

# RELACIONES FOSFORO-ZINC EN TRES SUELOS ACIDOS DE COSTA RICA.

## I. COMPORTAMIENTO EN EL SUELO<sup>1</sup> /

E. GUZMAN\*  
E. BORNEMISZA\*

### Summary

*The effects of high P and Zn applications and their interactions were studied in three acid (pH 5.3-5.9) soils of Costa Rica. It was observed that as all three soils fixed P strongly, the obtained available P levels, were much smaller than expected based on retention curves. Adding the lowest P level resulted in a good growth of the test plants.*

*An application to the soils resulted in increases in soluble Zn proportional to the added amounts. However, the observed increases were smaller than the expected ones, based on retention curves. The application of the Zn level needed for twice the estimated soluble amount (18 µg/g) which was 99-178 µg/ml soil, resulted in only 10 to 15 µg/ml soil of extractable Zn.*

*The treatments were generally reflected by the soil P/Zn ratios and indicated low values (< 1.75) for the zero P treatment. The values for P treated pots varied between 1.97 and 10.05, considered normal*

### Introducción

**E**n Centroamérica, el aumento de la población y el mejoramiento de la tecnología han dado como resultado un uso más intensivo de los suelos y fertilizantes. Existe evidencia de que los cambios en el aprovechamiento de los oligoelementos, causados por fuertes aplicaciones de fosfatos, han provocado reducciones en el rendimiento del cultivo (1, 3, 14, 17). La interacción P-Zn en varios cultivos ha sido estudiado en climas templados (3) y en algunos sitios de Latinoamérica (5, 9, 13).

Una alta aplicación de fertilizante fosfatado, con cierta frecuencia necesaria en suelos ácidos, puede

afectar la absorción de Zn por las plantas y reducir su rendimiento. Por esta razón se decidió estudiar, en invernadero, la influencia de altas aplicaciones de P sobre la disponibilidad de Zn en el caso del tomate, las relaciones P/Zn en esta planta, el comportamiento de los mismos elementos en el suelo y la influencia de sus relaciones sobre la producción de tomate en invernadero como su contenido de P y Zn. Lo referente a los aspectos de suelo se expone en primera parte del informe y el experimento de invernadero en la segunda parte del mismo.

### Materiales y métodos

#### Suelos estudiados

Se escogió para el estudio tres suelos ácidos y bajos en Zn extraíble; dos que se clasifican como *Entic Dystrandepts* (Cariari y Guácimo) y uno como *Ustoxic Palehumult* (Buenos Aires). Sus características químicas y físicas se presentan en el Cuadro 1.

Se aprovechó para el estudio la capa arable (0.20 cm) de estos suelos. Para los análisis y el trabajo de invernadero se usó suelos secos al aire y pasados por un tamiz de 2 mm de apertura.

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 18 de enero de 1983.  
Este trabajo está basado parcialmente en la tesis de M.Sc. presentada por la primera autora a la Comisión de Posgrado UCR-CATIE

\* Estudiante de postgrado, actualmente investigadora del Instituto Salvadoreño de Investigación Agropecuario y de Pesca y Profesor de Suelos en el Programa de Posgrado UCR-CATIE

Cuadro 1. Características químicas y físicas de los tres suelos estudiados.

Características	Suelos		
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires
pH en agua	5.4	5.9	5.3
P, $\mu\text{g}/\text{ml}$	9	6.5	3.5
Zn, $\mu\text{g}/\text{ml}$	1.4	1.1	1.5
K, meq/100 ml	0.29	0.43	0.21
Ca, meq/100 ml	5.15	5.64	0.85
Mg, Meq/100 ml	0.81	1.41	0.30
Ac. extraíble, meq/100 ml	0.6	0.3	0.8
S, $\mu\text{g}/\text{ml}$	14.6	12.5	6.2
Cu, $\mu\text{g}/\text{ml}$	1.48	1.17	7.7
Materia orgánica, (%)	7.68	6.51	2.20
Densidad aparente, $\text{g}/\text{cm}^3$	0.62	0.93	0.95
Arena, (%)	47	37	9
Limo, (%)	42	48	24
Arcilla, (%)	11	15	67
Tipo de textura	Franco	Franco	Arcilloso

### Análisis de suelos y estudios de retención

Para el análisis de textura se empleó el método de Bouyoucos modificado y para la densidad aparente el método del cilindro de volumen conocido, descrito por Forsythe (7).

Las determinaciones de pH en agua y de K, P, Zn, Cu, Mn y Fe extraídos con la solución de Olsen modificado, se realizaron con la metodología resumida por días-Romeu y Hunter (6). La materia orgánica se determinó por digestión húmeda con dicromato (19) y el de azufre por el método de Nasmoumi y Cornfield (15). En adición, el Zn se extrajo con HCl 1 0.1 N (16) y con DPTA (ácido dietilentriamino pentacético) (12).

Para establecer los niveles de fertilidad necesarios para el trabajo de invernadero se realizó estudios de retención de los diferentes nutrientes, usando la técnica de Díaz-Romeu y Hunter (6).

### Técnicas de invernadero

Se usó el tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) var. "Tropic" como planta indicadora, por su sensibilidad a problemas nutricionales y por su semilla pequeña, con reducidas reservas de nutrientes.

Después de aplicar los tratamientos, el suelo fue colocado en macetas plásticas, regadas por gravedad, en las cuales se cultivó seis plantas de tomate por maceta. La cosecha se realizó después de seis semanas de la siembra. Se determinó el peso fresco y el peso seco de las plantas.

El material seco se pasó por un molino Micro-Wiley tamizando la muestra por una malla no. 40. Para determinar P, Zn, K, Ca y Mg se digirió muestras del material molido en una mezcla nitro-perclórica (5:1) y se determinó por colorimetría (P) y absorción atómica.

Con base en las curvas de retención (Fig. 1) se determinó la cantidad correspondiente de P y Zn en un "nivel crítico", el cual corresponde a 36  $\mu\text{g}/\text{ml}$  de P y a 9  $\mu\text{g}/\text{ml}$  de Zn según Díaz-Romeu y Hunter (6). Los tratamientos de aplicación de fósforo fueron de 0, suficientes para establecer los niveles de 36, 72 y 144  $\mu\text{g}/\text{ml}$  de P; los de zinc fueron también de 0, suficientes para 4.5  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , 9 y 18  $\mu\text{g}/\text{ml}$  de Zn soluble como se indica en el Cuadro 2. Se aplicó también los demás tratamientos cuando fue necesario para alcanzar una fertilidad adecuada.

### Diseño del experimento

Se empleó un arreglo factorial 3 x 4 x 4 (suelos x niveles de P x niveles de Zn) repetido 4 veces. Los tratamientos fueron adecuados a un diseño de bloques al azar, resultando 192 macetas. Se comparó también diferentes variables buscando la correlación entre ellas.

### Resultados y discusión

#### Fósforo en el suelo

Los niveles iniciales de P se presentan en el Cuadro 1 y los niveles posteriores al experimento de inverna-

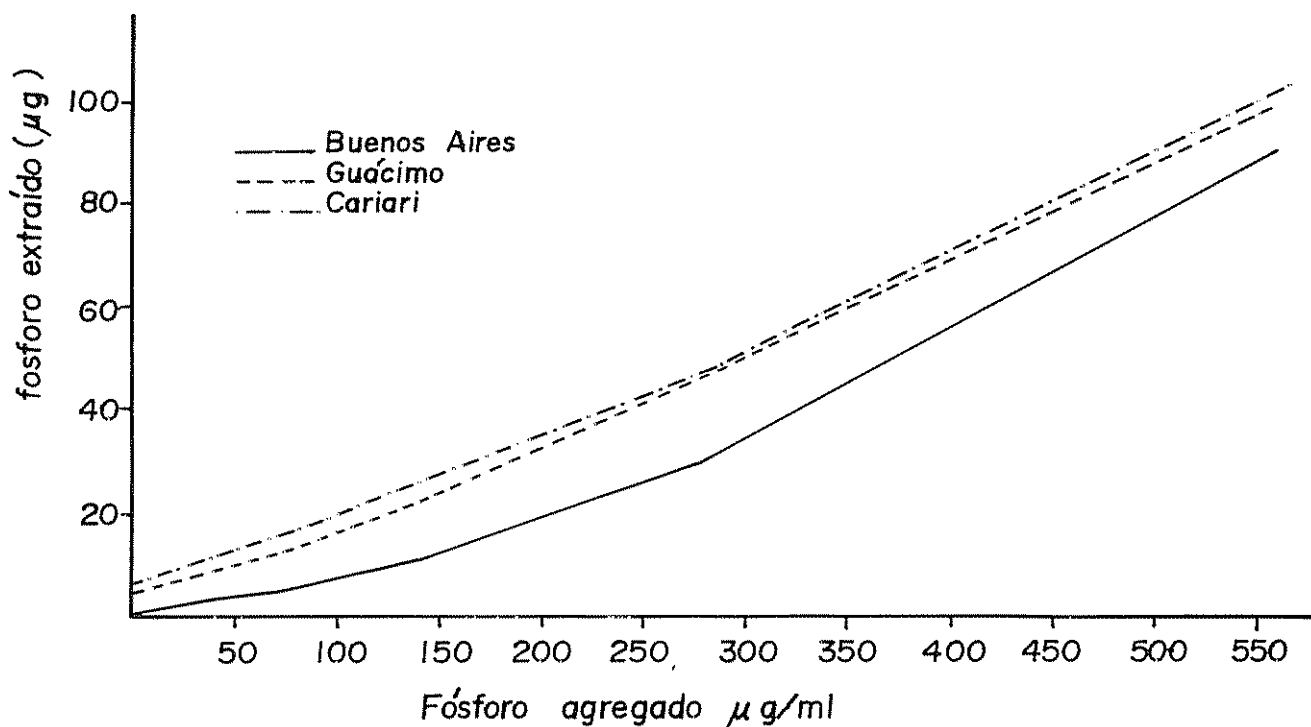


Fig. 1. Curvas de retención de fósforo para los suelos Cariari, Guácimo y Buenos Aires

Cuadro 2. Cantidades de fosfato de amonio ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) y sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) aplicadas a los suelos de Cariari, Guácimo y Buenos Aires.

Niveles estudiados	Nutrimento agregado al suelo		
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires
	(mg/1 000 ml de suelo)		
P <sub>0</sub>	—	—	—
P <sub>1</sub>	761.3	798.4	799.9
P <sub>2</sub>	1 522.5	1 596.8	1 559.7
P <sub>3</sub>	3 045.2	3 193.7	3 119.5
Z <sub>0</sub>	—	—	—
Z <sub>1</sub>	44.45	38.27	24.69
Z <sub>2</sub>	88.90	76.55	49.38
Z <sub>3</sub>	177.8	153.10	98.78

dero en el Cuadro 3. Se observó solamente cambios muy pequeños en los suelos que no recibieron P. Estos niveles bajos resultaron también en un crecimiento vegetal muy pobre, indicando que estos suelos son fuertemente deficientes en P y requieren de su aplicación.

La adición del primer nivel (P<sub>1</sub>) de fósforo elevó el nivel residual del elemento en el suelo a un promedio de 20 μg/ml. Se observa que, aunque se aplicó sufi-

ciente P para un nivel de 36 ppm, la absorción de las plantas y la fijación redujeron casi a la mitad la cantidad aplicada; lográndose un vigoroso crecimiento de las plantas, lo que es fácil de entender ya que aún después de la cosecha, el nivel de P era superior al nivel crítico de 12 ppm.

Cuando se aplicó el segundo nivel (P<sub>2</sub>), las cantidades residuales encontradas fueron de 32-79 μg/ml con un promedio de 49 μg/ml, que corresponde apenas a

más de la mitad de los 72  $\mu\text{g}/\text{ml}$  suministrados al inicio del experimento. Las plantas extrajeron un promedio de 24  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , valor similar al encontrado con el nivel  $P_1$  y que concuerda con el crecimiento observado. Con el tratamiento  $P_2$ , el suelo experimentó un aumento promedio de 28 ppm de P, un 78% de las 36 ppm, añadidos en exceso a  $P_1$ .

Cuando se aplicó el tercer nivel ( $P_3$ ) se encontró la mayor variación en el suelo, notándose una concentración entre 20 y 103  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , con un promedio de 65  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ; sin embargo, el del suelo Guácimo fue inferior y el de Buenos Aires fue superior al promedio general. Con este tratamiento se recuperó un 17 ppm de P de los 36 ppm añadidos, en decir aproximadamente la mitad. Como se observa en la Figura 1, los tres suelos retienen con eficiencia el fósforo, lo que posiblemente explica esta recuperación tan reducida.

Se advirtió también que durante la primera aplicación de zinc ( $Z_1$ ) aumentó la cantidad de P residual disponible en el suelo, probablemente debido a una mejor mineralización de P orgánico. A niveles mayores de Zn no se observó una tendencia clara en los cambios de P en el suelo.

#### Zinc en el suelo

Los niveles iniciales de Zn se dan en el Cuadro 1 y los posteriores al experimento en el Cuadro 4. Se detectó que aunque la aplicación de Zn resultó en cambios continuos en los niveles de este elemento, estos

eran mucho menores que las cantidades añadidas, probablemente por la fuerte extracción del mismo, por las plantas cultivadas. La retención de Zn en los tres suelos fue similar, así se ilustra en la Figura 2.

Esta conversión rápida del Zn aplicado al suelo, en forma soluble a otro poco disponible, fue observado por Boawn (2), quien encontró inmobilizaciones de hasta un 90% del elemento suministrado.

Se concluye que las aplicaciones al suelo elevan la cantidad del elemento disponible, aunque el aumento sea mucho menor que las cantidades aplicadas (de 99 a 178  $\mu\text{g}/\text{ml}$  para  $Z_3$ ). Existe un incremento de Zn en el suelo con mayores niveles adjudicados, aunque la aplicación Zn 2 (cuatro veces superior a Zn 1) apenas duplicó el nivel del elemento como se observa en el Cuadro 4. Este coincide con la fuerte retención presentada en la Figura 2. El comportamiento de estos tres suelos es parecido y coincide con lo observado por Mainho e Igue para suelos similares (13).

El Zn recuperado, con niveles altos de aplicación, representa menos de un décimo del elemento. Los niveles de extracción del zinc fueron bajos, apenas excedieron 1 mg de Zn/maceta (muy poco en comparación a lo añadido en el caso del tratamiento  $Z_3$ ).

En el Cuadro 5 se observa que los niveles de P aplicados no tuvieron una influencia tangible sobre los de Zn en el suelo, probablemente por la fuerte fijación de P (Fig. 1). Esta aseveración coincide con lo

Cuadro 3. Contenido promedio de fósforo por repeticiones y determinación de los niveles medios de Zn (en  $\mu\text{g}/\text{ml}$  de suelo).

Tratamiento	Suelos			Promedio Total
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires	
$P_0$	6	9	6	7
$P_1$	20	17	22	20
$P_2$	38	60	49	49
$P_3$	69	31	94	65

Cuadro 4. Contenido promedio de Zinc de las repeticiones y de los niveles de fósforo (en  $\mu\text{g}/\text{ml}$  de suelo).

Tratamiento	Suelos			Promedio Total
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires	
$Zn_0$	5	5	6	5
$Zn_1$	6	7	7	7
$Zn_2$	8	9	7.5	8
$Zn_3$	12	12.5	11.5	12

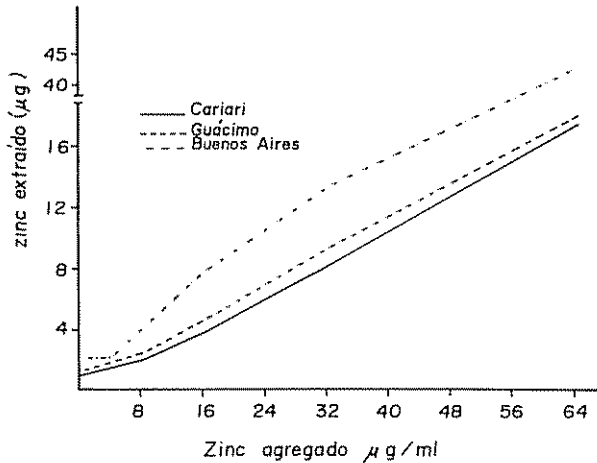


Fig 2 Curvas de retención de zinc para los suelos Cariari, Guácimo y Buenos Aires.

encontrado por Friesen *et al* (8) en el caso de los ultisoles de Nigeria, en el mismo ámbito de pH en suelos ácidos.

El tratamiento P<sub>2</sub> representa un apreciable aumento de la relación sobre P<sub>1</sub> (promedio P<sub>2</sub>: 19.32 en contra 9.3 para P<sub>1</sub>). Se observa que el contenido de P en el suelo creció más rápidamente que el de Zn, el que fue muy lento (Cuadros 3 y 4 y la Figura 2). En promedio, esta tendencia es más notable todavía para el nivel P<sub>3</sub>, fenómeno explicado de la misma manera.

**Relación P/Zn en el suelo**

Las relaciones P/Zn originales de los tres suelos pueden ser calculadas a partir de los datos en el Cuadro 1, resultando en 6.4 para Cariari, 5.9 para Guácimo y 2.3 para Buenos Aires.

En los suelos que recibieron el tratamiento Po, este valor disminuyó al extraer las plantas las muy escasas reservas de P del suelo como se observa en el Cuadro 6. Cuando se aplicó el tratamiento P<sub>1</sub>, las relaciones fueron bajas y similares para los tres suelos con valores entre 2.8 a 3.2. Se cree que la fuerte extracción de P, asociada al crecimiento vigoroso de las plantas, bajo el tratamiento P<sub>1</sub>, fue la responsable del insuficiente, aumento del valor mencionado. La relación P/Zn decreció al incrementarse la cantidad de Zn y se mantuvo constante la dosis de P, como se ilustra en el Cuadro 6.

**Extracción de Zn de los suelos con diferentes soluciones**

Después de realizar el experimento de invernadero, se determinó el Zn del suelo por tres métodos: el de Olsen modificado (6, 11), el de HCl 0.1 N (16) y el de DTPA (12).

Como se observa en el Cuadro 7, el extractor menos eficiente fue siempre la solución de Olsen modificada, aunque esta refleja también las diferencias debi-

Cuadro 5. Contenido de Zn (µg/ml) en el suelo después del experimento de invernadero. Promedios de cuatro repeticiones.

Tratamiento	Suelo			Promedio total para zinc
	Cariari	Guácimo µg Zn/ml	Buenos Aires	
P <sub>0</sub> Zn <sub>0</sub>	5	5	5	5
P <sub>1</sub> Zn <sub>0</sub>	5	5	5	
P <sub>2</sub> Zn <sub>0</sub>	6	6	6	
P <sub>3</sub> Zn <sub>0</sub>	5	5	7	
P <sub>0</sub> Zn <sub>1</sub>	7	6	7	6.5
P <sub>1</sub> Zn <sub>1</sub>	6	7	6	
P <sub>2</sub> Zn <sub>1</sub>	6	8	7	
P <sub>3</sub> Zn <sub>1</sub>	6	6	7	
P <sub>0</sub> Zn <sub>2</sub>	8	7	7	8
P <sub>1</sub> Zn <sub>2</sub>	8	9	7	
P <sub>2</sub> Zn <sub>2</sub>	8	10	7	
P <sub>3</sub> Zn <sub>2</sub>	9	8	9	
P <sub>0</sub> Zn <sub>3</sub>	12	12	10	12
P <sub>1</sub> Zn <sub>3</sub>	11	11	10	
P <sub>2</sub> Zn <sub>3</sub>	14	15	15	
P <sub>3</sub> Zn <sub>3</sub>	11	12	11	

Cuadro 6. Relación fósforo-zinc (P/Zn) en el suelo después del corte de tomate (seis semanas de edad), Promedio de cuatro repeticiones.

Tratamiento	Suelo		
	Cariari	Guácimo	Buenos Aires
P <sub>0</sub> Z <sub>0</sub>	1.70	1.75	0.74
P <sub>0</sub> Z <sub>1</sub>	0.81	1.47	0.50
P <sub>0</sub> Z <sub>2</sub>	0.60	1.17	0.53
P <sub>0</sub> Z <sub>3</sub>	0.57	0.98	0.77
P <sub>1</sub> Z <sub>0</sub>	2.96	4.94	3.59
P <sub>1</sub> Z <sub>1</sub>	3.50	2.50	3.44
P <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	2.82	2.11	2.56
P <sub>1</sub> Z <sub>3</sub>	1.97	3.38	3.42
P <sub>2</sub> Z <sub>0</sub>	6.00	11.19	8.78
P <sub>2</sub> Z <sub>1</sub>	5.20	10.90	6.01
P <sub>2</sub> Z <sub>2</sub>	5.64	4.89	7.67
P <sub>2</sub> Z <sub>3</sub>	3.47	4.04	3.48
P <sub>3</sub> Z <sub>0</sub>	7.96	7.35	14.00
P <sub>3</sub> Z <sub>1</sub>	14.97	4.91	16.05
P <sub>3</sub> Z <sub>2</sub>	8.03	4.69	13.24
P <sub>3</sub> Z <sub>3</sub>	7.24	1.77	7.96

Cuadro 7. Contenido de zinc en tres suelos.

Tratamiento	Cariari			Guácimo			Buenos Aires		
	HCl	Olsen modif.	DTPA	HCl	Olsen Modif.	DTPA	HCl	Olsen Modif.	DTPA
	ppm			ppm			ppm		
P <sub>0</sub> Z <sub>0</sub>	6	8	8	8	5	7	2	5	6
P <sub>0</sub> Z <sub>1</sub>	19	11	11	26	7	12	6	7	17
P <sub>0</sub> Z <sub>2</sub>	28	13	20	24	8	13	17	7	28
P <sub>0</sub> Z <sub>3</sub>	49	19	31	50	13	10	39	11	66
P <sub>1</sub> Z <sub>0</sub>	8	8	15	13	5	10	4	5	4
P <sub>1</sub> Z <sub>1</sub>	17	10	20	16	8	9	10	6	17
P <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	23	13	32	34	10	20	21	7	28
P <sub>1</sub> Z <sub>3</sub>	40	18	55	52	12	35	25	16	56
P <sub>2</sub> Z <sub>0</sub>	9	10	9	8	7	9	8	4	21
P <sub>2</sub> Z <sub>1</sub>	12	10	17	20	9	19	11	7	17
P <sub>2</sub> Z <sub>2</sub>	16	13	14	38	11	26	20	7	45
P <sub>2</sub> Z <sub>3</sub>	51	23	55	62	16	43	31	16	62
P <sub>3</sub> Z <sub>0</sub>	5	8	8	12	5	9	2	7	12
P <sub>3</sub> Z <sub>1</sub>	12	10	13	17	7	16	7	7	17
P <sub>3</sub> Z <sub>2</sub>	24	15	37	27	9	22	12	9	39
P <sub>3</sub> Z <sub>3</sub>	52	18	37	63	13	36	66	11	74
Promedio	23	13	24	29	9	18	18	8	32

do a la adición de Zn. No se denota una reducción del Zn disponible en los suelos, a ningún nivel de aplicación de P; a pesar de que en el caso de las aplicaciones altas de este elemento (P<sub>2</sub> y P<sub>3</sub>), los niveles de P extraíble alcanzaron valores altos, como se observa en el Cuadro 3. Para el ultisol de Buenos Aires, el DTPA extrajo más Zn que los otros dos.

Los resultados más similares fueron obtenidos con HCl 0.1, cuyos promedios son 17, 5, 13 y 29 ppm. Este método fue también el que reflejó en forma más marcada los tratamientos y por lo tanto se estima como el más conveniente. Este coincide con lo observado por Saed y Fox para suelos ácidos en Hawaii (18). En general no se dio una buena correla-

ción entre el Zn detectado al final y la cantidad extraída por el tomate.

### Resumen

Se estudió el efecto por aplicación de altas dosis de P y de Zn y sus interacciones en tres suelos ácidos (pH 5.3-5.9) de Costa Rica. Se observó que por el carácter de los tres suelos como fuertes fijadores de P, los niveles disponibles de este elemento agregados de acuerdo a las curvas de retención, resultaron en aumentos menores en contenido soluble de lo esperado. La aplicación del nivel más bajo de P resultó en un buen crecimiento vegetal.

La aplicación de Zn a los suelos causó un aumento de su nivel como fracción soluble y en forma proporcional a las cantidades añadidas. Sin embargo, similar a lo sucedido con el P, los aumentos fueron menores de lo esperado. Así la aplicación de suficiente Zn, para establecer un nivel de 18  $\mu\text{g}/\text{ml}$  Zn (99-178  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ), resultó solamente en términos de 10 a 15  $\mu\text{g}/\text{ml}$  de la forma extraíble del elemento.

Las relaciones P/Zn en suelos reflejaron, en forma general, los tratamientos aplicados, con valores bajos (menores que 1.75) para los carentes en P y entre 1.97 y 16.05 para los potes con P.

### Literatura citada

- BINGHAM, F.T. y MARTIN, J.P. Effects of soil P on growth and minor element nutrition of citrus. Soil Science Society of America. Proceedings 20(3):382-385. 1956.
- BOAWN, L. C. Residual availability of fertilizer zinc. Soil Science Society of America Journal. 38(5):800-803. 1974.
- BROWN, A.L., KRANTZ, B.A. y EDDINGS, J.L. Zinc-phosphorus interactions as measured by plant response and soil analysis. Soil Science 110(6):415-420. 1970.
- BURLESON, L.C. The effect of phosphorus fertilization on zinc nutrition of several irrigated crops. Soil Science Society of America Proceedings 25(5):365-368. 1961.
- CHAVERRI, B.A. y BORNEMISZA, E. Interacción fósforo-zinc en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona de Pacayas. Agronomía Costarricense 1(2):83-92. 1977.
- DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 68 p.
- FORSYTHE, W. Manual de laboratorio de física de suelos. San José, Costa Rica, IICA, 1980. 212 p. (IICA. Libros y Materiales Educativos No. 25).
- FRIESEN, D.K., JUO, A.S.R. y MILLER, M.H. Liming and lime-phosphorus-zinc interactions in two Nigerian ultisols. I. Interactions in the soil. Soil Science Society of America Journal 44(6):1221-1226. 1980.
- GRISOLIA, F. y BORNEMISZA, E. Interacciones fósforo, zinc y manganeso en ocho suelos de Costa Rica. In Congreso Latinoamericano de Suelos, 5°, Medellín, Colombia, 1977 pp. 355-357.
- HARDY, F. y BAZAN, R. Análisis de textura: Método de Bouyoucos. Presentado en el curso de Productividad y Fertilidad de Suelos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 5 p.
- HUNTER, A. Soil analysis procedure using the modified  $\text{NaHCO}_3$  extracting solution. Raleigh, North Carolina State University International, Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, 1977. 6 p.
- LINDSAY, W.L. y NORWELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal 42(3):421-428. 1978.
- MARINHO, M.L. y IGUE, K. Factors affecting zinc absorption by corn from volcanic ash soils. Agronomy Journal 64(1):3-8. 1972.
- MARTENS, D.C. Plant availability of extractable boron, copper and zinc as related to soil properties. Soil Science 106(1):23-28. 1968.
- MASSOUMI, A. y CORNFIELD, A. A rapid method for determining sulfate in water extracts of soils. Analysis 88:321-322. 1963.
- NELSON, J.L., BOAWN, L.C. y VIETS, L.G. Jr. A method for assessing zinc status of soil using acid-extractable zinc and titratable alkalinity values. Soil Science 88:275-283. 1959.

17. PAULI, A.W., ELLIS, R. y MOSER, H.C. Zinc uptake and translocation as by phosphorus and calcium carbonate. *Agronomy Journal* 60(4):394-396. 1968.
18. SAED, M. y FOX, R.L. Relations between suspension pH and zinc solubility in acid and calcareous soils. *Soil Science* 124(4):199-204. 1977.
19. SAIZ DEL RIO, J.F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos; método de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 107 p.
20. THORNE, W., LAWS, W.D. y WALLACE, A. Zinc relationships in some Utah soils. *Soil Science* 54:463-468. 1942.

## Notas y comentarios

**Las hormigas, excelentes niñeras para los periquitos.**

Los periquitos, insectos membrácidos del orden de los homópteros, que chupan la savia de las plantas y que transfieren sus deberes maternos a las hormigas, pueden ser los primeros ejemplos de una nueva clase de interacciones mutualísticas en las que individuos no participantes se benefician indirectamente, según lo sostiene Catherine Bristow, del Imperial College, de Londres (*Science*, Vol. 220, p. 532).

Muchos insectos chupadores de las plantas (los áfidos son un ejemplo clásico) exudan una sustancia dulce, llamada en España melazo o melera (en inglés, "honeydew"), mientras se alimentan bien enchufados al floema de la planta hospedante. Este néctar es apetecido por las hormigas, que recogen la secreción y, al mismo tiempo, protegen a los chupadores de predadores tales como arañas y mariquitas (coccinélidos). Hasta hace poco se creía que solamente las ninfas cuidadas por las hormigas eran las que se beneficiaban de esta relación. Sin embargo, Bristow ha mostrado

ahora que las hembras de *Publilia reticulata*, que normalmente permanecen cerca de sus jóvenes ninfas protegiéndolas de predadores y parásitos, las dejan solas temprano, para producir una segunda lechigada, a veces en la misma planta, a veces en otra, si es que hay hormigas en la primera planta. La investigadora llegó a observar casos de madres que, al notar la presencia de las hormigas niñeras, no esperaban la eclosión de los huevos que había puesto, en su prisa por salir a buscar otras ocupaciones menos tediosas que la de cuidar a recién nacidos.

Bristow seleccionó plantas que tenían colonias de periquitos y excluyó a las hormigas de algunas plantas mediante una barrera pegajosa en la base del tallo. Anotó durante el verano las posiciones de hembras adultas marcadas, y encontró que las madres dejaban a sus crías, en promedio, 32.2 días después de la eclosión de los huevos, en las colonias que no tenían hormigas niñeras. En cambio, si las hormigas estaban presentes, el abandono se producía en un promedio de sólo 5.9 días. Además, mucho más madres procedentes de colonias cuidadas por hormigas se halló que habían formado una segunda colonia después de dejar la primera. No solamente las ninfas se benefician de su mutualismo con las hormigas, sino también los periquitos adultos, los cuales, al renunciar a sus deberes maternos, consiguen otra oportunidad de reproducirse... un efecto indirecto del mutualismo no observado hasta ahora. Adalberto Gorbitz.