



IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

MICRONUTRIENTES

Luís I. Prochnow, Milton F. Moraes y Silvia R. Stipp

Simposio “Fertilidad 2009”

Mejores Prácticas de Manejo para una Mayor Eficiencia en la Nutrición de Cultivos

Martes 12 de Mayo (Rosario, Argentina)





IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE



Dr. Luís Prochnow
Director IPNI Brasil



Dr. Milton Moraes
Post Doctorado



Silvia Stipp
Public. IPNI Brasil

MICRONUTRIENTES

Luís I. Prochnow, Milton F. Moraes y Silvia R. Stipp

Simposio “Fertilidad 2009”

Mejores Prácticas de Manejo para una Mayor Eficiencia en la Nutrición de Cultivos

Martes 12 de Mayo (Rosario, Argentina)

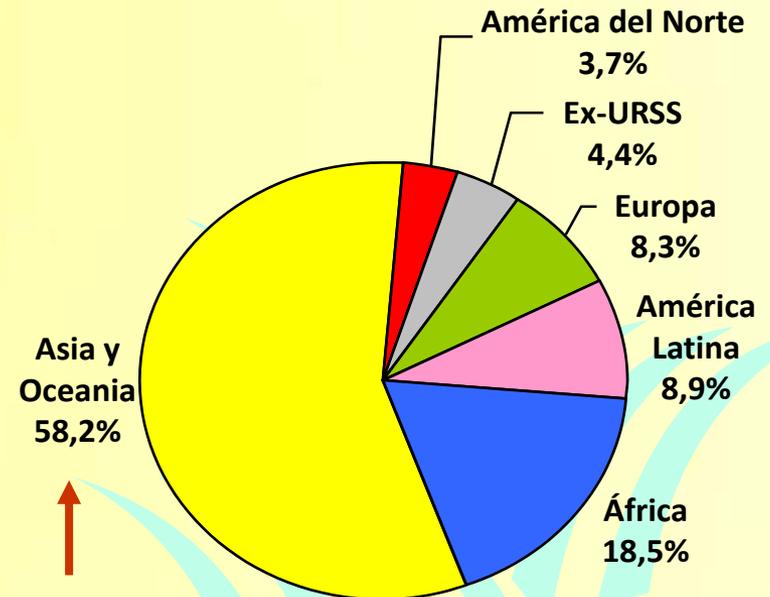
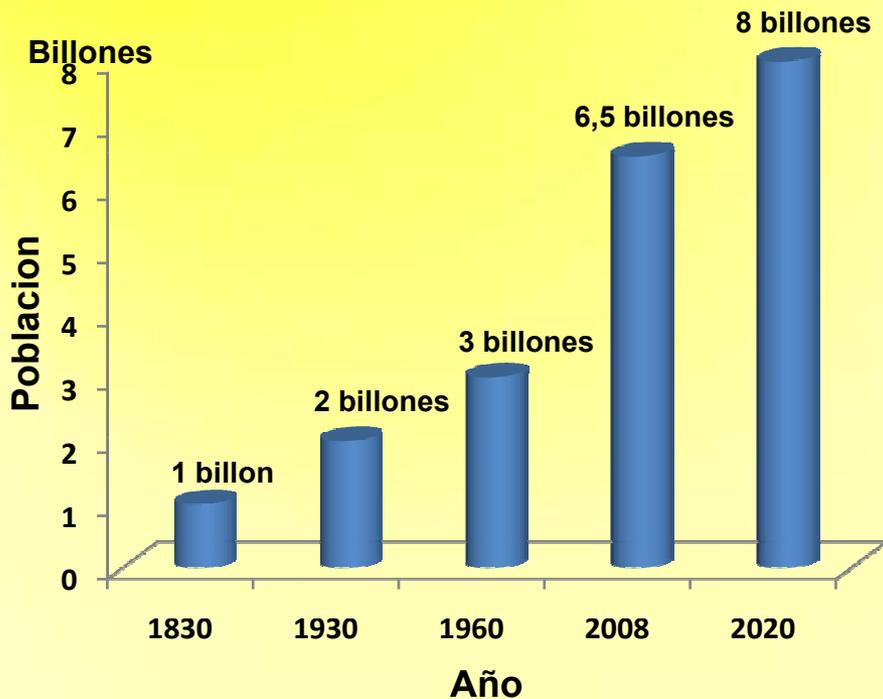
CONSIDERACIONES INICIALES

- ✓ Dilema de presentacion tecnica con tiempo limitado
 - = Tema es amplio, tiempo no suficiente
 - ➔ ✓ Presentacion general y directiva
 - ✓ Es posible eliminar algunas slides

INFORMACIONES INICIALES

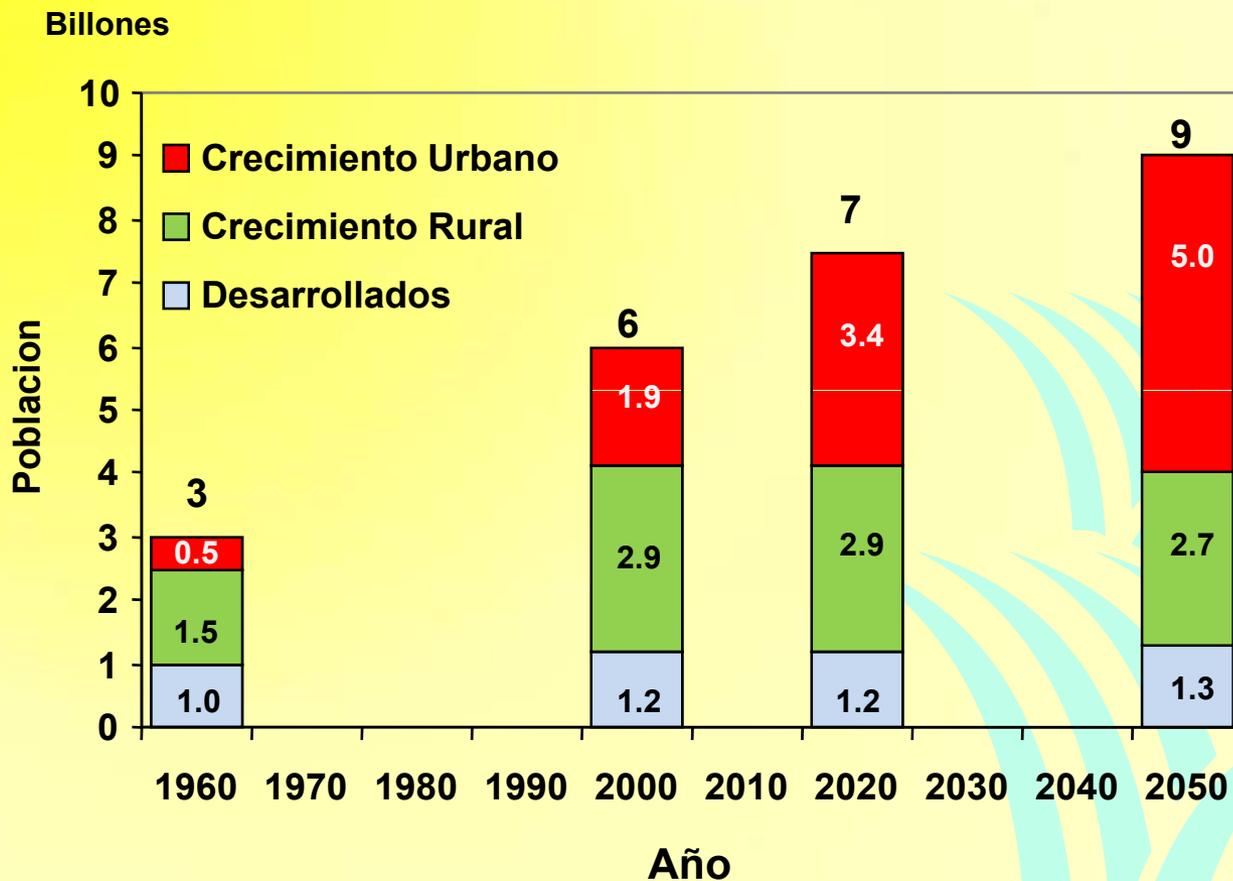


CRECIMIENTO DE LA POBLACION MUNDIAL

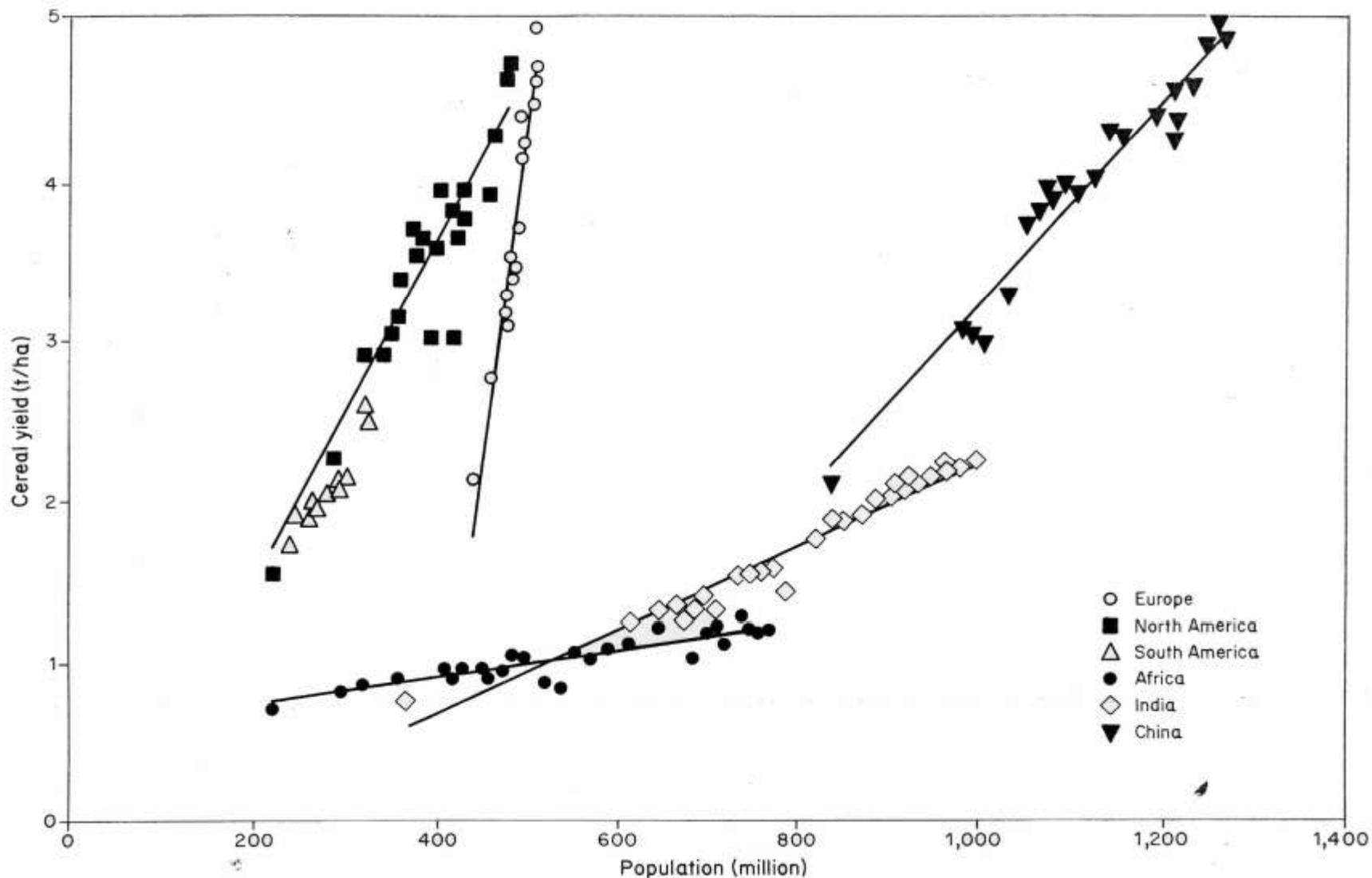


Año 2020: Poblacion proyectada de 7.99 billones

CRECIMIENTO POBLACIONAL



VEJA: “Megacidades, O inchaço das áreas urbanas preocupa mais que o aquecimento global”



Relacion entre el crecimiento poblacional y la produccion media de cereales en seis regiones del mundo (Evans, 2003)

Informaciones generales

- Crecimiento poblacional, Fertilizantes y Producción de alimentos

↑ Área cultivada y/o ↑ Productividad de los cultivos

- Factores esenciales:

- * Mejoramiento de plantas;

- * Manejo de los cultivos (control de plagas y enfermedades);

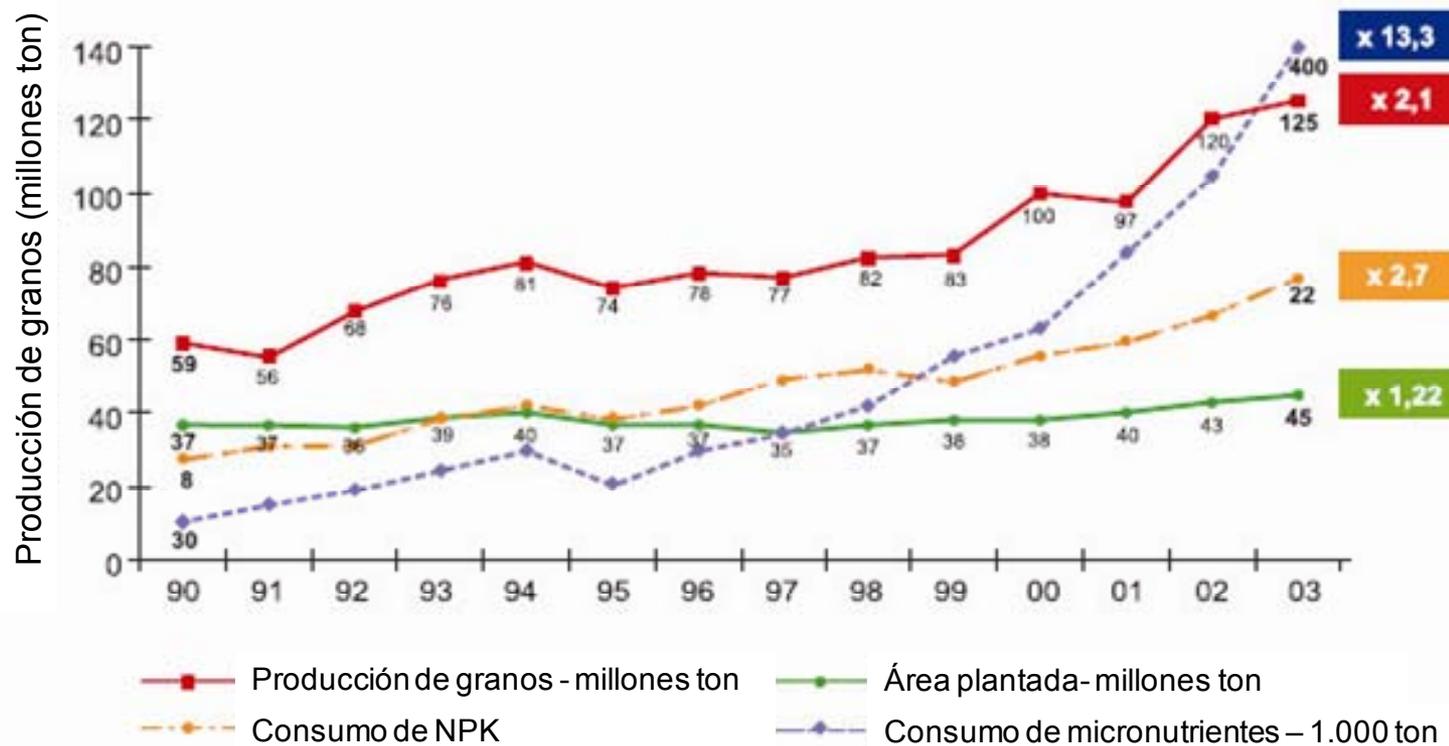
- * Manejo de la fertilización.



IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Brasil



Fuente: Yamada (2004)

MICRONUTRIENTES - Esenciales

✓ Criterios de esencialidad → Arnon y Stout (1939):

➔ Plantas: B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, **Ni** y Zn

Elementos benéficos: Co, Si, Na, Se, V, Al

Animales y humanos: Co, Cu, Cr, F, I, Fe, Mn, Mo, Se y Zn

✓ Fertilizantes: herramienta para combatir el hambre y la malnutrición;

✓ Prioridad en el "ranking" de los diez desafíos más grandes del mundo;

✓ Principales deficiencias: Fe, Zn, I, Se y vitamina A.

Deficiencia de Ni en campo

Pecan



Fuente: WOOD et al. (2004)

Abedul



Fuente: RUTER (2005)

MICRONUTRIENTES - Esencialidad

✓ Criterios de esencialidad → Arnon y Stout (1939):

Plantas: B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn

Elementos benéficos: Co, Si, Na, Se, V, Al

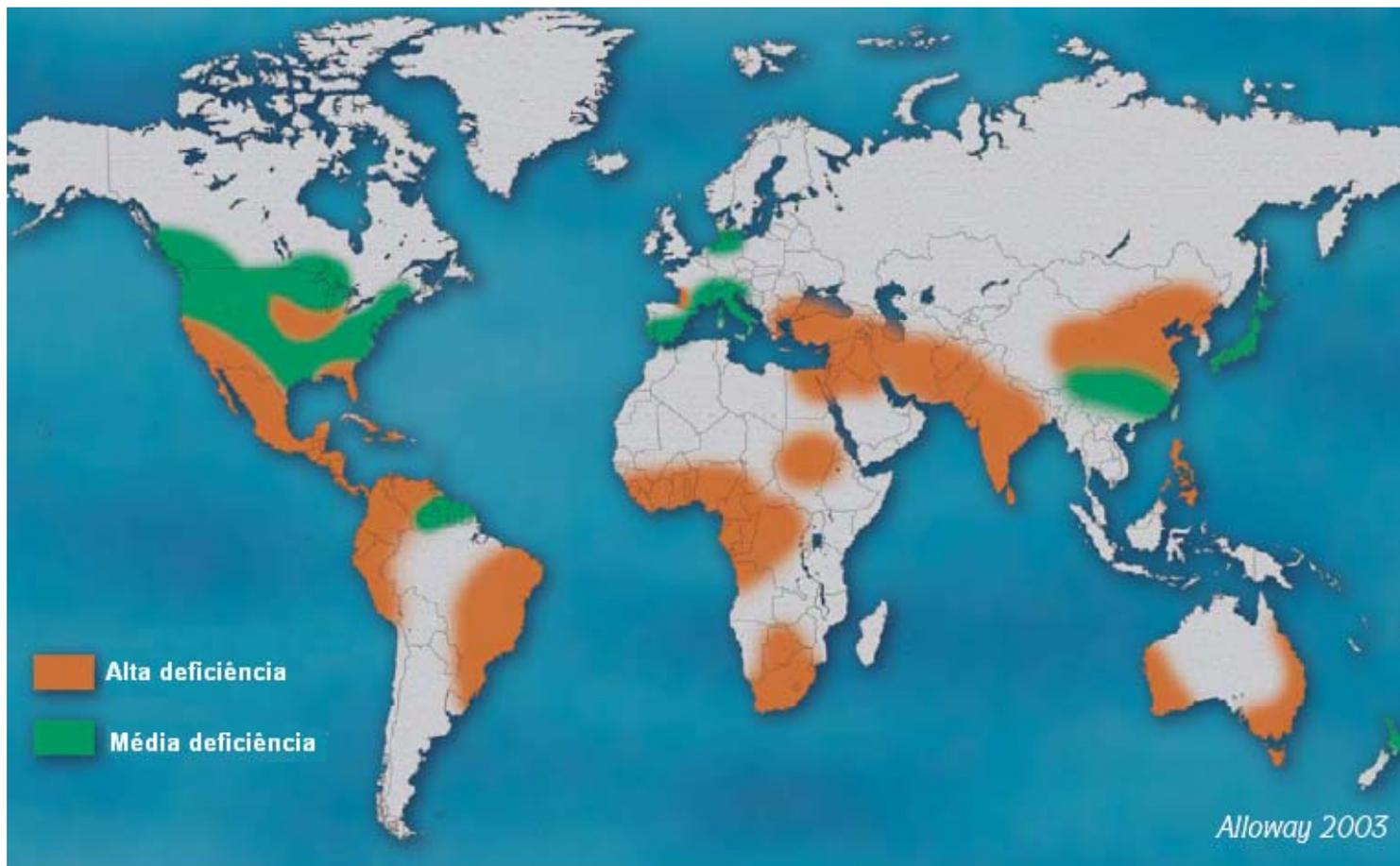
Animales y humanos: Co, Cu, Cr, F, I, Fe, Mn, Mo, Se y Zn

→ ✓ Fertilizantes: herramienta para combatir el hambre y la malnutrición;

✓ Prioridad en el "ranking" de los diez desafíos más grandes del mundo;

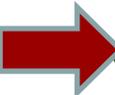
✓ Principales deficiencias: Fe, Zn, I, Se y vitamina A.

Evidencia de deficiencia de Zn en los cultivos



Funciones de los micronutrientes

✓ B: síntesis de almidón.

 ✓ Cu: actividad de peroxidasas y catalasas.

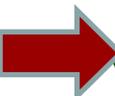
✓ Cl: desdoblamiento de la molécula de agua en la fotosíntesis.

✓ Fe: fotosíntesis, respiración y síntesis de ADN.

✓ Mn: síntesis de clorofila.

✓ Mo: reductasa de nitrato.

✓ Ni: funcionamiento de ureasa.

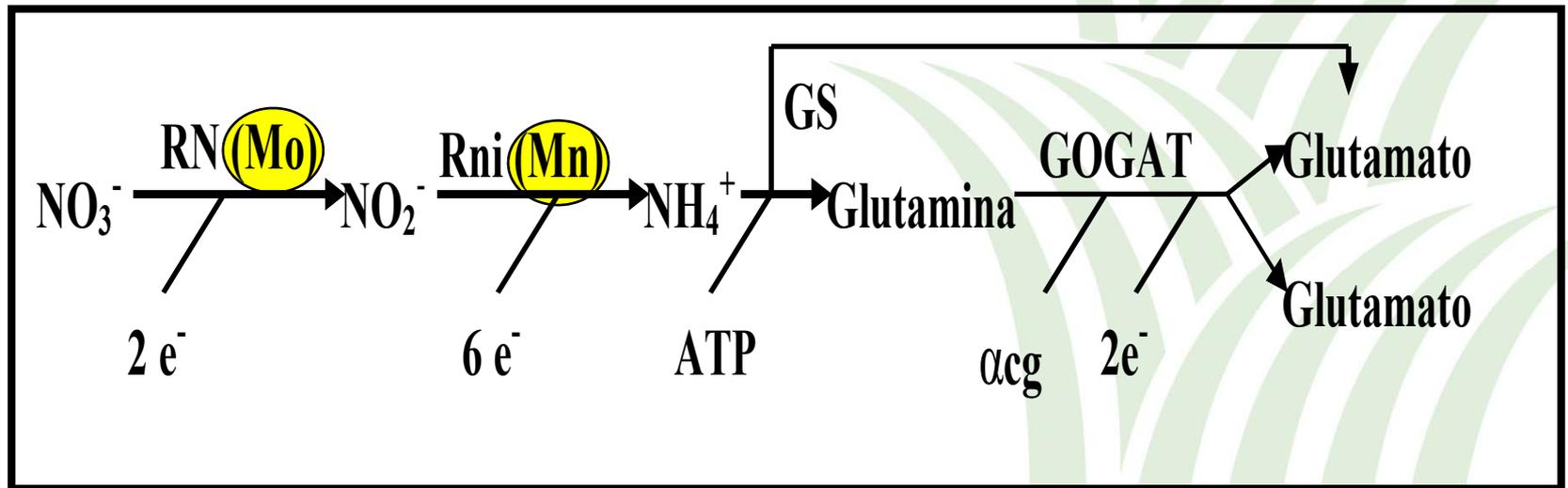
 ✓ Zn: síntesis de triptofano y lípidos.



IPNI

INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

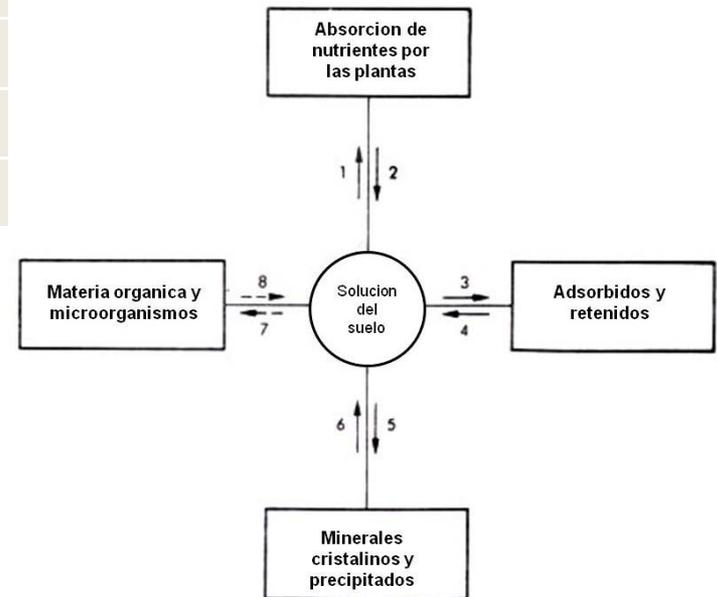
Asimilacion del Nitrato



Micronutrientes en la solución del suelo

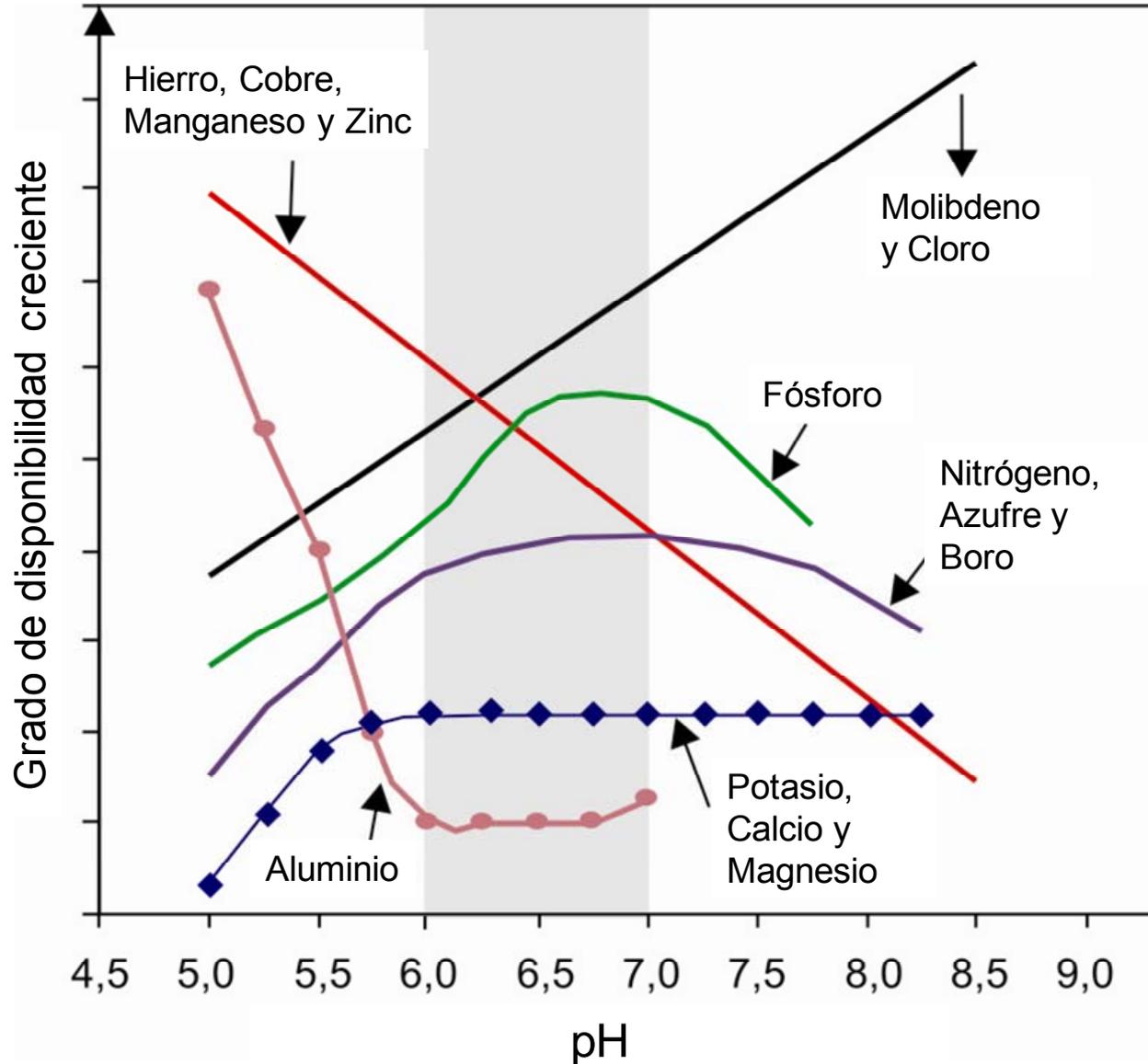
Micronutriente	Formas na solução do solo
Boro	H_3BO_3 , $H_2BO_3^-$
Cobre	Cu^{2+} , $Cu(OH)^+$
Cloro	Cl^-
Hierro	Fe^{3+} , Fe^{2+} , $Fe(OH)^{2+}$, $Fe(OH)_2$
Manganeso	Mn^{2+} , Mn^{4+}
Molibdeno	MoO_4^{2-} , $HMoO_4^-$
Zinc	Zn^{2+} , $Zn(OH)^+$

Fuente: Lindsay (1979), Fageria et al. (1997), Brady e Weil (2002), citados por FAGERIA e STONE (2008)



Fuente: Adaptada de LINDSAY (1972)

Efecto del pH en la disponibilidad



Calcáreo:

↑ Mo
↓ Mn

***Cerrado**

***Siembra Directa**

Fuente: Malavolta (1992)

EVALUACION DE LA DISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

- ✓ Diagnostico visual
(síntomas de deficiencia/toxicidad)
- ✓ Análisis químico de suelo
- ✓ Análisis foliar

Diagnóstico visual

➤ Deficiencia de boro:



**Goma en la piel y loculos
(Original: CATI)**



**Crecimiento secundario. A
la derecha rama normal.**

Diagnóstico visual

➤ Deficiencia de cobre:



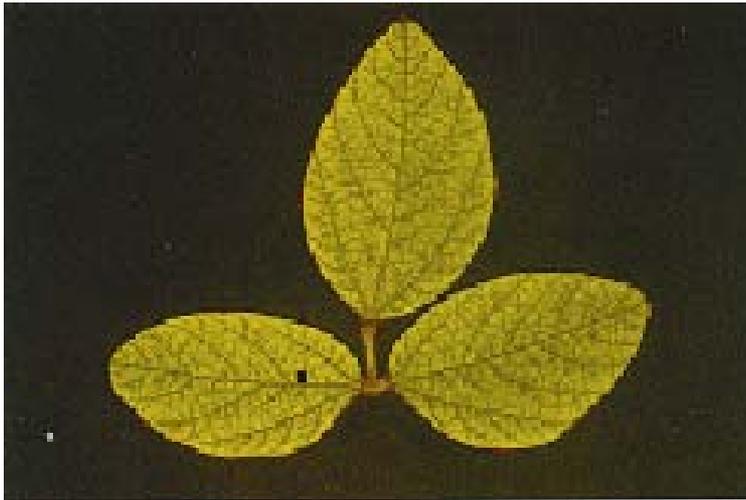
Fruto con erupciones pardas sobre la superficie de la cascara (Original CATI)



Caña de azúcar: las hojas se curvan (Original: J. Orlando Filho)

Diagnóstico visual

➤ Deficiencia de hierro:



Soja: clorosis uniforme en las hojas (Original: Áureo Lantmann)



Caña de azúcar: clorosis uniforme en las hojas (Original: Orlando Filho et al., 1994)

Diagnóstico visual

➤ Deficiencia de manganeso:



**Soja: clorosis internerval
(Original: EMBRAPA-CNPSO)**



**Ricino: clorosis internerval
(Original: Lange et al., 2005)**

Diagnóstico visual

➤ Deficiencia de molibdeno:



Citricos: manchas amarillas entre nervaduras (original: CATI)



Soja: clorosis generalizada reflejando deficiencia de N (Original: Borkert et al., 1994)

Diagnóstico visual

➤ Deficiencia de zinc:



**Algodon: areas grande con
clorosis internerval
(Original: IPNI)**



**Citricos: manchas cloroticas
entre nervaduras
(Original: IPNI)**

IPNI Crop Nutrient Deficiency Photo Contest — 2008



Zn deficiency in cassava

Shahar Dayan - Haifa Chemicals Ltd.,

Yoqneam Elit, Israel



Fe deficiency in cowpea-beans

Leandro Marciano Marra – Federal Univ. of Lavras

Lavras, Brazil

MUCHOS METODOS PARA VALIDAR LA BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES PARA LAS PLANTAS

VENTAJAS DEL ANALISIS QUIMICO

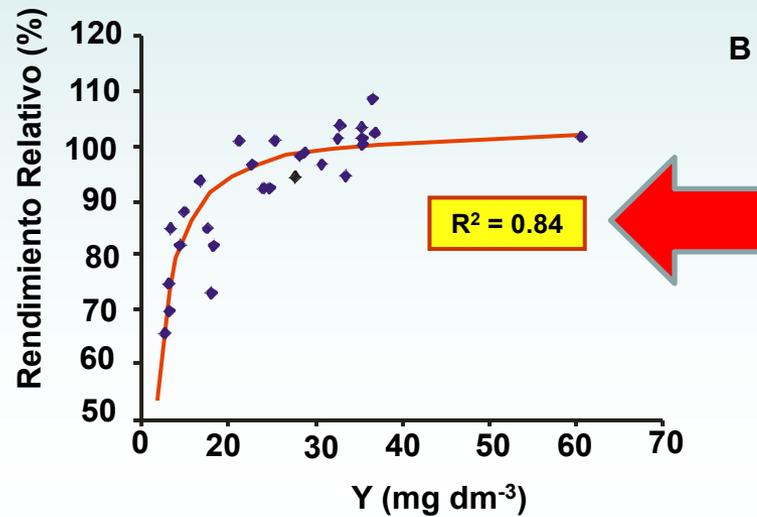
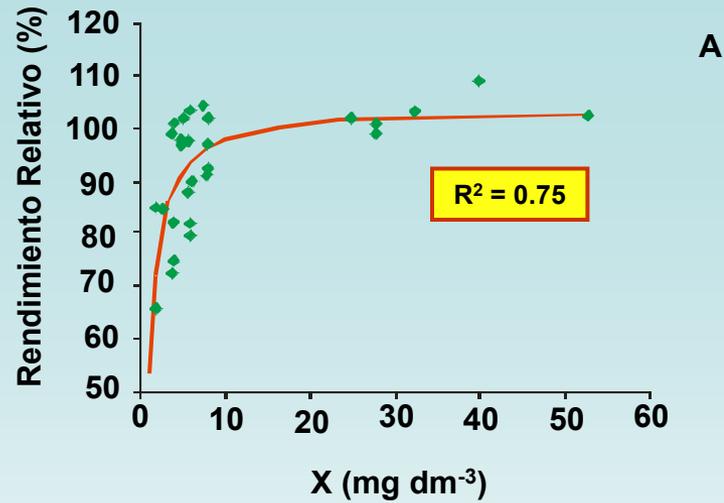
- ✓ Posibilidad de anticipar el manejo de la fertilidad de suelo
- ✓ Confiable cuando es propiamente ajustado
- ✓ Facilmente utilizado en rutina
- ✓ Generalmente de bajo costo



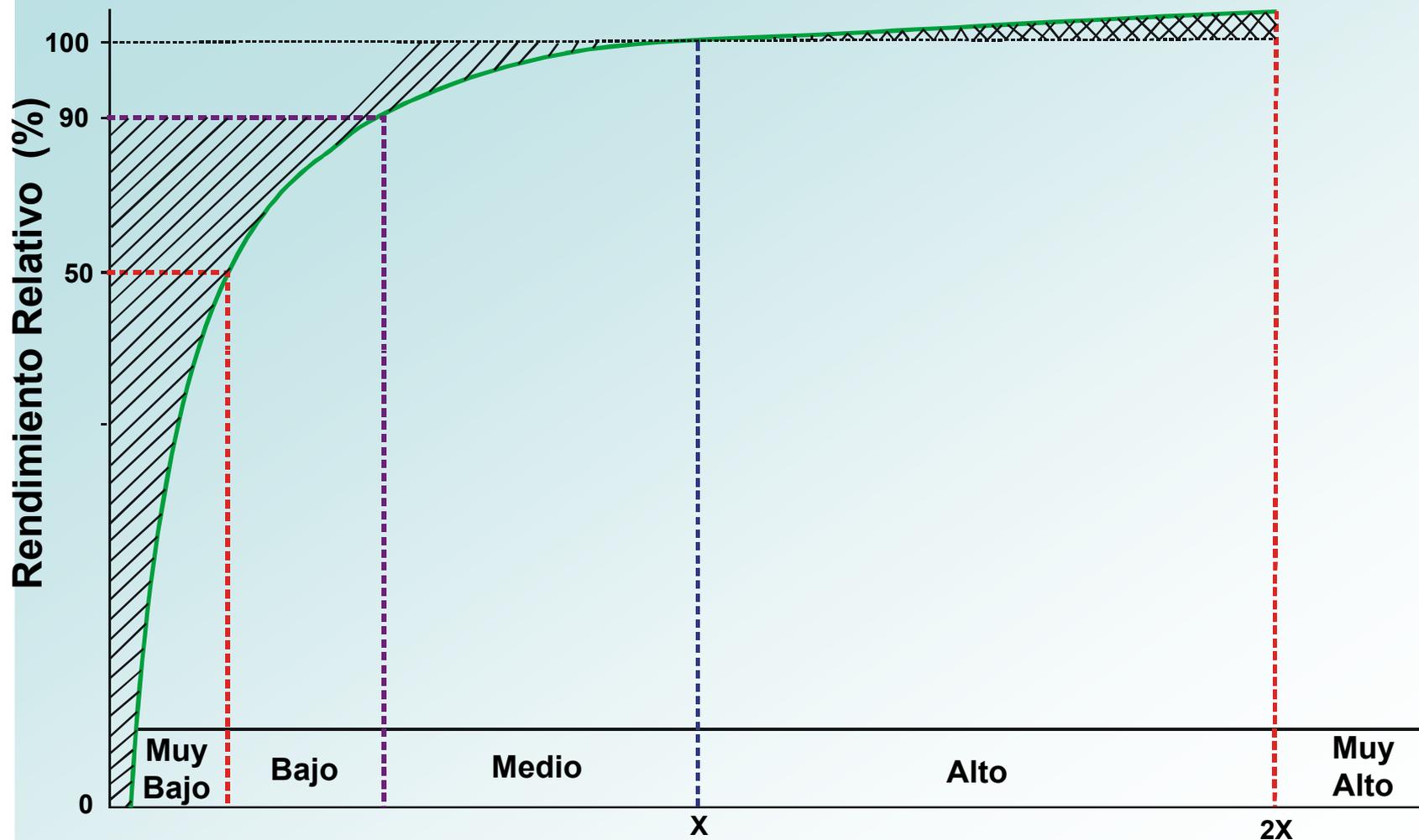
PROPIAMENTE AJUSTADO PARA CONDICIONES LOCALES

- ✓ Correlaciones (Cual es el método?)
- ✓ Calibración (Números versus Planta)
- ✓ Curvas de Respuesta (Cuanto aplicar?)

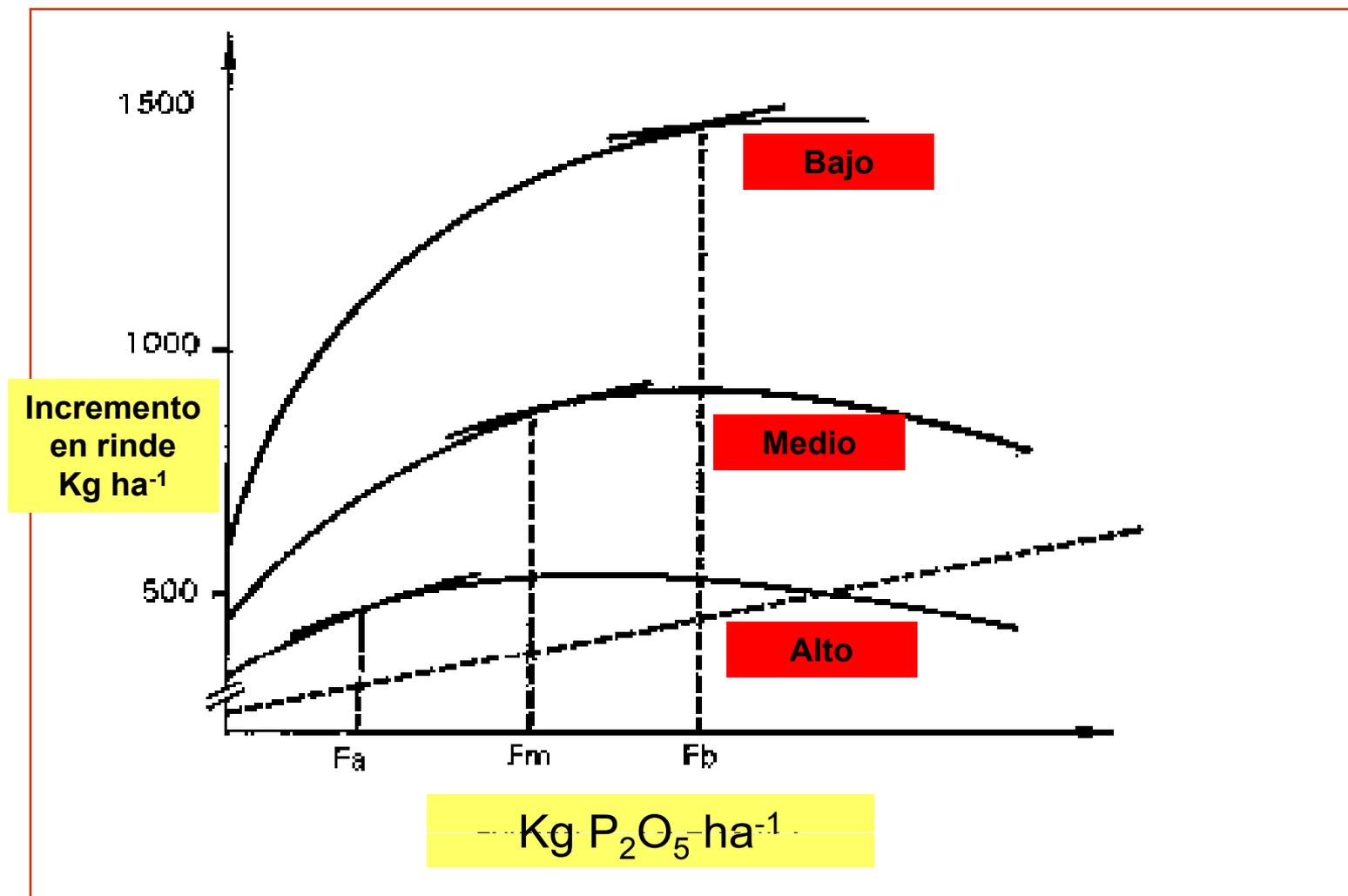
Estudios de Correlación



ESTUDIOS DE CALIBRACION



NIVELES NUTRIENTES EN MUESTRAS DE SUELOS



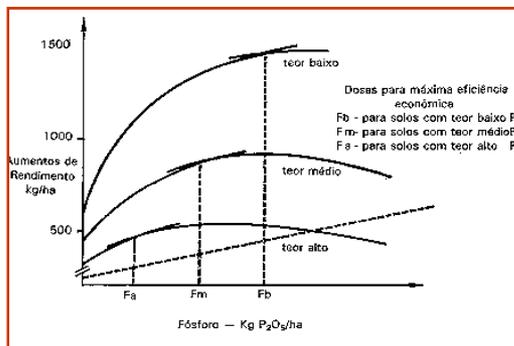


Tabla de Recomendacion

Adubação mineral de plantio: Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a seguinte tabela:

Rendimento	Nitro- gênio	X mg/dm ³				Y , mmol _c /dm ³			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
t/ha	N, kg/ha	X kg/ha				Y kg/ha (°)			
2- 4	10	60	40	30	20	50	40	30	0
4- 6	20	80	60	40	30	50	50	40	20
6- 8	30	90	70	50	30	50	50	50	30
8-10	30	(¹)	90	60	40	50	50	50	40
10-12	30	(¹)	100	70	50	50	50	50	50

(¹) É improvável a obtenção de alta produtividade de milho em solos com teores muito baixos de P, independentemente da dose de adubo empregada. (²) Para evitar excesso de sais, no sulco de plantio, a adubação potássica para doses maiores que 50 kg/ha de K₂O está parcelada, prevendo-se a aplicação em cobertura.

Maiz – Rajj et al, 1996



PROCEDIMIENTO DEBE SER ESPECIFICO
PARA:

- ✓ METODOLOGIA
- ✓ ÁREA/REGION DE SUELOS
CONSIDERADOS
- ✓ SISTEMA DE CULTIVO
- ✓ PROFUNDIDAD DE MUESTREO DE SUELO

UN BUEN PROGRAMA DE MANEJO DE
NUTRIENTES BAJO AGRICULTURA DE PRECISION
DEBE INICIALMENTE, IR SOBRE TODO Y
DISPONER DE UN METODO EFICIENTE PARA
EVALUAR ADECUADAMENTE LA
BIODISPONIBILIDAD DE LOS NUTRIENTES DE LAS
PLANTAS



Analisis químico de suelos

- ✓ Pocos estudios de correlacion, calibracion y curvas de respuesta para micronutrientes;
- ✓ Principales extractores: Mehlich 1, HCl 0,1 mol L⁻¹ y DTPA.

Interpretación de análisis de suelos para el estado de San Pablo

Nivel	B ¹	Cu ²	Fe ²	Mn ²	Zn ²
	----- (mg dm ⁻³) -----				
Bajo	0-0,2	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Medio	0,21- 0,6	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	> 0,6	> 0,8	> 12	> 5,0	> 1,2

Fuente: RAIJ et al. (1997); ¹B en agua caliente; ²DTPA

Deficiencia de micronutrientes en el suelo

✓ Análisis de **518 muestras** superficiales de suelos vírgenes del cerrado del **centro de Brasil**.

Micros	Nível crítico (mg dm ⁻³)	Debajo del nivel critico (%)	Intervalo - - - - - (mg dm ⁻³) - - - - -	Promedio
Cobre	1,0	70	0,0 - 9,7	0,6
Zinc	1,0	95	0,2 - 2,2	0,6
Manganeso	5,0	37	0,6 - 92,2	7,6
Hierro	-	-	3,7 - 74,0	32,5

Fuente: LOPES y COX (1977); LOPES (1983), citado por LOPES y ABREU (2000)

Recomendaciones generales de fertilización

➤ Arroz en tierras altas de los Cerrados:

Micros	Fertilizante	Tenor (%)	Dosis vía suelo (kg ha ⁻¹)	Dosis via foliar (kg 1.000 L ⁻¹ de agua)
Boro	Bórax	11	10–15	2–4
Cobre	Sulfato Cu	26	20–25	2–4
Hierro	Sulfato Fe	20	-	10–16
Manganeso	Sulfato Mn	27	10–15	2–4
Molibdeno	Molibdato NH ₄ ⁺	54	0,5–1,0	0,5–1,0
Zinc	Sulfato Zn	23	20–30	2–5

Fuente: BRESEGHELLO y STONE (1998)

Recomendaciones generales de fertilización

➤ Cultivo de maíz:

Micros	Modo de aplicación	Ingrediente ativo (kg ha⁻¹)	Fuente (kg ha⁻¹)
Zinc	A Siembra	2	8,7 Sulfato de zinc
Zinc	A Siembra	2	2,5 Óxido de zinc
Zinc	Al voleo	9	40 Sulfato de zinc
Zinc	Al voleo	9	11,2 Óxido de zinc
Zinc	Pulverización	-	solucion a 0,5% ZnSO₄
Boro	A Siembra	0,7 a 1,0	6,4 a 9,0 Bórax

Fuente: EMBRAPA (1997)

Análisis Foliar

- Identificar el "hambre oculta" o toxicidad;
- La toma de muestras para prevenir hojas recubiertas de polvo, atacados por insectos y enfermedades o afectadas mecánicamente.
- Lavar las hojas recogidas.
- Normalización de la toma de muestras: el tiempo, la muestra y el tamaño de la muestra.

Análisis Foliar

➤ Recomendaciones para el muestreo de hojas:

Planta	Época	Recomendacion	Tamaño de la muestra
Cafe	Verano	3° par de hoja a partir en el ápice de las ramas	100 hojas en 25 plantas
Citricos	Verano	Las hojas generadas en la primavera en las ramas de los frutos	100 hojas en 25 plantas
Caña	Verano	20 cm del centro de la hoja +3	100 hojas, 1 por planta
Soja	Floración	3ª hoja del tallo principal	30 hojas, 1 por planta

Fuente: BATAGLIA (1991)

Interpretación de los resultados del análisis foliar

✓ Niveles críticos

✓ Rangos de concentración

✓ Sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS)

Análisis foliar

➤ Concentración adecuada de micronutrientes en el análisis foliar:

Cultivos	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- (mg kg ⁻¹) -----					
Café ¹	40-100	6-50	70-300	50-300	0,1-0,5	10-70
Caña ²	10-30	6-15	40-250	25-250	0,05-0,20	10-50
Citricos ¹	35-100	5-20	50-200	25-500	0,1-1,0	25-200
Maiz ³	10-25	6-20	30-250	20-200	0,1-0,2	15-100
Soja ⁴	21-55	10-30	50-350	20-100	1,0-5,0	20-50

Fuente: ¹Bataglia (1991); ²Raij y Cantarella (1996); ³Cantarella et al. (1996); ⁴Ambrosano et al. (1996)

Fuentes y métodos de aplicación

FUENTES: sulfatos, óxidos, quelatos y silicatos.

MÉTODOS:

- ✓ Fertilización vía suelo;
- ✓ Fertilización foliar;
- ✓ Tratamiento de semillas;
- ✓ Tratamiento de plántulas.

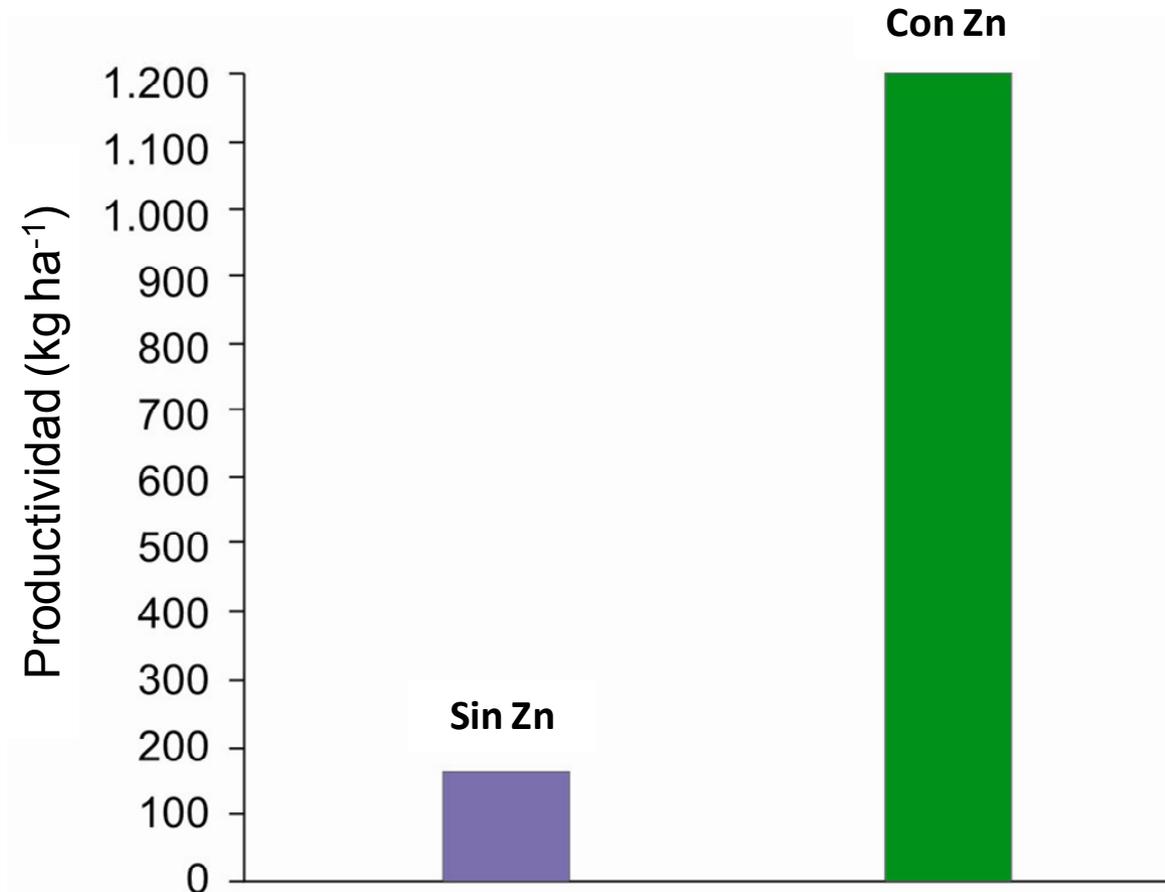
Factores que afectan la eficiencia de los fertilizantes

- ✓ Fuentes;
- ✓ Tipo de suelo;
- ✓ pH;
- ✓ Solubilidad;
- ✓ Efecto residual;
- ✓ Movilidad de los micronutrientes;
- ✓ Tipo de cultivo (planta).

Fuente: LOPES (1999)

Respuestas a la fertilización con micronutrientes

- B y Zn son los micronutrientes que mas limitan la producción:

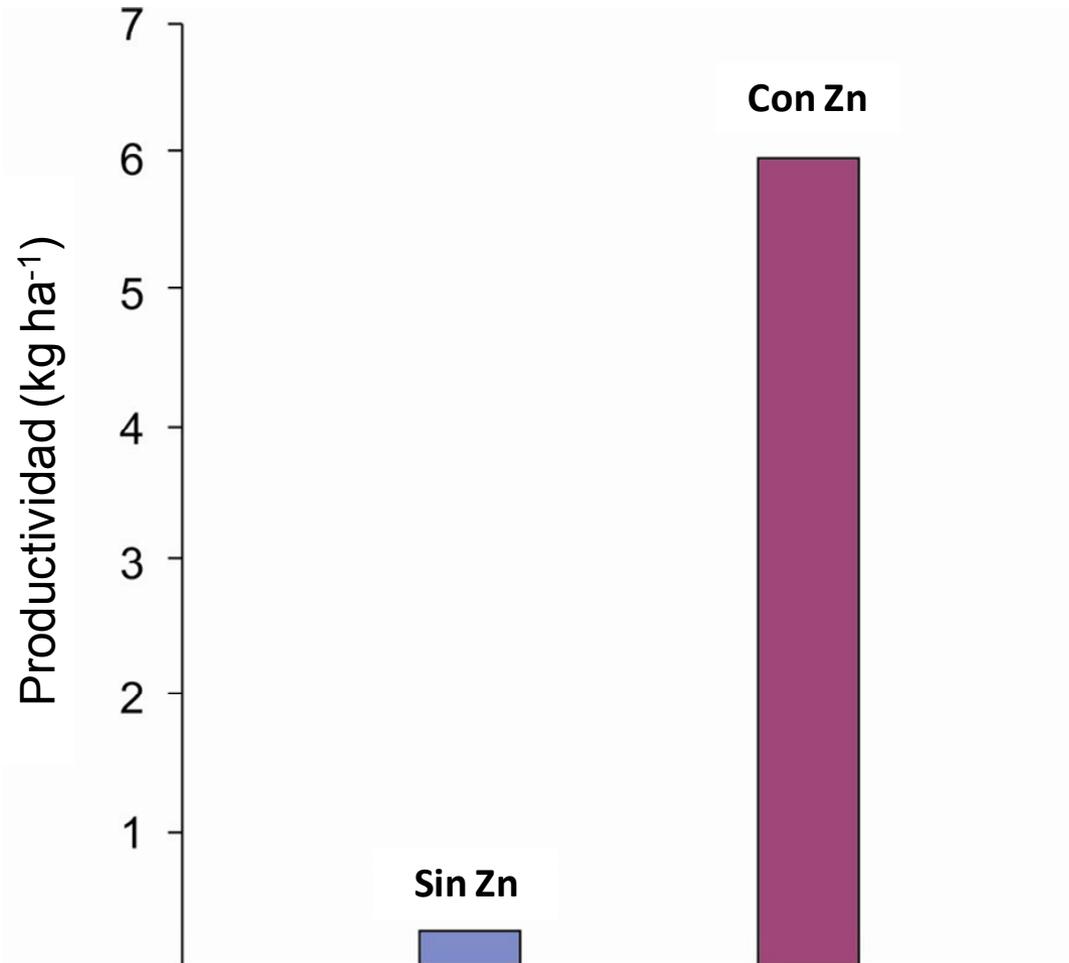


Respuesta de arroz a Zn

Fuente: GALRÃO (1988)

Respuestas a la fertilización con micronutrientes

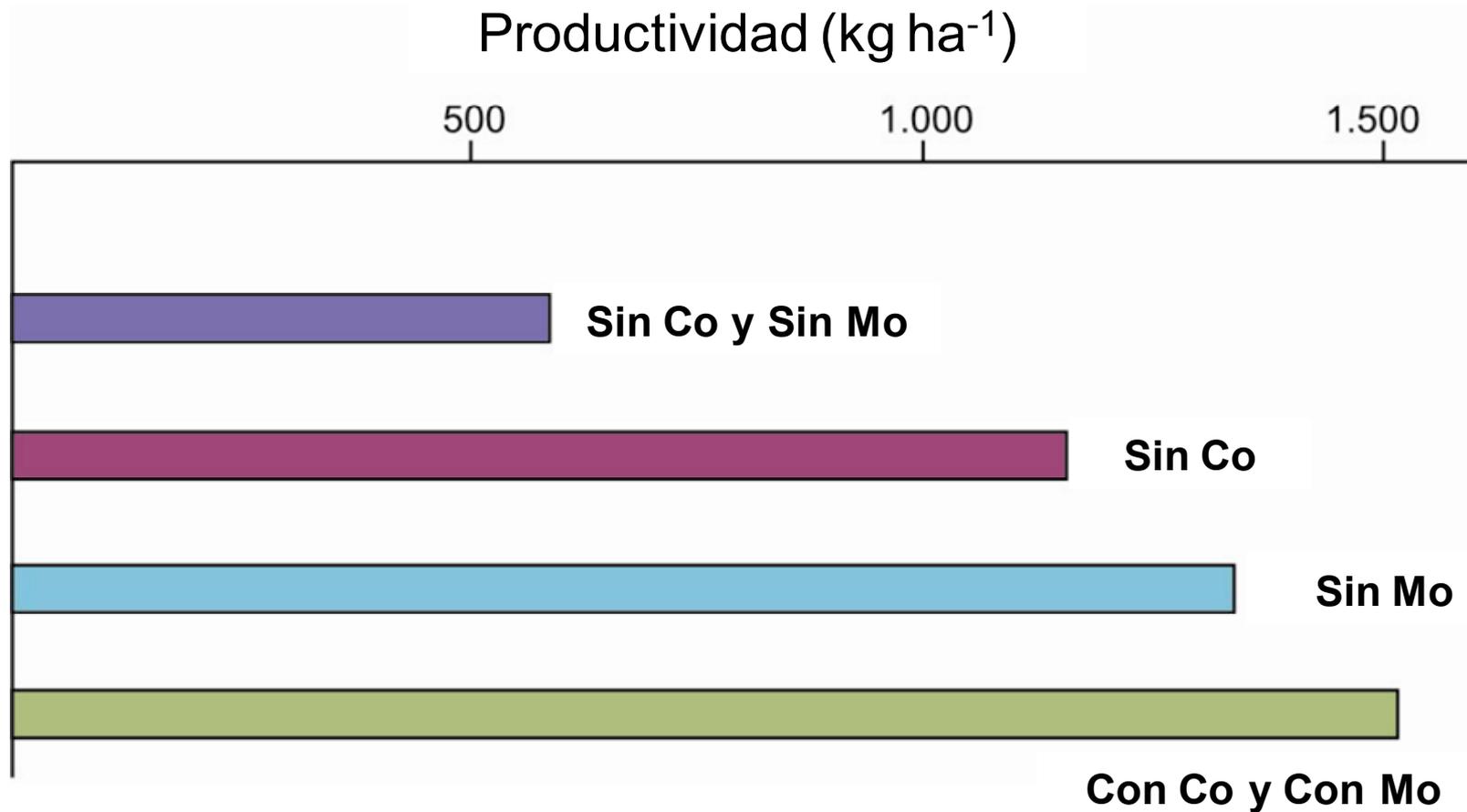
➤ Efecto del zinc sobre la producción del maíz:



Fuente: GALRÃO (1988)

Respuestas a la fertilización con micronutrientes

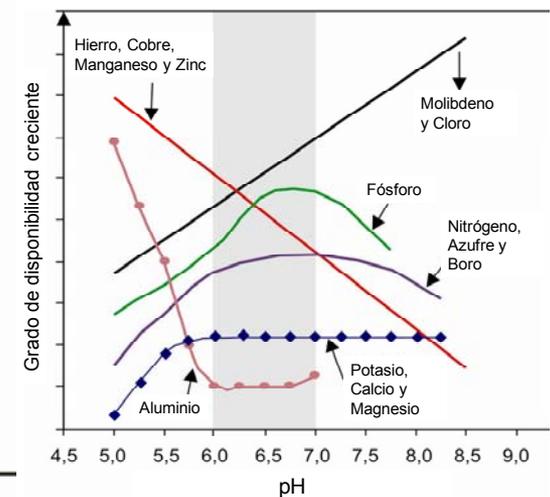
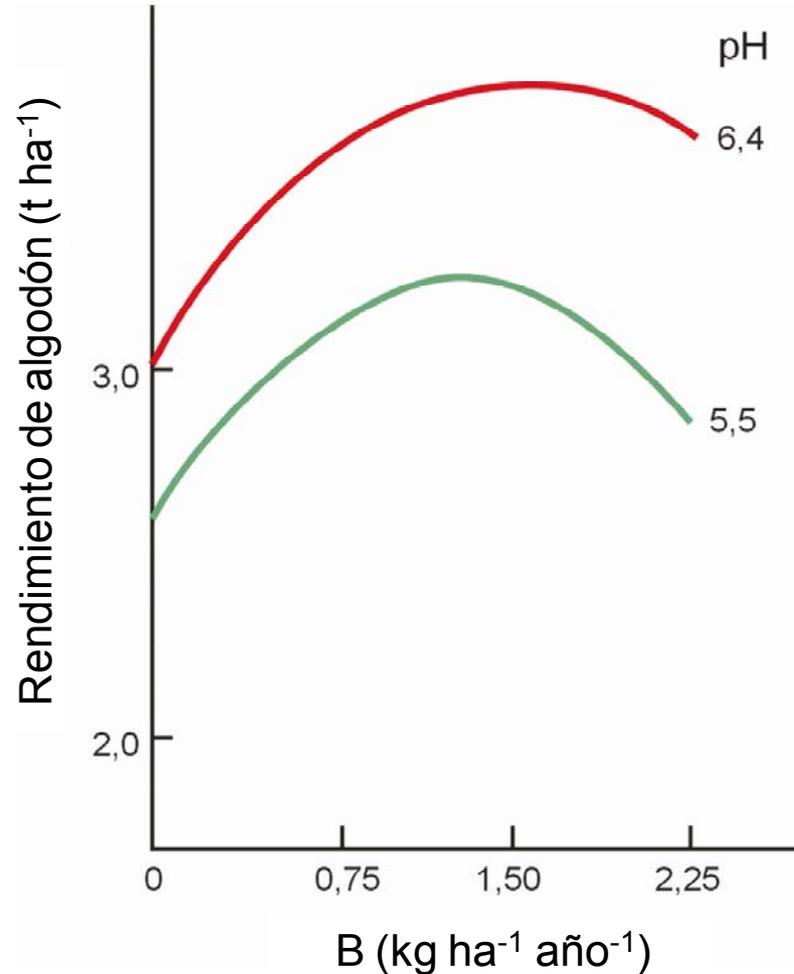
➤ Respuesta del frijol negro a la aplicación de Co y Mo:



Fuente: JUNQUEIRA NETO et al. (1977)

Respuestas a la fertilización con micronutrientes

➤ Respuestas del algodón a B con y sin calcáreo:



Fuente: SILVA (1983)

Respuestas a la fertilización con micronutrientes

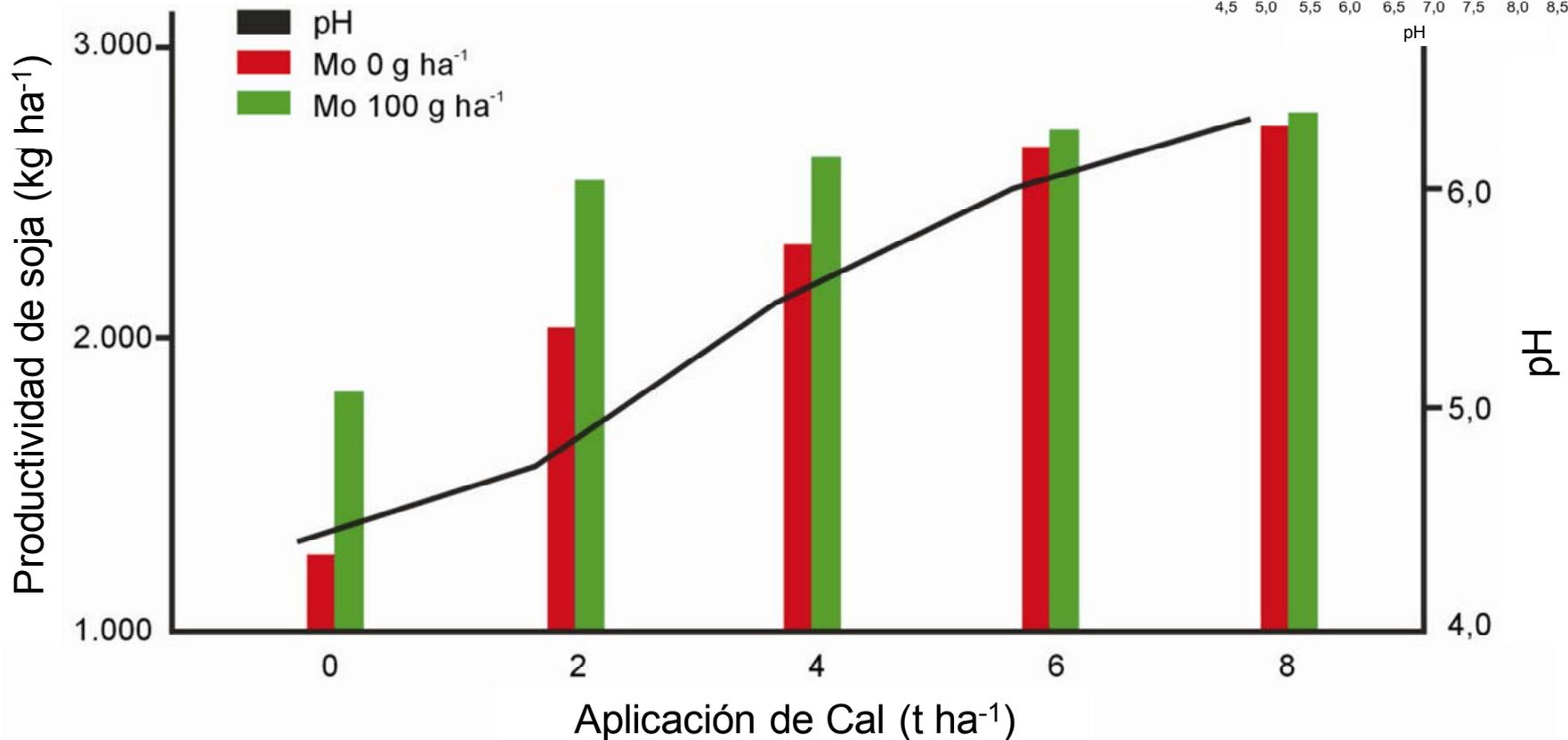
- Efectos del cobre sobre la productividad y la esterilidad del cultivo de trigo:

Cu (kg ha ⁻¹)	Granos (t ha ⁻¹)	Esterilidad (%)
0	3,28 a	18,4 a
2	4,29 b	4,3 b
CV%	11,2	23,3

Fuente: GALRÃO (2002)

Respuestas a la fertilización con micronutrientes

➤ Respuesta de soja a la aplicación de calcáreo y Mo:

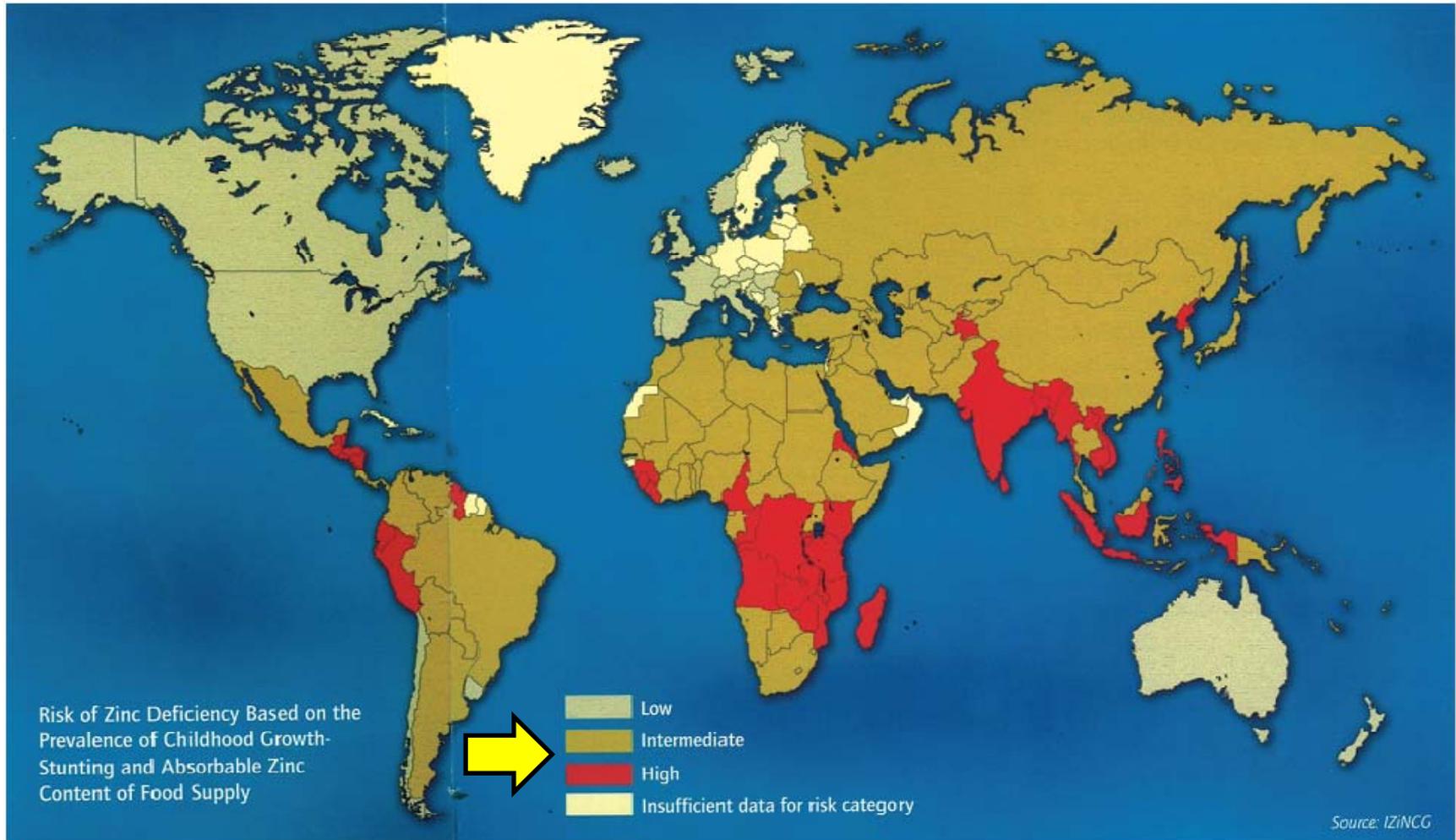


Fuente: QUAGGIO et al. (1991)

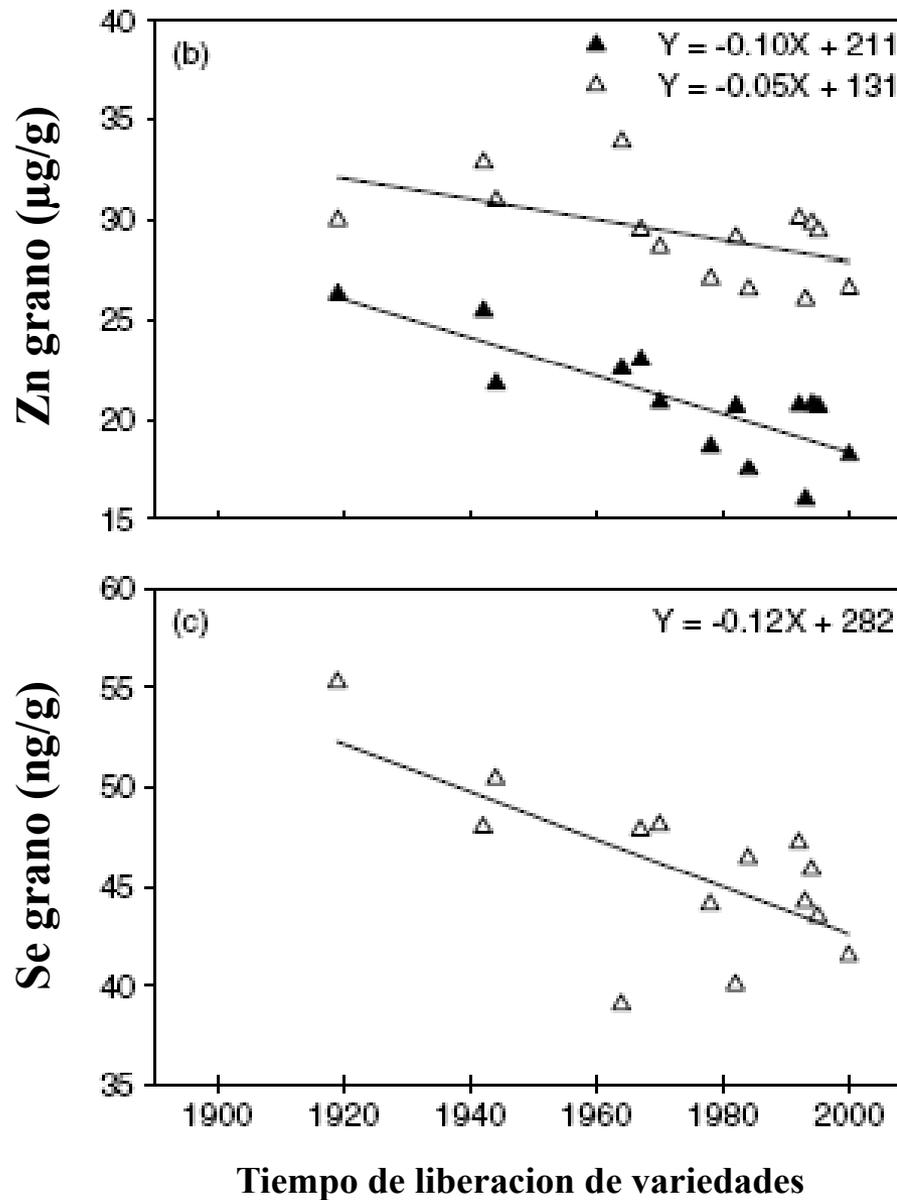
Micronutrientes y calidad de los productos agrícolas

- FAO (2008): El hambre volvió a aumentar en el mundo .
- Desnutrición (deficiencia):
 - Fe: 2 billones de personas;
 - Zn: 1/5 de la población podría presentar carencias de Zn;
 - Se: 0,5 a 1,0 de personas;
 - > 800 millones de personas.

Riesgo de deficiencia de Zn en la población

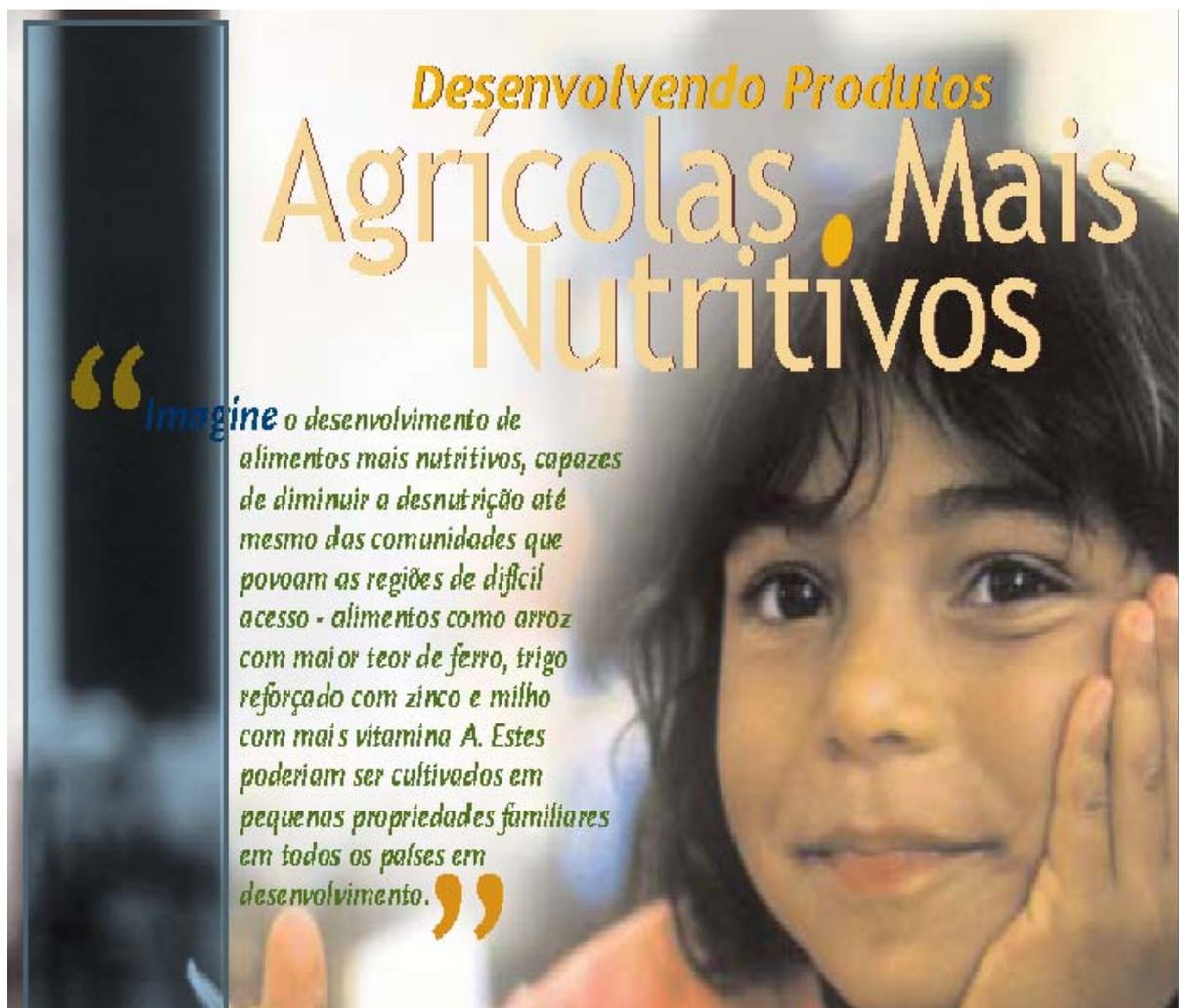


Efecto del mejoramiento vegetal en la concentración de micronutrientes



Fuente: Garvin et al. (2006)

Biofortificacion- Mejoramiento de plantas



Desenvolvendo Produtos
Agrícolas Mais Nutritivos

“*Imagine o desenvolvimento de alimentos mais nutritivos, capazes de diminuir a desnutrição até mesmo das comunidades que povoam as regiões de difícil acesso - alimentos como arroz com maior teor de ferro, trigo reforçado com zinco e milho com mais vitamina A. Estes poderiam ser cultivados em pequenas propriedades familiares em todos os países em desenvolvimento.*”

Fuente: HarvestPlus Program Brasil

➤ Métodos de aplicación de Zn en el rendimiento y concentración de Zn en los granos de trigo:

Métodos de aplicación de Zn	Concentración de Zn (mg kg ⁻¹)		Aumento en rendimiento (%)	
	Parte aérea	Granos	Parte aérea	Granos
Testigo	10	10	-	-
Suelo	19	18	109	265
Semilla	12	10	79	204
Foliar	60	27	40	124
➔ Suelo + foliar	69	35	92	250
Semilla + foliar	73	29	83	268

Fuente: CAKMAK (2008)

MENSAJES FINALES- ALGUNOS PUNTOS A DESTACAR

- ✓ **Micronutrientes son fundamentales para las plantas, animales y seres humanos.**
- ✓ **Las respuestas de las plantas a los micronutrientes son variables y tienden a aumentar con los años de cultivo en situaciones donde estos no son aplicados.**
- ✓ **En general existe una importancia practica de los micronutrientes en la productividad y la calidad de los alimentos.**
- ✓ **Siempre que sea posible se debe monitorear la biodisponibilidad de micronutrientes en el suelo.**

MENSAJES FINALES **LITERATURA RECOMENDADA**

Micronutrient deficiencies in global crop production. Alloway, B. J. (ed.). Springer. 2008. 309p.

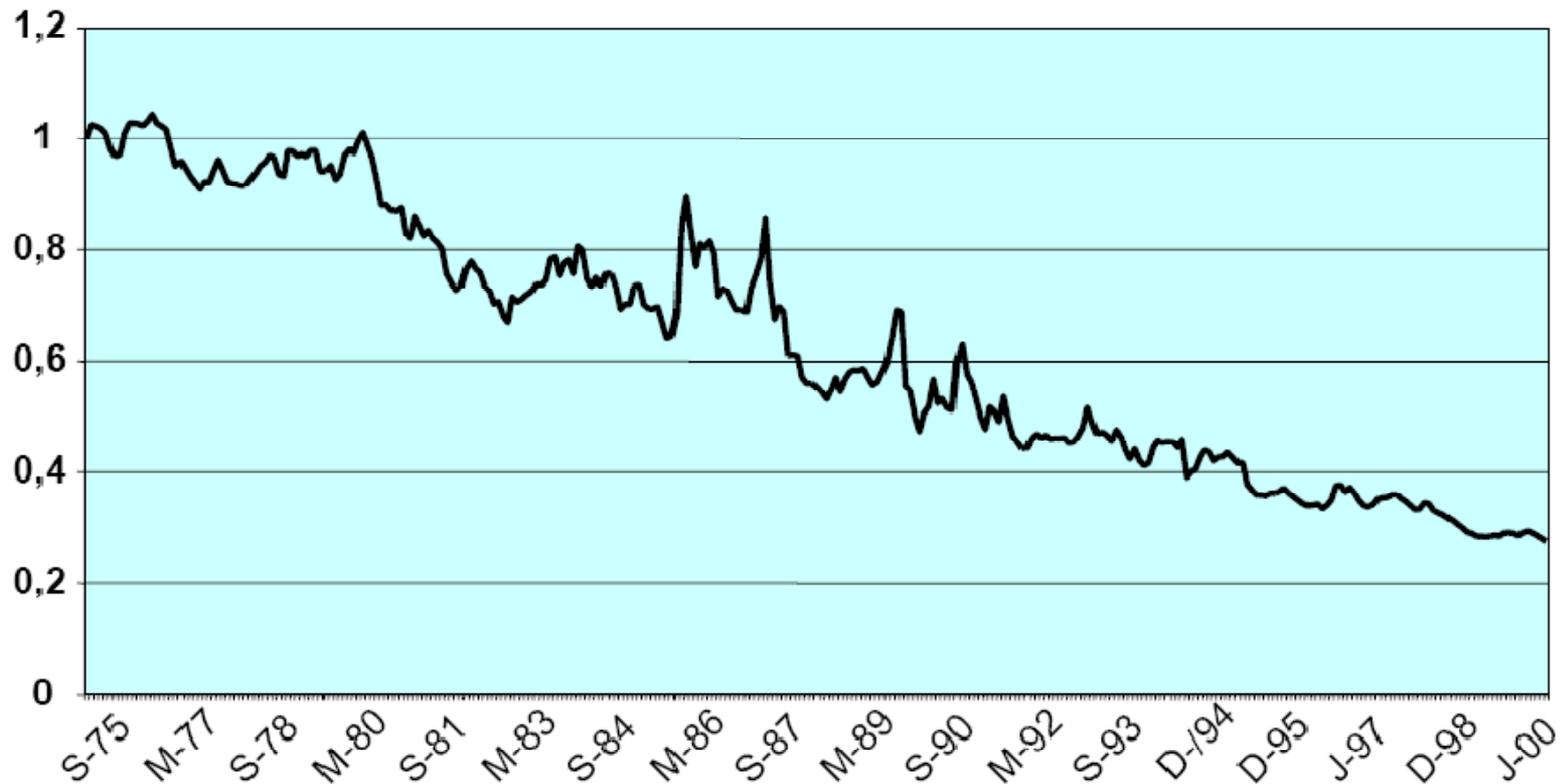
Kabata-Pendias, A.; Mukherjee, A. B. Trace elements from soil to human. Springer. 2007. 550 p.

Micronutrientes na agricultura. Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P. (ed.). Potafos - IPNI Brasil. 1991. 734p.

Micronutrientes en la agricultura: diagnóstico y fertilización en Argentina; la experiencia brasilera. Vázquez, M. (ed.). AACs. 2006. 207p.

MENSAJES FINALES- SOMOS IMPORTANTES

INDICES DE PRECIO DE CANASTA BASICA BRASILEIRA



“Impacto económico-social”

Fuente: Portugal (2002)

MENSAJES FINALES- SOMOS IMPORTANTES

- **Precisamos modificar el concepto totalmente equivocado de que somos agentes de contaminación y deterioro ambiental o que no realizamos una contribución social. La necesidad de promover fuertemente que somos para el ambiente, que inclusive establecemos una situación de mejorar las condiciones ambientales y que somos fundamentales para la paz del mundo.**

MENSAJES FINALES

Denes GÁBOR/Hungria

Prêmio Nobel 1973 - Holografia



**“THE FUTURE CAN NOT BE PREDICTED.
THE FUTURE CAN ONLY BE INVENTED.”**

**“EL FUTURO NO PUEDE SER PREDECIDO.
EL FUTURO PUEDE SOLAMENTE SER INVENTADO.”**



EXITO A TODOS,
EXITO A LA ACTIVIDAD AGRICOLA
Y
MUCHAS GRACIAS POR LA ESPECIAL
ATENCION



Website:

<http://www.ipni.net>

TelefonO/fax – Brasil Office:

55 (19) 3433-3254

