

Fertilizantes de micronutrientes. Parámetros que controlan su efectividad. Aplicaciones en fruticultura.

Prof. Juan J. Lucena

Catedrático de Química Agrícola. UAM

Comité de Expertos en Fertilizantes. MARM

Convenor CEN/TC240-WG5 Micronutrient analysis. CEN





Índice

Principios de nutrición

Deficiencias de micronutrientes metálicos en los cultivos

Causas

Soluciones

Los quelatos y los complejos

Ligandos

Eficacia de quelatos y complejos

Reactividad en suelos. Estabilidad

Absorción por la planta

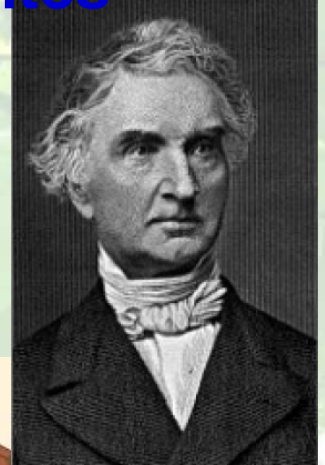
Ensayos de eficacia

B y Mo





Necesidad de fertilización de micronutrientes



R. 265.431

CARTA

SOBRE LA QUÍMICA

Y

SOBRE SUS APLICACIONES A LA INDUSTRIA,
Á LA FISIOLÓGIA Y Á LA AGRICULTURA.

Escritas en Aleman

54
56

POR EL DOCTOR JUSTO LIEBIG,
Profesor de Química en la Universidad de Giessen,
Sócio de las Academias de Stokolmo, de Dublin, de
Berlin, de San Petesburgo y de Londres, Caballero
de la Orden granducal de Hesse etc.

Traducidas del Francés al Castellano

POR

El Doctor D. José Villar y Macias.
PROFESOR DE FARMACIA EN ESTA CIUDAD, SOCIO CORRES-
PONSAL DE LA ACADEMIA DE MEDICINA Y CIRUGIA DE
CASTILLA LA VIEJA ETC.

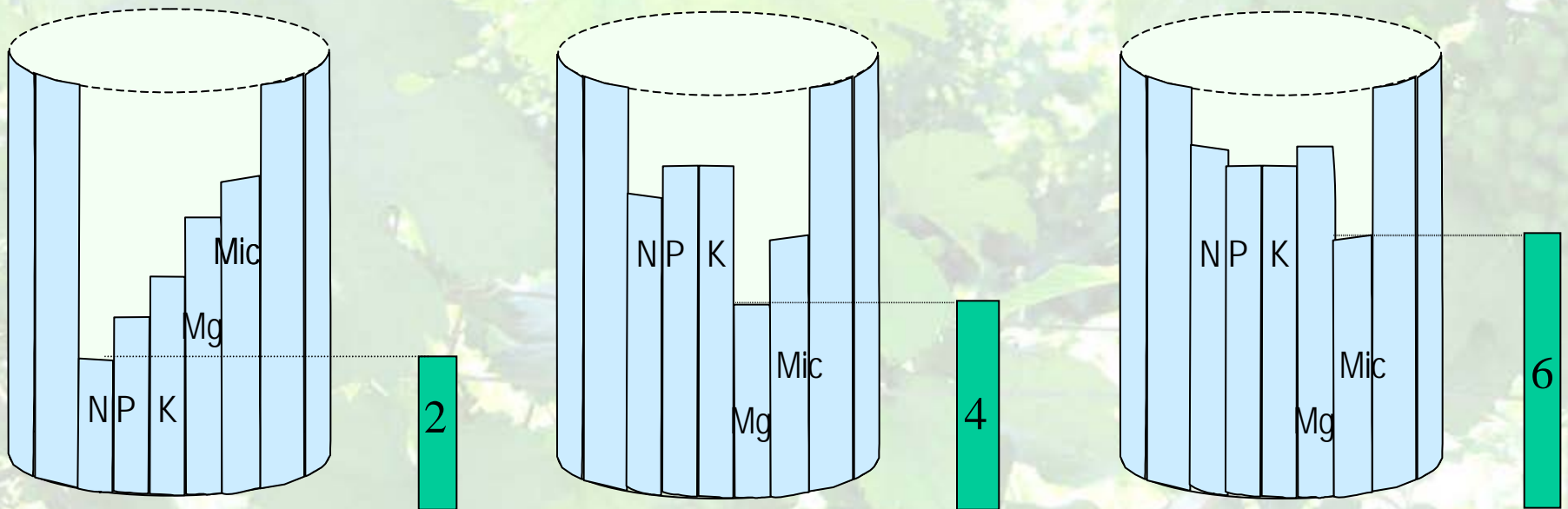
SALAMANCA :
IMPRENTA DE JUAN JOSÉ MORAN,
1845.





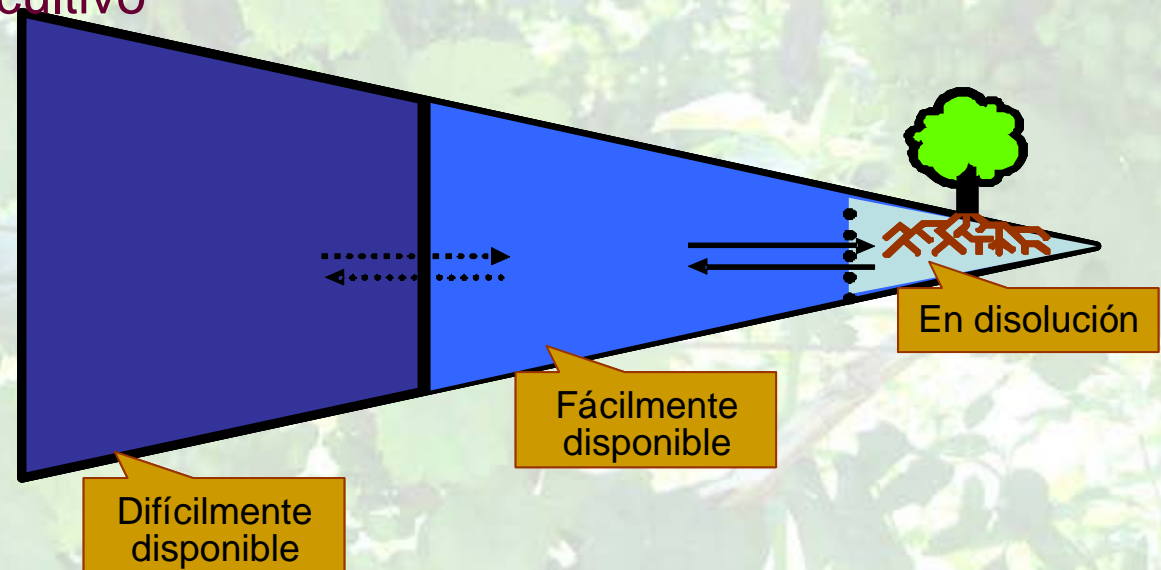
Necesidad de fertilización de micronutrientes

- Los macronutrientes dejan de ser factores limitantes
- Disminución de su presencia en fertilizantes tradicionales
- Suelos calizos que inmovilizan metales



Necesidad de fertilización de micronutrientes

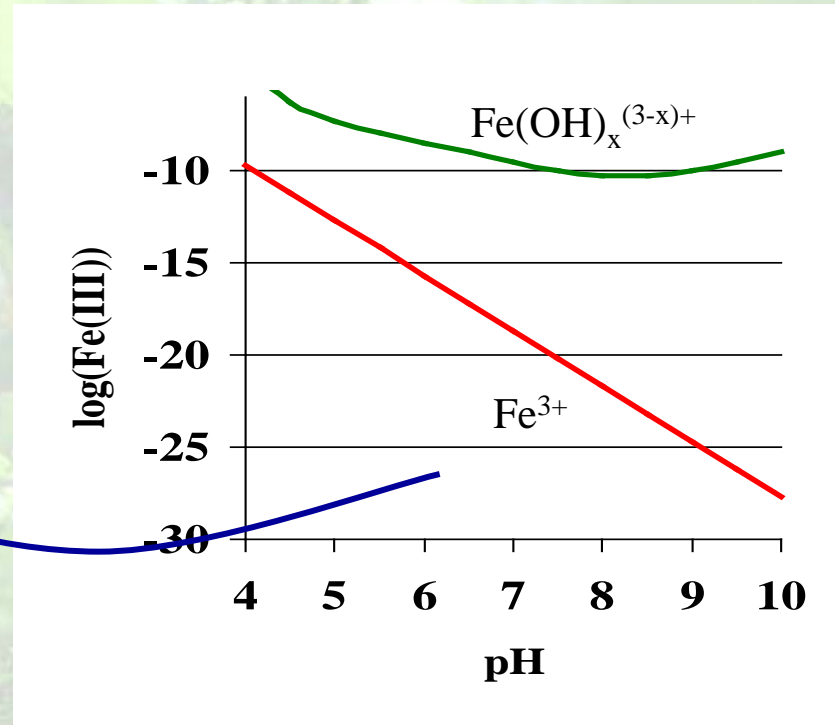
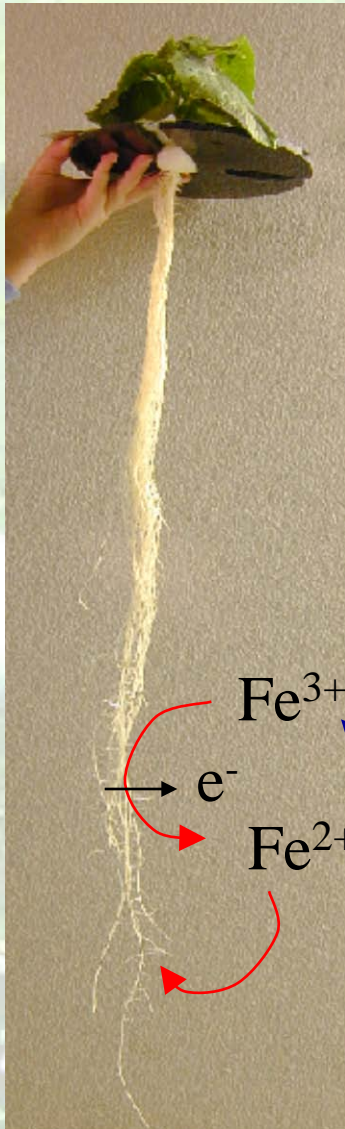
- Los macronutrientes dejan de ser factores limitantes
- Disminución de su presencia en fertilizantes tradicionales
- Suelos calizos que inmovilizan metales
- Disminución de la materia orgánica del suelo
- Menor capacidad de extracción de secundarios y micronutrientes por cultivares poco eficientes
- Nuevas técnicas de cultivo



Deficiencia de Fe en los cultivos

Hierro (Fe)

- Nutriente más abundante en suelos ($38.000 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
- Presente en forma oxidada (Fe(III))
- Solubilidad dependiente del pH y redox
- Requerimientos ($100 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ en hoja)
- Absorbido en forma reducida (Fe(II))

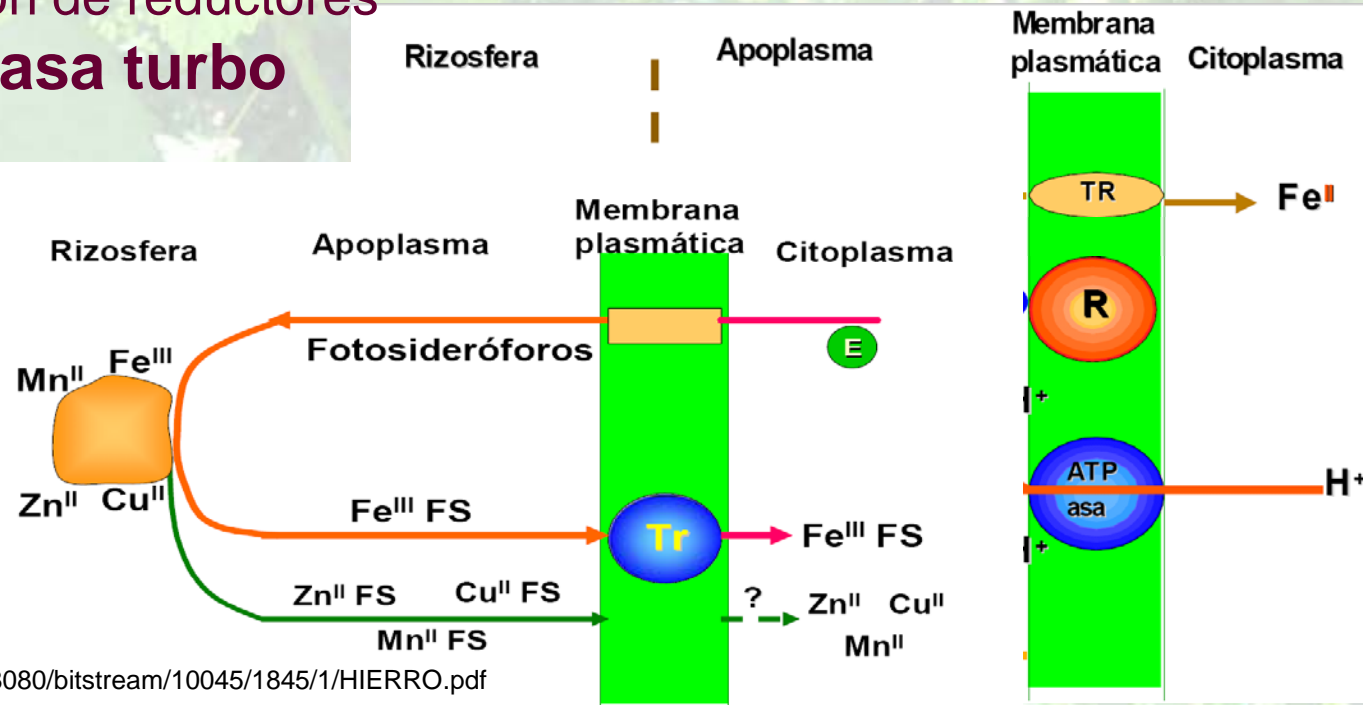
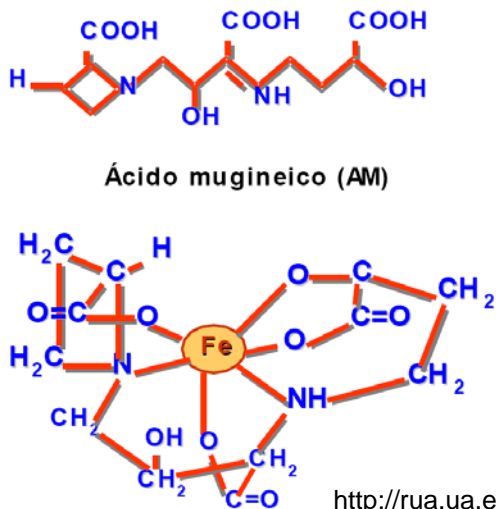
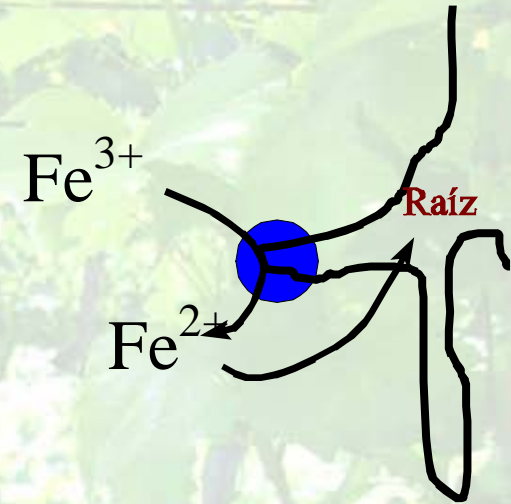




Deficiencia de Fe en los cultivos

Mecanismos de absorción de Fe

- Normal: reductasa
- Con Fe limitante
 - Dicotiledóneas y monocot. no gramíneas
 - Excreción de ácidos
 - Excreción de reductores
 - **reductasa turbo**
 - Gramíneas





La clorosis férrica

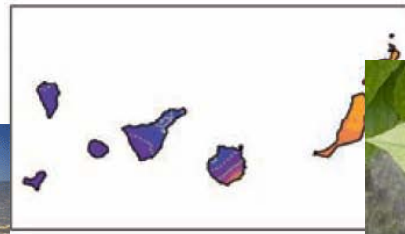
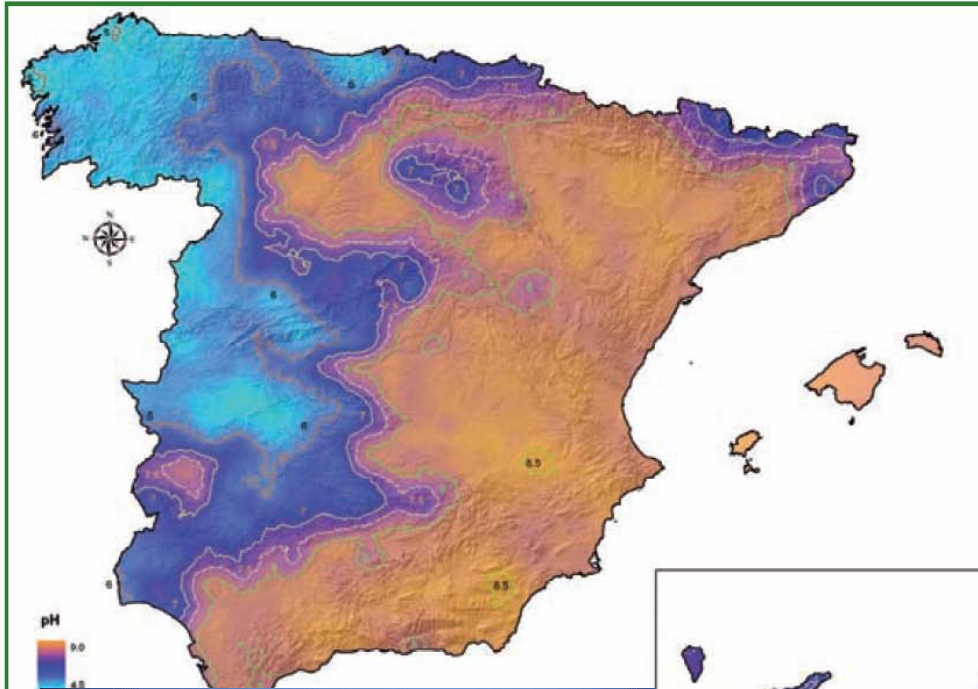
- **Importancia del hierro en las plantas**
 - Interviene en la síntesis de clorofila
- **Consecuencias de la clorosis férrica**
 - Menor contenido en clorofila
 - Menor actividad metabólica en general
 - Menor vigor
 - Menor producción
 - Menor rentabilidad económica del cultivo





La clorosis férrica

Mapa 3.1. pH de los suelos de España



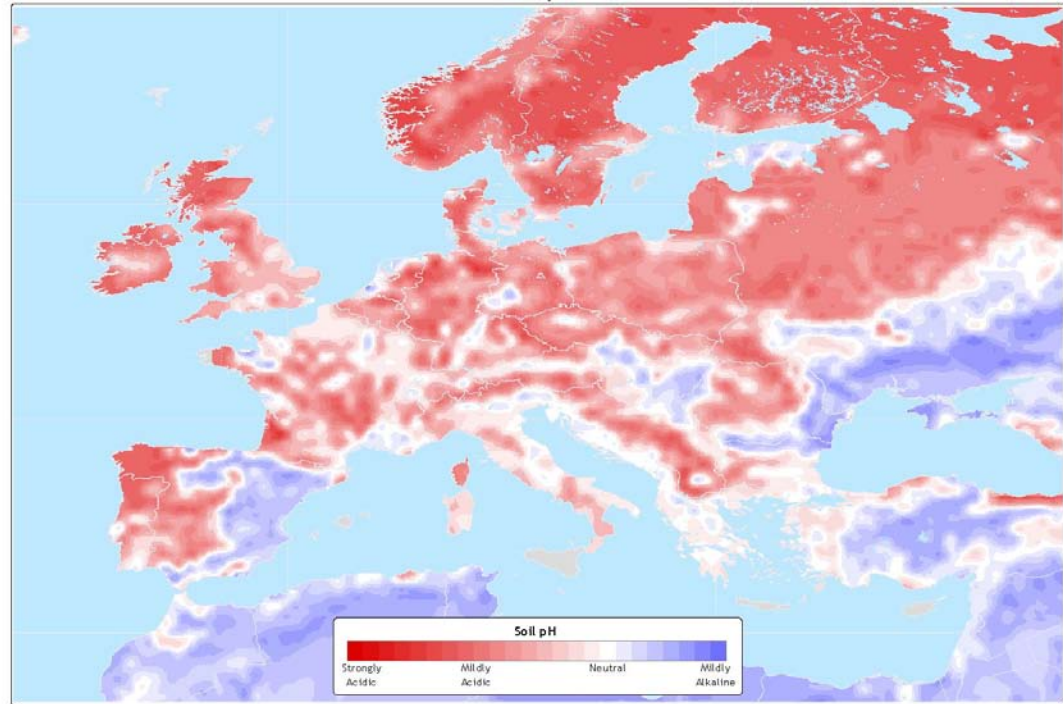
Fu

Noviembre 2011

Lleida



Soil pH Europe



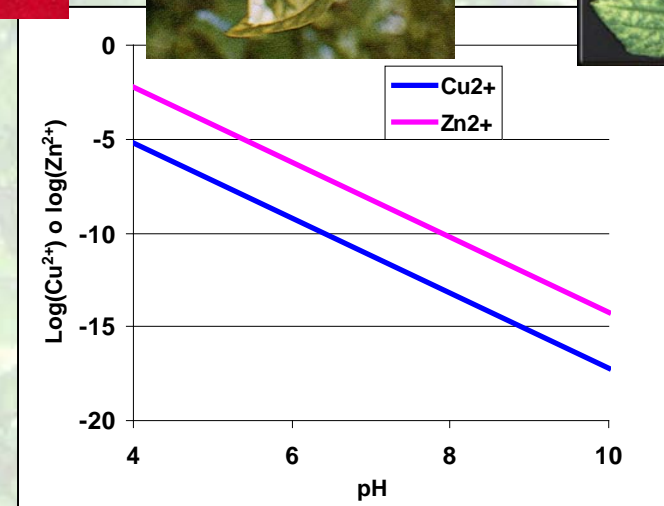
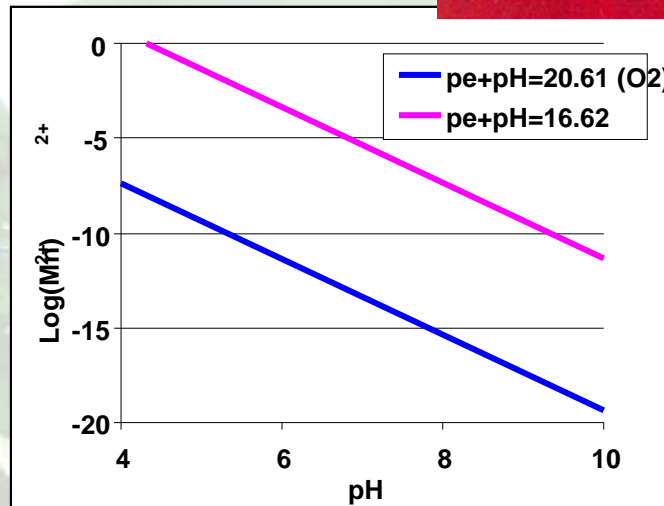
Data taken from: IGBP-DIS Global Soils Dataset (1998)

Atlas of the Biosphere
Center for Sustainability and the Global Environment
University of Wisconsin - Madison



Deficiencias de Mn, Zn y Cu

	Mn	Zn	Cu
Abundancia en suelos ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	600	60	10
Formas	Mn(IV), Mn(III), Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺
Requerimientos ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	60	50	10
Importancia	Fotólisis del agua	Anhidrasa carbónica	Ascórbico oxidasa





El problema

Baja disponibilidad en suelos

Fe: Solubilidad

Mn, Cu and Zn: Solubilidad, cantidad en

Baja solubilidad y buffer de pH en s



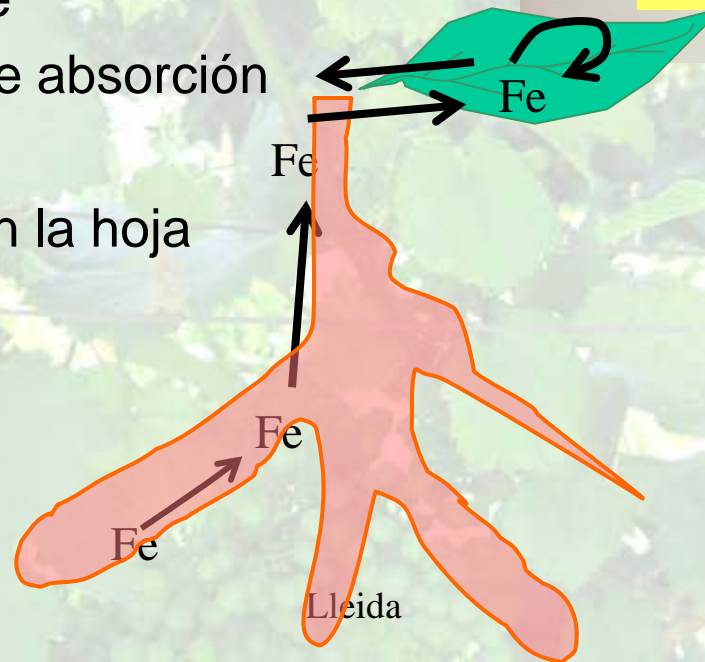
Distribución limitada en planta

principalmente Fe

mecanismo de absorción

raíz a hoja

distribución en la hoja



0,05 g Zn

0,0005 g Zn

Iron paradox



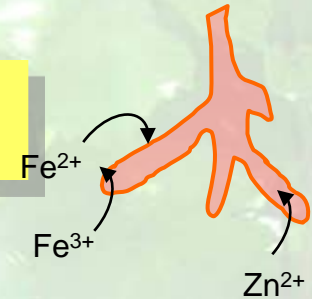
Soluciones

Solución alternativa

- Mejora de la distribución en hoja
- Genética: variedades resistentes
- Mejora de las condiciones del suelo

El futuro

- manejo de suelos y cultivos: adición de materia orgánica estabilizada, uso de acidificantes, nutrición amónica, ...



Insuficiente

- Uso de fertilizantes

- Inorgánicos:
- Complejos: complejantes orgánicos, quelatos naturales, etc
- **Quelatos sintéticos**

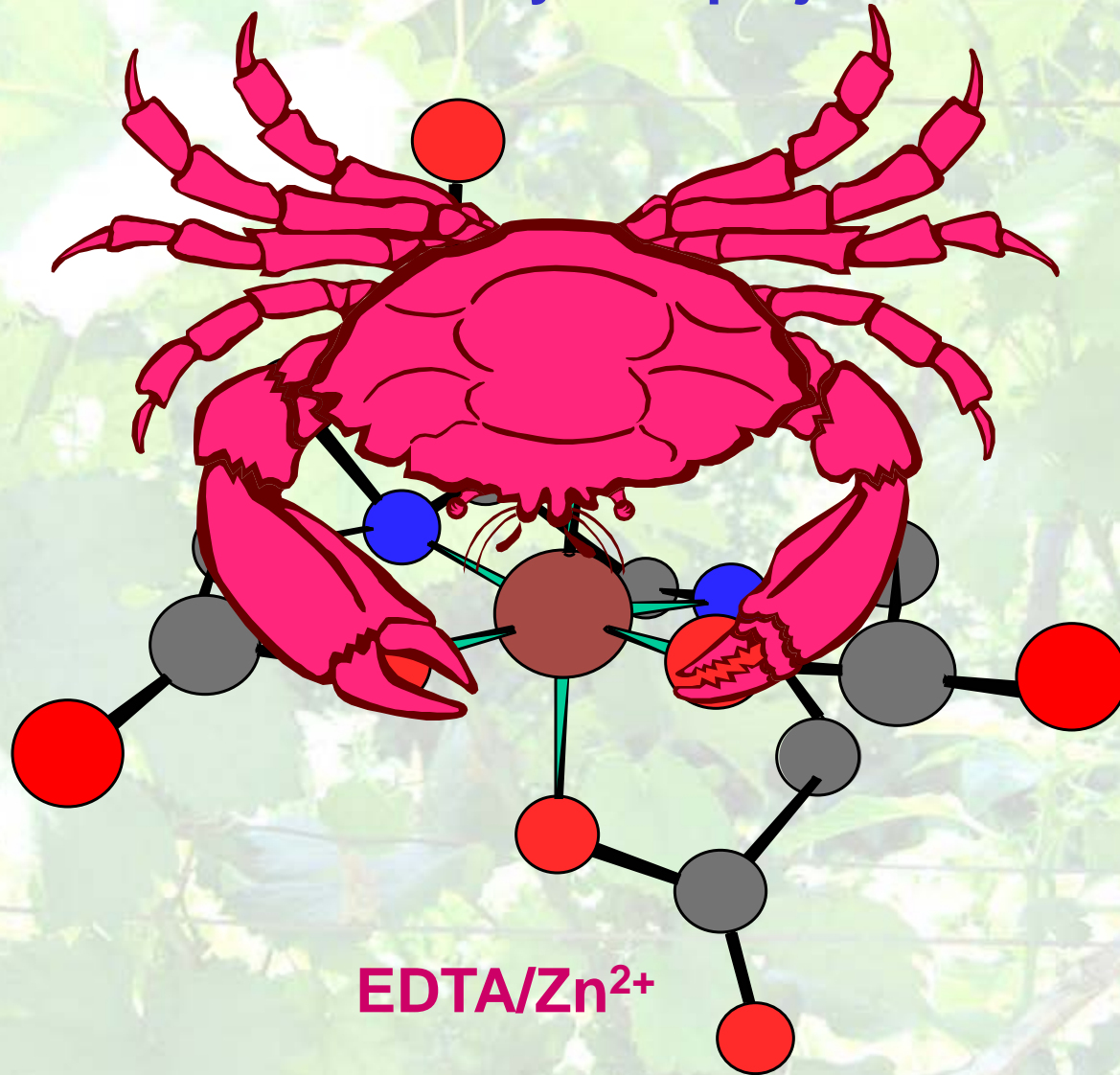


Mejor solución





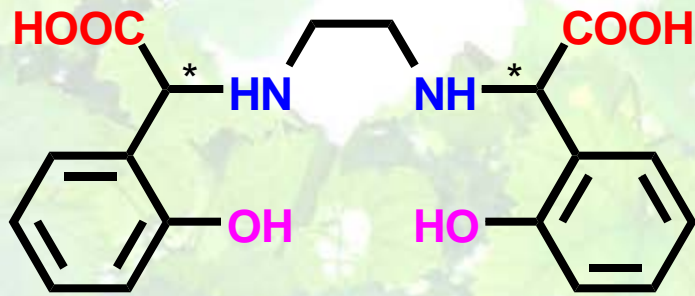
Quelatos y complejos



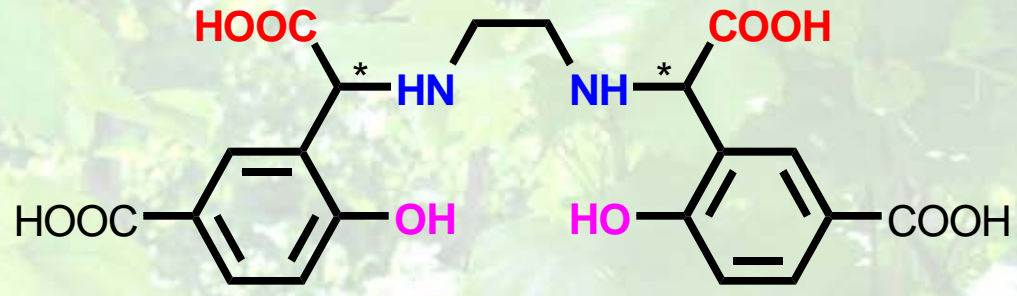


Quelatos: ligandos

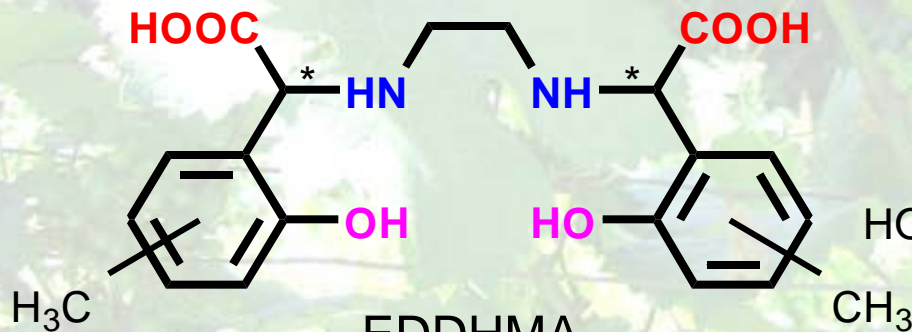
Regulación Europea



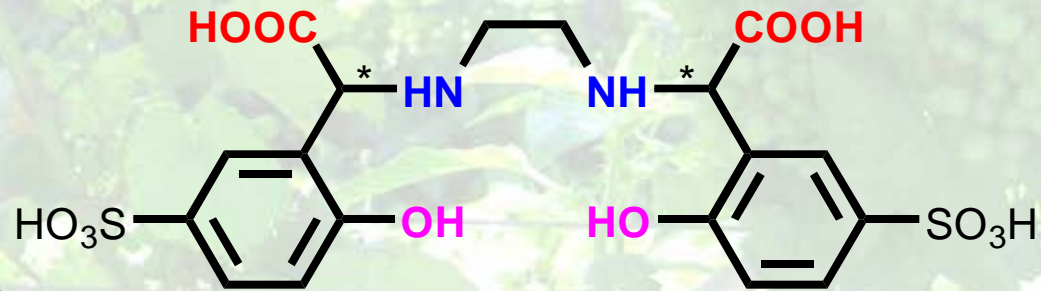
o,o-EDDHA



EDDCHA



EDDHMA

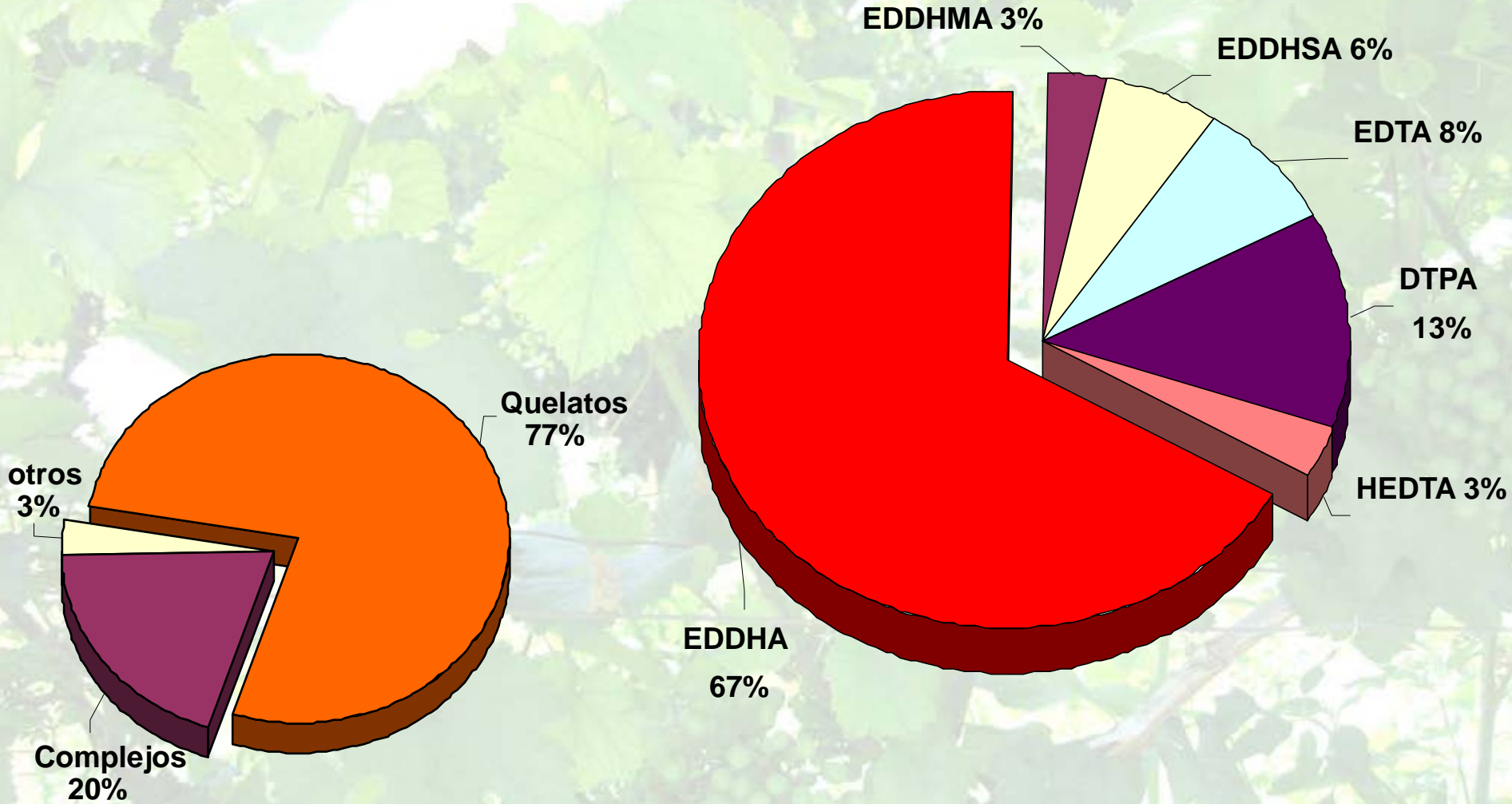


EDDHSA

Específicos de Fe

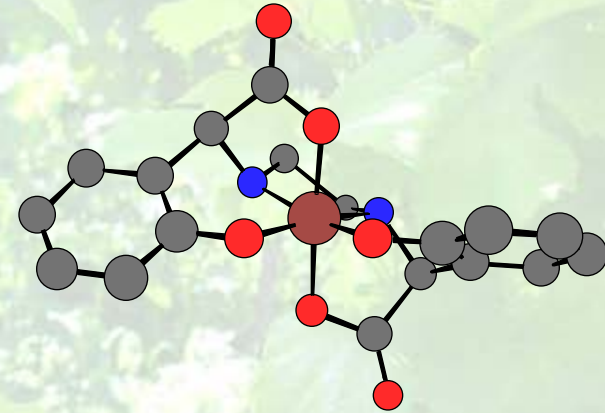
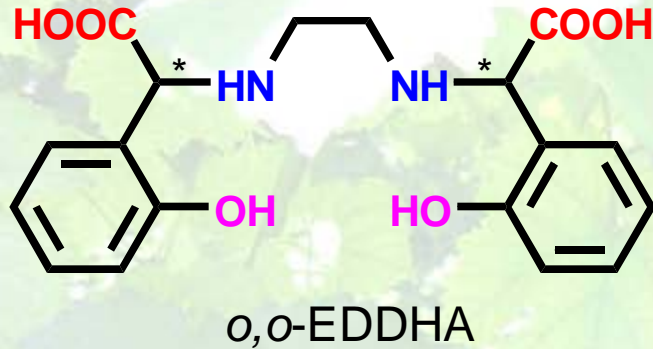


Quelatos: ligandos productos comerciales de Fe distribución del mercado

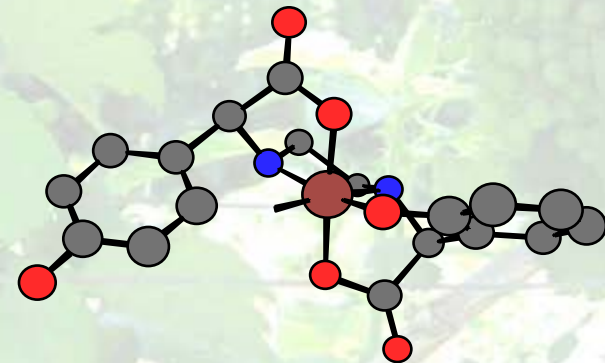
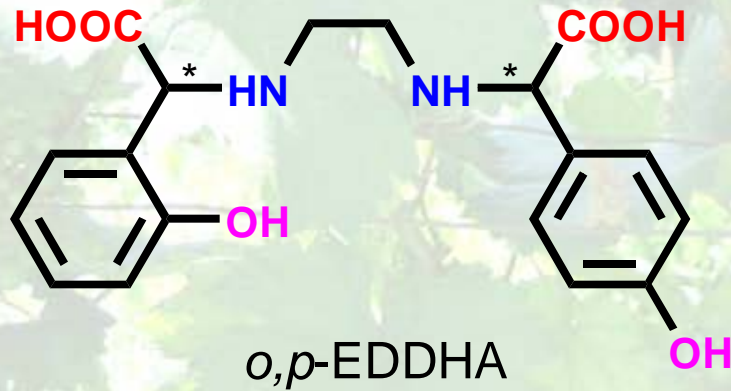


Quelatos: ligandos

Quelatos Fe-EDDHA



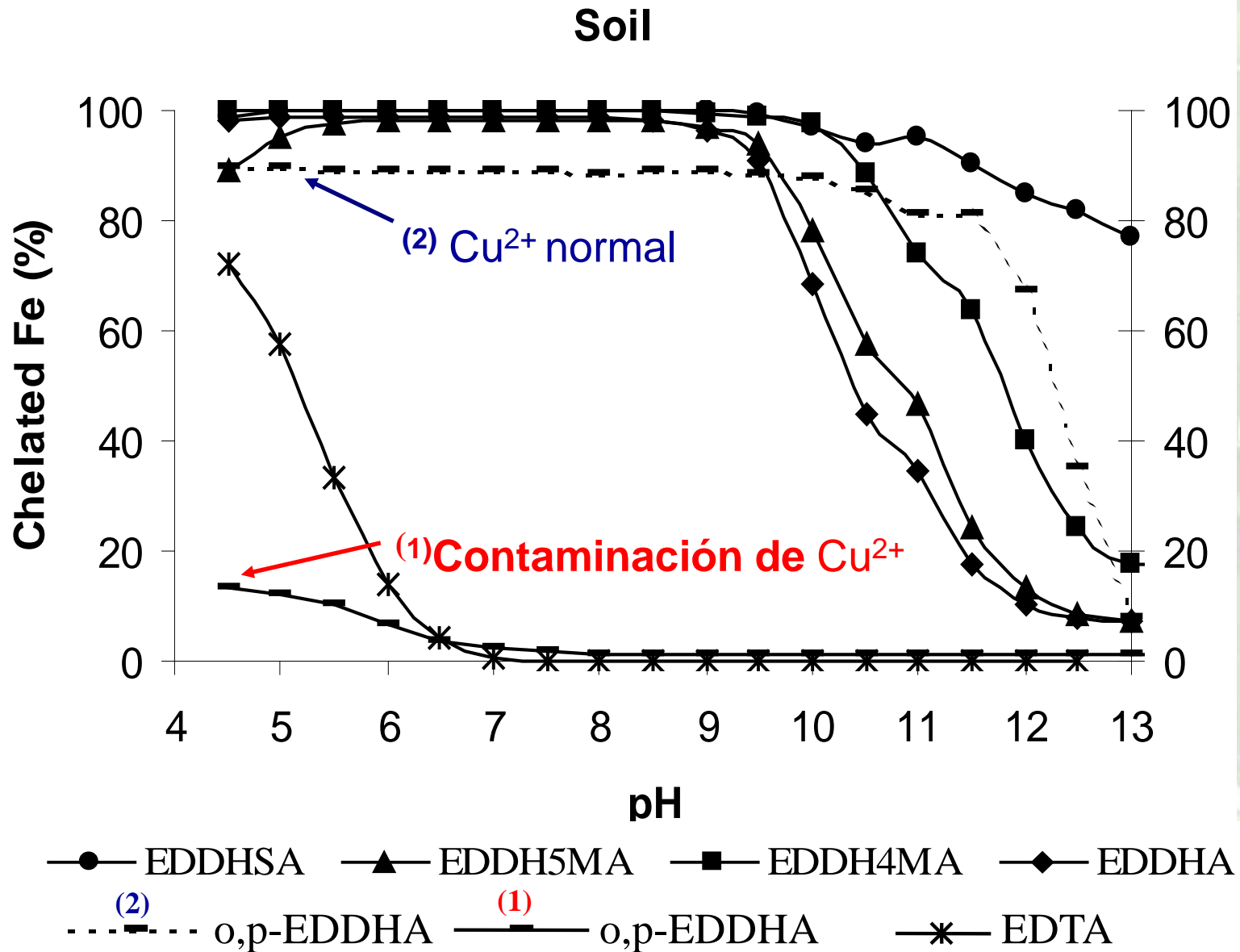
o,o-EDDHA/Fe³⁺



o,p-EDDHA/Fe³⁺



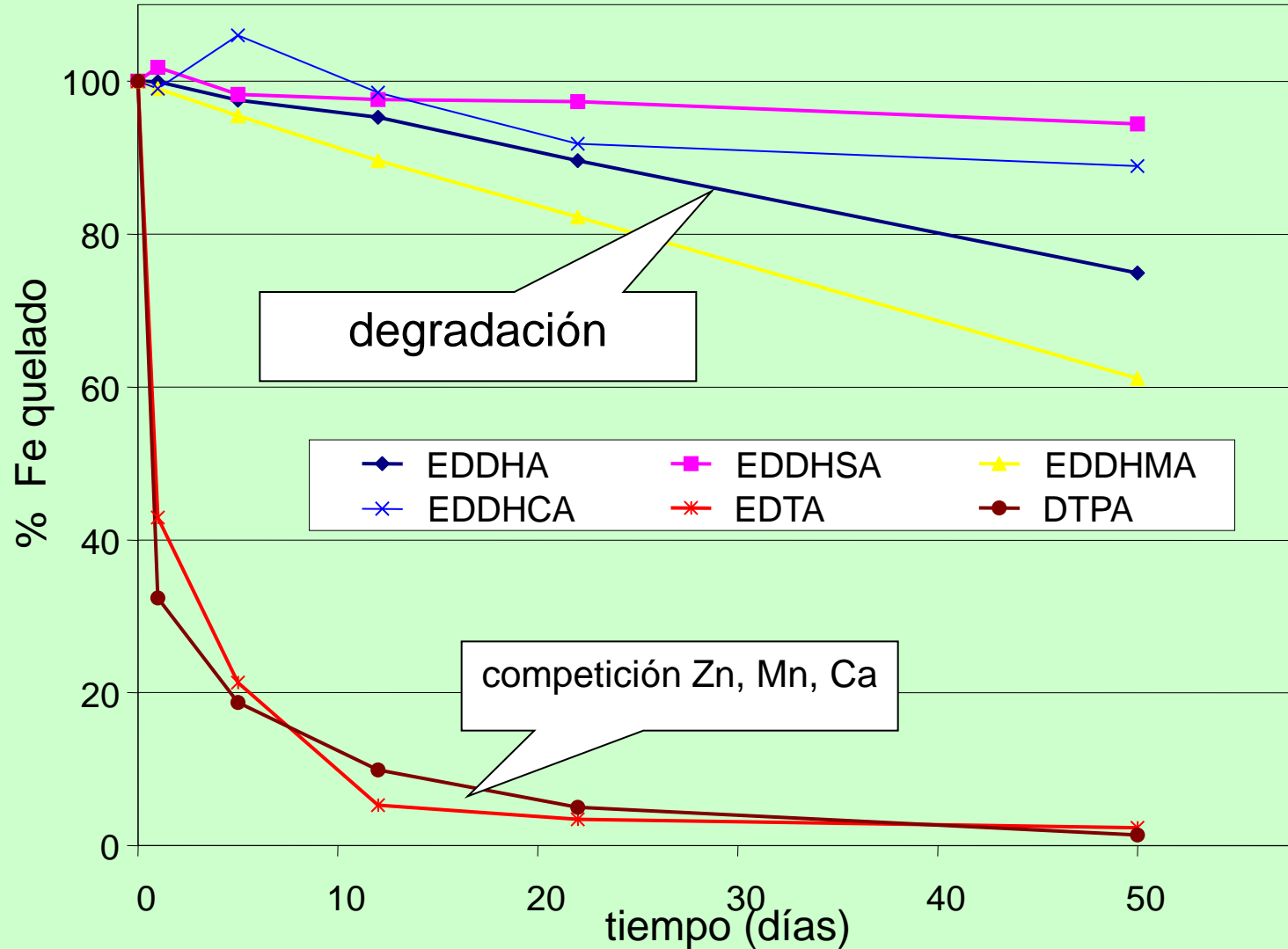
Quelatos de Fe: estabilidad





Quelatos de Fe: estabilidad

(García-Mina et al, 2003)



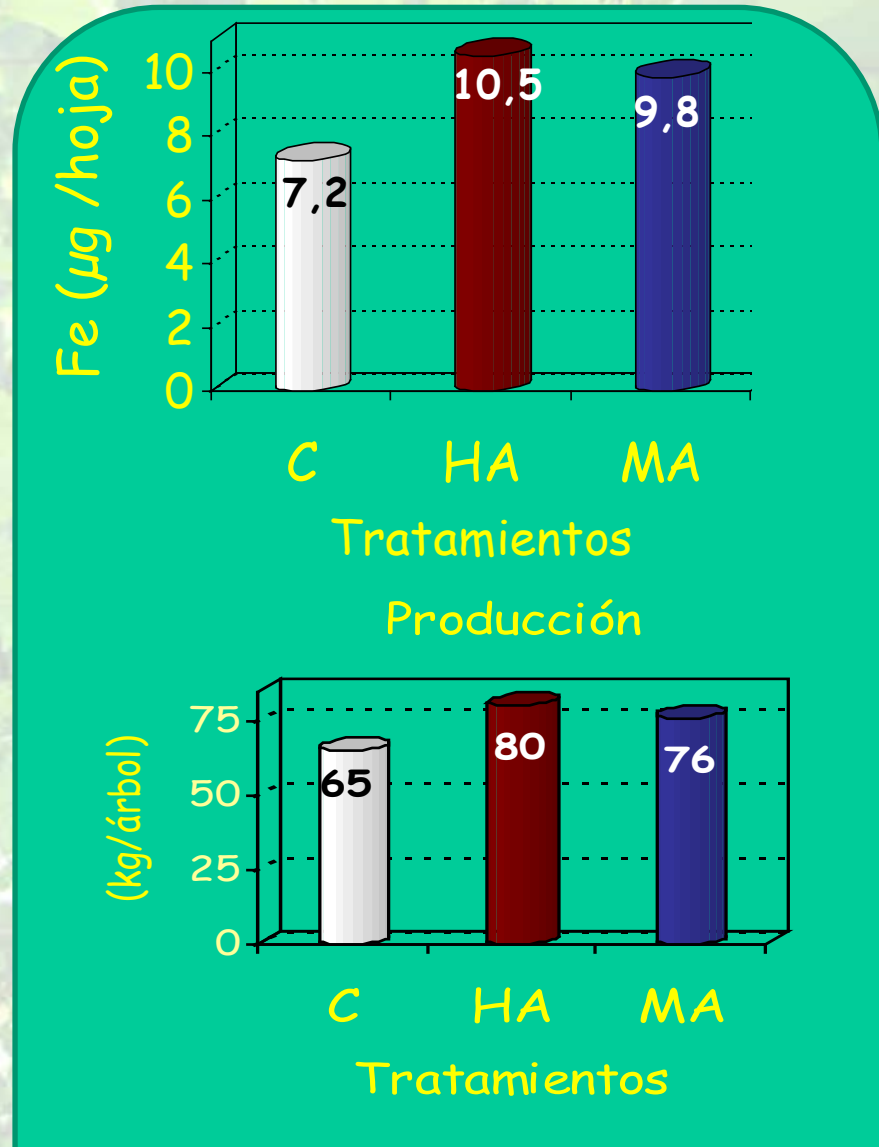
Ensayos de eficacia



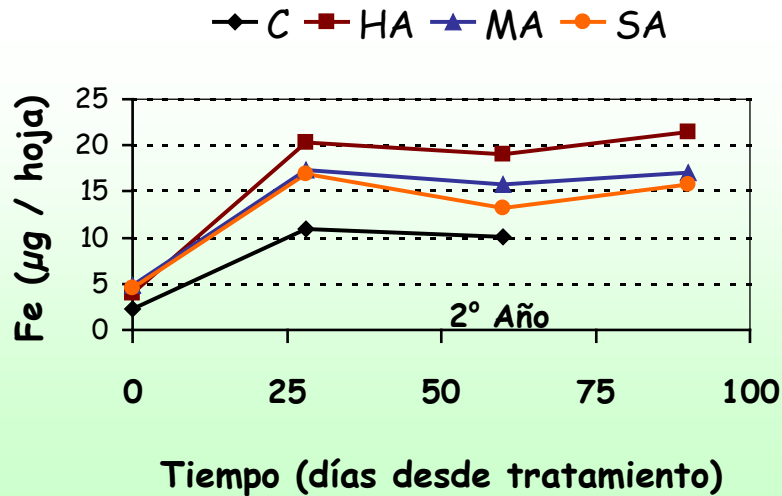
C

HA

MA

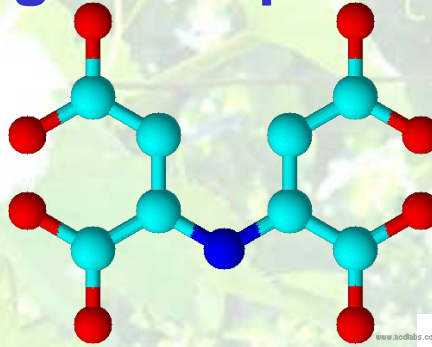


Ensayos de eficacia



Nuevos agentes quelantes

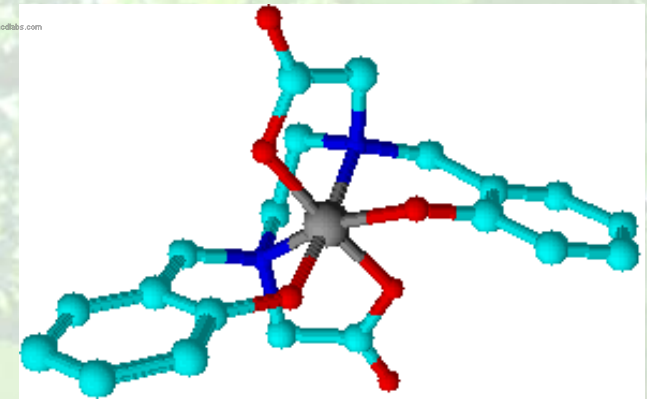
IDHA (biodegradable)



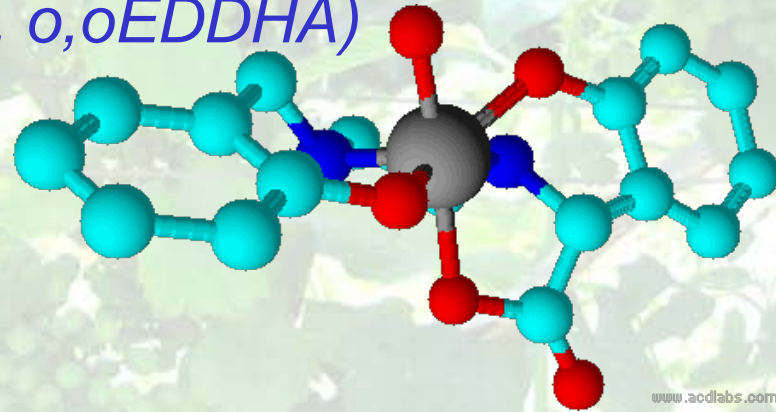
HBED (Alta afinidad por el Fe)



próximamente



DCHA (Intermedio o,pEDDHA, o,oEDDHA)



www.aodlabs.com



IDHA



EDTA



Control

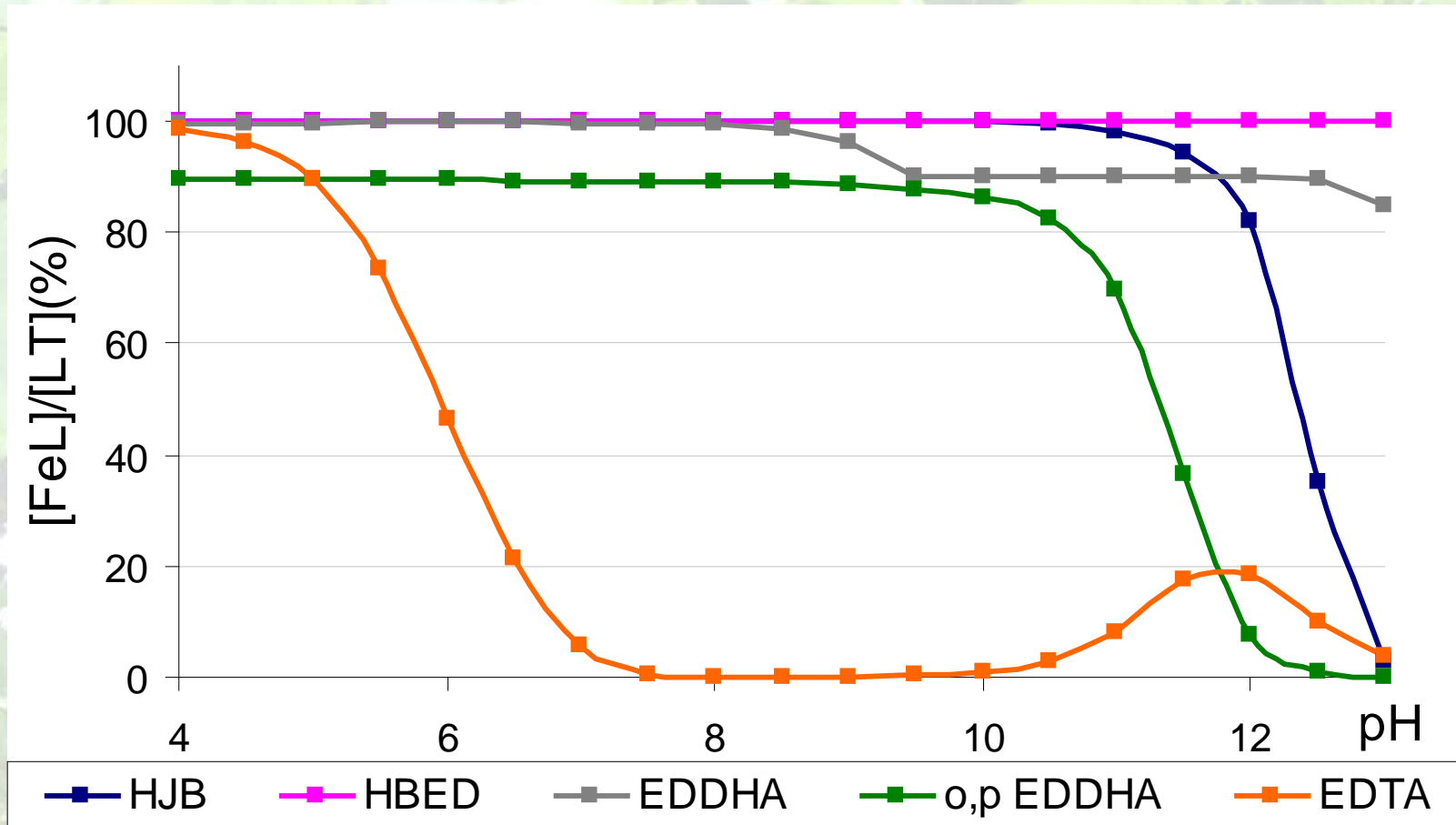


Villén et al 2007
JAFC 55 402-407

Lucena et al 2008
AJ 100 813-818



Nuevos agentes quelantes. HBED



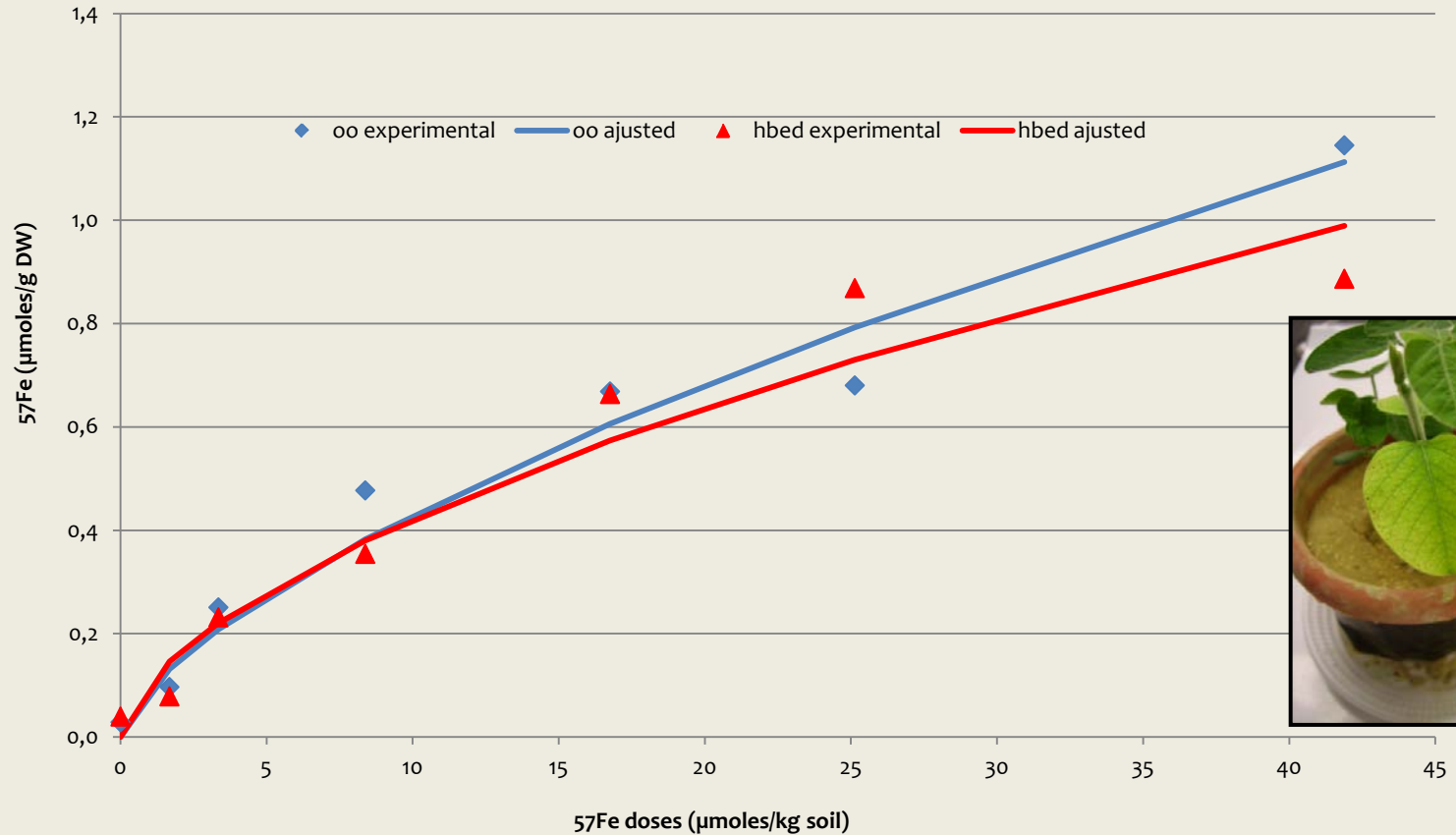
Porcentaje of Fe quelado, en presencia de HJB, HBED, o,o-EDDHA, o,p-EDDHA y EDTA en condiciones de suelos con disponibilidad de Cu limitada. $[Fe(III)]=[HJB]=[HBED]=[o,o-EDDHA]=[o,p-EDDHA]=[EDTA] = 1 \cdot 10^{-4}M$.

Nuevos agentes quelantes. HBED

Soja suelo. Quelatos marcados.

Ensayo dosis

^{57}Fe in leaves in the 2nd sampling time





Nuevos agentes quelantes. HBED

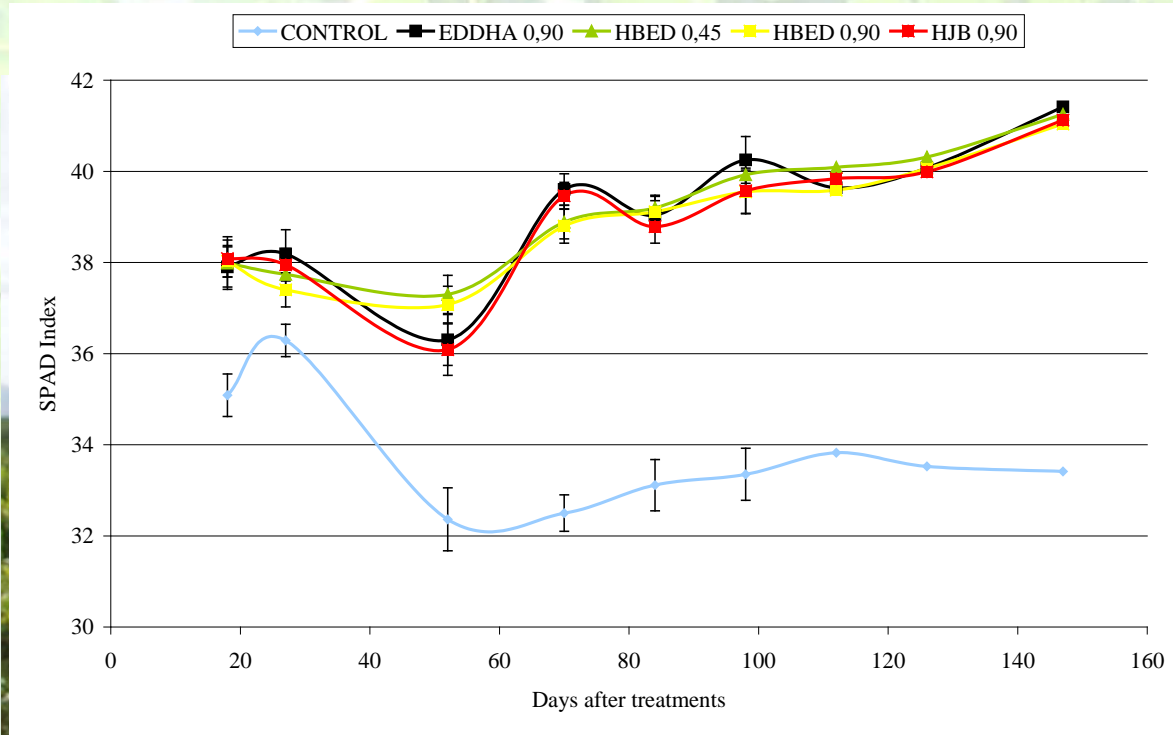


Figure SPAD indexes for the different treated trees in the fruit bearing branches.



Photo General overview of the experiment at August the 7th. Mild chlorotic symptoms are presented by non treated plants.



Nuevos agentes quelantes



HBED/Fe³⁺



Control -Fe



EDDHA/Fe³⁺

Photo Visual aspect of the trees at August the 14th (63 days after the treatment application)

HBED, Nectarina, Ensayo de recuperación



Nuevos agentes quelantes

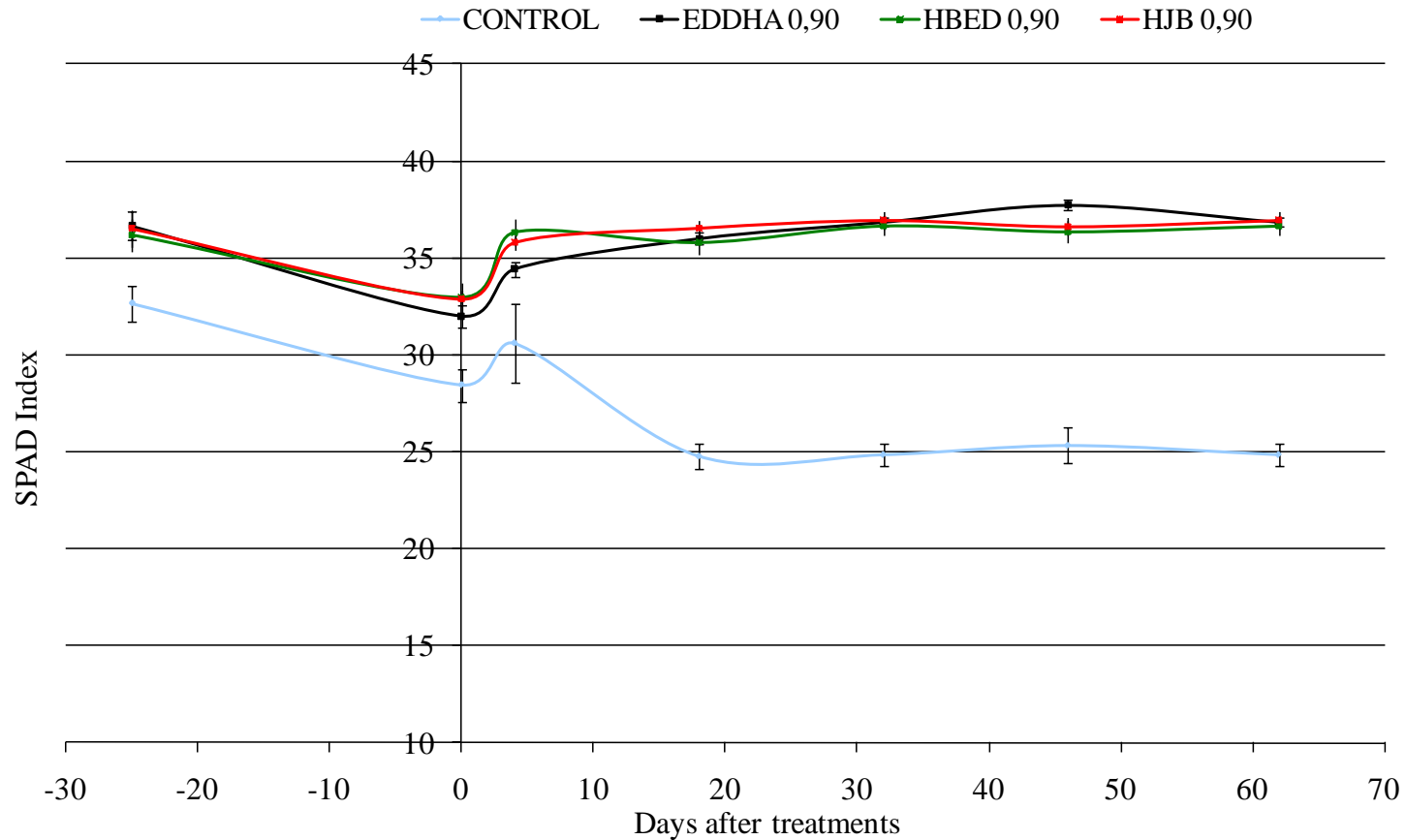


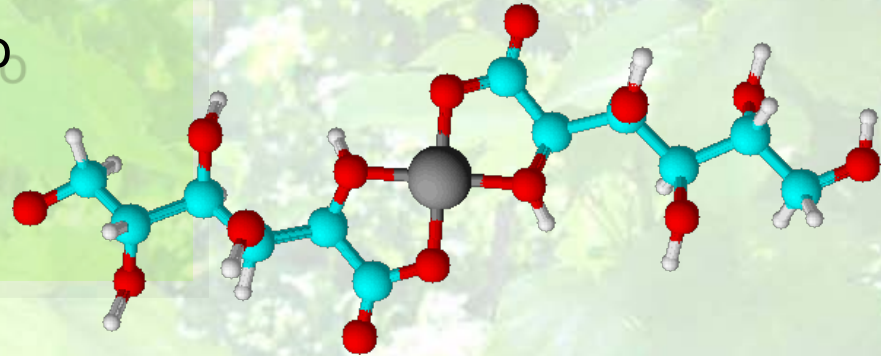
Figure 2.1. SPAD index for the different treated trees along the experiment.

HBED, nectarina, ensayo de recuperación

Complejos: ligandos

Regulación Española

- Citrato
- Gluconato y heptagluconato
- Lignosulfonato
- Aminoácidos
- Sustancias húmicas



Menor estabilidad
De origen natural
Menor costo

- Zn y Mn
(mejor foliar e hidroponía)
- Fe
(efecto menor)

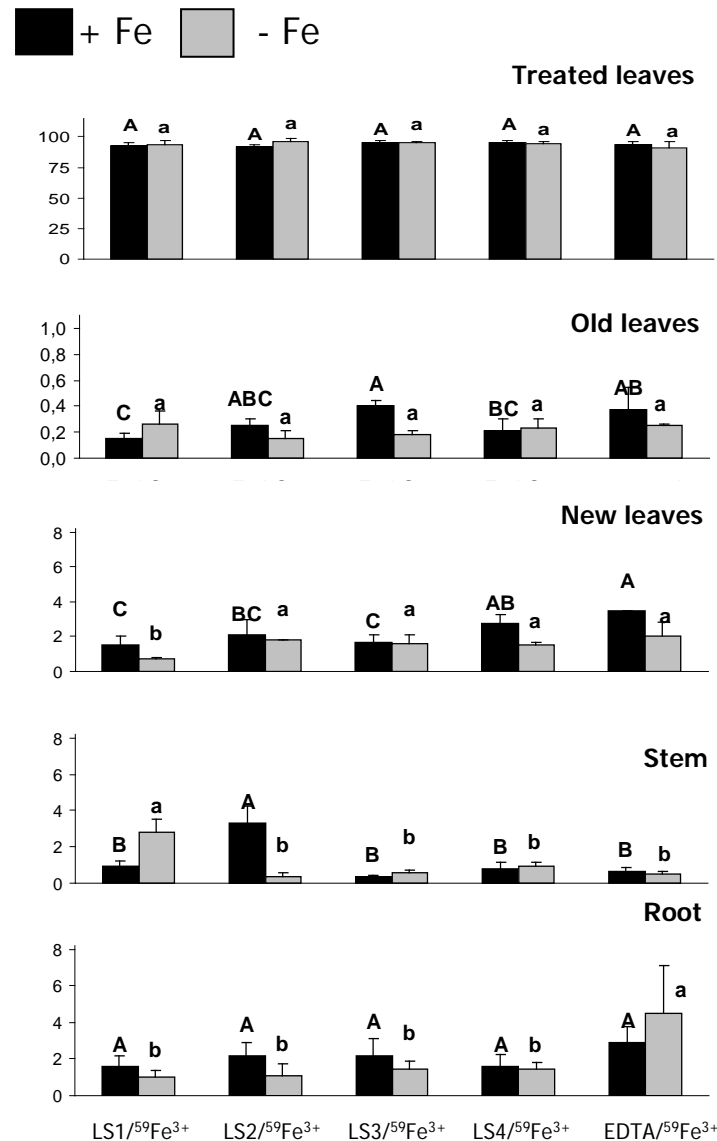
Complejantes: tipos

Lignosulfonatos: efectivos

⁵⁹Fe Redistribución



Rodríguez-Lucena et al., 2008



Ensayos de eficacia (trigo Zn LS hidropoñía)



	-Zn	-Zn+LS	ZnLS 3 µM	ZnLS 6 µM	ZnSO ₄ 3 µM
Zn (µg/g) en hoja	9 d	6 d	70 b	121a	44 c



Alteraciones nutricionales de micronutrientes

Dosificación micronutrientes metálicos

Fe

- Cítricos, **frutales**, olivar intensivo: 15- 25 g quelato eficaz alta riqueza (5-6%)
- Vid 10 g
- Hortícolas, Ornamentales, fertigación: 50 g quelato/m³/semana o quincena
- Hidroponía: es posible usar complejos
- **Inyecciones al tronco**
- Aplicaciones foliares





Alteraciones nutricionales de micronutrientes

Dosificación micronutrientes metálicos

Mn, Zn y Cu

- 3 Kg/ha quelato Mn o Zn
- Fertigación: 7.5 g quelato/m³/semana o quincena
- Aplicaciones foliares
- Lignosulfonatos como cubierta de NPK



Alteraciones nutricionales de micronutrientes

Boro (B)

- Suelo: Contenido bajo 0,001%
- Deficiencias en:
 - Suelos ácidos arenosos lavados
 - Suelos calizos con alta M.O. y arcillas





Alteraciones nutricionales de micronutrientes

Boro (B)

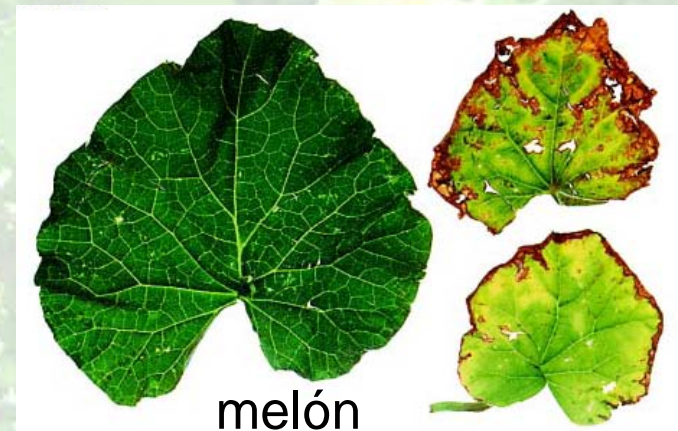
- planta: múltiples funciones
Absorción pasiva
- Fertilización:
 $B(OH)_3$, boratos, boro-etanolamina
3- 6 Kg/Ha (16% B)



Alteraciones nutricionales de micronutrientes

Molibdeno (Mo)

- Suelo 0,002%
- Planta: Tan importante como N!!
- Deficiencia en pH bajo, presencia de óxidos o alto nivel de nitratos
- Tratamiento: Molibdato amónico o sódico
20-200 g Mo/ha al suelo
5-75 g Mo/ha via foliar





   **GUÍA**

PRÁCTICA DE LA
FERTILIZACIÓN RACIONAL
DE LOS CULTIVOS EN ESPAÑA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

Gracias

