es interesante ya que se producen efectos positivos del yeso con aguas de riego de mayor salinidad (0,6-0,8 mmhos/cm), a la de los experimentos californianos. También puede haber actuado en la misma dirección el incremento leve de salinidad detectado en la estrata superficial después de la aplicación del yeso. (Figura 15).

**Figura 15. Salinidad del perfil a un año de la agregación de 2T de yeso há.**



El aumento de la salinidad acorta la doble capa de las arcillas y pasa a ser un elemento estructurador del suelo y por lo tanto mejorador de propiedades físicas.

En el otro gran tema como es el manejo del palto en suelos inductores de clorosis férrica se conducen ensayos de acidulación vía ácido sulfúrico bajo dos criterios; uno en el cual se acidifica moderadamente la solución de riego hasta un pH promedio de la temporada de 5,2 en todos los riegos, y otro en el cual la cidificación del agua de riego es más fuerte; en promedio pH 4,0.

A pesar de que es prematuro señalar resultados concretos se puede indicar que se aprecia una tendencia a mejorar la situación de la nutrición férrica en el tratamiento con acidificación moderada del agua (pH 5,2).

Es posible determinar químicamente en el laboratorio, la cantidad de ácido a agregar para obtener determinado pH. En el cuadro siguiente se indican las cantidades de ácido sulfúrico que es necesario agregar a diferentes suelos de la V región, para llegar a un pH 5,5.

**Cuadro 1. Estimación de la cantidad teórica de ácido sulfúrico (al 85 %), necesaria para alcanzar un pH de 5,5, en suelos de distinto contenido calcáreo de la V Región.**

Suelo	Prof. (cm)	Ac. Sulfúrico (g/Kg)	Ac. Sulfúrico T/há	pH original	CaCO <sub>3</sub> (%)
S.Lorenzo	0-30	22,7	91,9	8,2	5,5
	30-60	25,5	103,2	8,2	5,5
La calera	0-30	2,76	11,1	7,9	0,2
	30-60	1,90	7,7	7,9	0,2
La Ligua	0-30	3,08	12,5	7,6	0,7
	30-60	3,12	12,7	7,5	0,7

Se observa de las cifras que el empleo de ácido sulfúrico como alternativa para liberarse totalmente de los carbonatos y bajar el pH no es factible, por los volúmenes de ácido a aplicar y por la salinidad potencial de esta práctica. Como ejemplo, en experiencias de laboratorio hemos podido calcular las cantidades teóricas de ácido requeridas para bajar el pH del suelo y el incremento en conductividad eléctrica en series de suelo representativas de importantes áreas plantadas con paltos. (Cuadro 2).

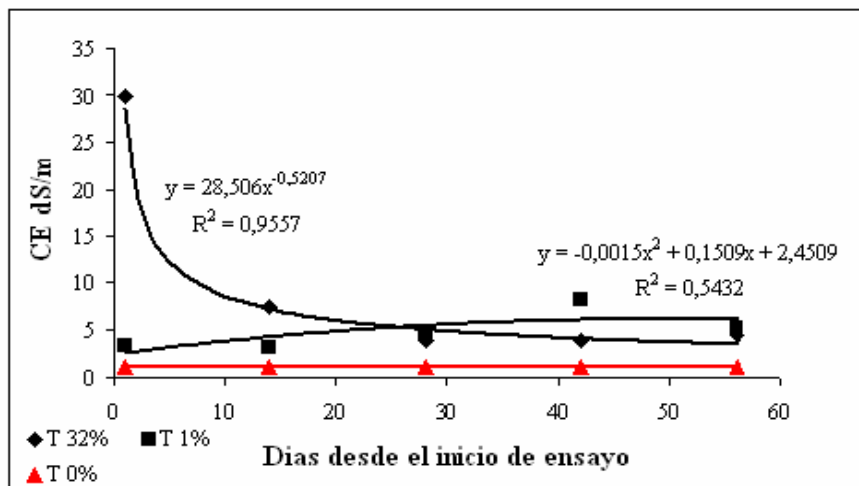
**Cuadro 2. Estimación de la cantidad teórica de ácido sulfúrico (al 85 %), necesaria para alcanzar un pH de 5,5, en suelos de distinto contenido calcáreo de la V Región.**

Suelo	Prof. (cm)	Ac. Sulfúrico (g/Kg)	Ac. Sulfúrico T/há	pH original	CaCO <sub>3</sub> (%)
S.Lorenzo	0-30	22,7	91,9	8,2	5,5
	30-60	25,5	103,2	8,2	5,5
La calera	0-30	2,76	11,1	7,9	0,2
	30-60	1,90	7,7	7,9	0,2
La Ligua	0-30	3,08	12,5	7,6	0,7
	30-60	3,12	12,7	7,5	0,7

Se observa que las cantidades teóricas son muy altas en suelos con más de 5% de carbonatos. En suelos de bajos niveles de carbonatos también resultan cantidades muy altas considerando que la cantidad indicada es teórica y supone, por una parte un 100% de eficiencia en la descomposición del carbonato y el uso de ácidos concentrados.

Un problema tal vez mayor puede presentarse en lapsos de tiempo más cortos después de la agregación del ácido. El ácido disuelve el carbonato quedando como producto principal sulfato de calcio y secundariamente sulfatos de sodio, magnesio u otras sales que pueden estar contenidas en el carbonato. Estas sales junto con el  $H^+$  del ácido pueden incrementar la salinidad a límites dañinos. En la figura 16, se indican los efectos de la adición de ácido concentrado y diluido en la C.E. de un suelo calcáreo a corto y largo plazo.

**Figura 16. Variación temporal de la CE del suelo por efecto del ácido sulfúrico aplicado al 1 y 32%, hasta los 60 días (CE inicial del suelo =  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ )**



Se observan altísimos niveles de salinidad durante los primeros días después de la agregación del ácido más concentrado (32%). De acuerdo a esto la aplicación de ácidos concentrados a través de las líneas puede ser de alto riesgo por la alta salinidad inicial que se produce. Por otra parte, los resultados preliminares de ensayos de acidificación la técnica más aconsejable por el momento es el riego permanente con aguas moderadamente acidificadas hasta pH 5,2.