

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS - U.N.E.R.



Revista Científica Agropecuaria

Número 8(2), Año 2004

ORO VERDE
ENTRE RÍOS
ARGENTINA

ISSN
0329-3602

Notas:

ALTERACIONES EN EL CICLO BIOGEOQUÍMICO DEL ZN EN ARGIUDOLES VÉRTICOS CON DISTINTO USO DEL SUELO*

Silvia RATTO, Juan ALVELO, Diego COSENTINO, Lidia GIUFFRE, Marta CONTI

Departamento de Recursos Naturales y Ambiente. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453. CP 1417. Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

Un sitio considerado prístino y dos agrosistemas se tomaron como base para el estudio de las variaciones del Zn en suelo, capaces de afectar su ciclo biogeoquímico. Sobre Argiudoles vérticos desarrollados en la provincia de Entre Ríos, se diagramó la toma de muestra de suelo. El sistema de referencia fue un suelo prístino que se comparó con un agrosistema con rotación soja-maíz con riego y otro con rotación maíz-soja en secano, para conocer el contenido de Zn total y Zn activo extraído con DTPA. La variación de estas medidas se utilizó para calcular un flujo relativo del elemento en los sistemas estudiados y establecer un índice relativo de estabilidad. Se midió carbono oxidable, nitrógeno total, pH, CIC, cationes de cambio, CE. El suelo prístino, comparado con los utilizados para cosechas sucesivas de soja y maíz, mostró una diferencia significativa en la fertilidad química para casi todas las variables edáficas que se redujeron en más del 50 %. El Zn total varió entre 40 y 37 mg kg⁻¹, el extraíble con DTPA pasó de casi 2 mg kg⁻¹ en un sistema prístino a 0,4 mg kg⁻¹ y 0,5 mg kg⁻¹ en sistemas agrícolas. El flujo relativo del Zn fue de 25 para el sistema prístino y de 71 y 95 para los sistemas agrícolas. Se considera que esta relación está indicando una diferencia importante en cuanto a la estabilidad del sistema. Estas diferencias confirman la hipótesis de alteración de ciclo y, sumadas al resto de las variaciones, son las responsables de la alteración de los ciclos biogeoquímicos, reguladores de la circulación de los elementos en la biosfera.

Palabras clave: *Zn total - Zn-DTPA - Argiudoles vérticos - Ciclo biogeoquímico - uso del suelo*

SUMMARY

Effect of soil management practices on Zn biogeochemical cycle in a Vertic Argiudoll

A place considered pristine and two agrosystems of similar soil genesis, were used to study soil Zn concentrations, capable to affect its biogeochemical cycle. Soil samples were taken on Vertic Argiudolls developed in the province of Entre Rios. The reference system was a pristine soil that was compared with an

*Original recibido (20/05/04)

Original aceptado (10/08/04)

irrigated agrosystem with soybean-corn rotation and another unirrigated agrosystem with corn-soybean rotation to compare the content of total Zn and active Zn extracted with DTPA. The variation of these measures was used to calculate a relative flow of the Zn in the studied systems and to establish a relative index of stability. Cox, Nt, pH, CIC, exchangeable cations and CEC were also measured. The pristine soil, compared with soils used for successive crops of soybean and corn, showed a significant difference in the chemical fertility for almost all the studied soil properties that decreased more than 50% with the use. Total Zn varied between 40 and 37 mg kg⁻¹, extractable with DTPA Zn decreased from almost 2 mg kg⁻¹ in a pristine system to 0.4 mg kg⁻¹ and 0.5 mg kg⁻¹ in agricultural systems. The relative flow of Zn calculated was 25 for the pristine system and 71 and 95 for the agricultural systems respectively. It is considered that this relationship is indicating an important difference as regards the system stability. The index of relative stability calculated with the quotient between the total quantity of Zn and the active fraction presented a value of 25 for the pristine soil, 95 for the soil dedicated to the soybean-corn rotation in irrigation land and 71 for the corn-soybean rotation in unirrigated land. These differences confirm the hypothesis of cycle alteration and added to the other variations found, they are responsible for the alteration of the biogeochemical cycles that regulates the circulation of the elements in the biosphere.

Key words: *total Zn - Vertic Argiudolls - Zn biogeochemistry cycle – soil management*

Introducción

Los ciclos biogeoquímicos de los elementos tienen algunos elementos en común. Están regulados por la dinámica del paisaje y el elemento circula a través de compartimientos que los integran, variando las formas y los equilibrios químicos. En el caso del Zn, se trata de un ciclo predominantemente terrestre, con pocas formas aéreas y acuáticas, debido principalmente a la estabilidad de algunos de sus compuestos. La cantidad total del elemento existente en cada compartimiento o "pool" del ciclo se puede obtener calculando, aunque con un margen de error importante, el producto de la masa del elemento en el pool por la concentración promedio del elemento en el mismo (Fergusson, 1990). En el sistema suelo, haciendo una simplificación del contenido de los pools, coexisten dos fracciones, una que interactúa con la biosfera, activa, y otra

que no lo hace, inactiva. El movimiento natural que se produce entre ambas es el flujo y para la mayoría de los sistemas naturales es un flujo sostenido. El hombre, cuando actúa sobre el sistema, altera esos ritmos (Bowen, 1975). Una aproximación para evaluar la sustentabilidad de diferentes sistemas de cultivo es el poder calcular las variaciones que se producen en los distintos "pools" que contribuyen a la disponibilidad de los elementos y por ende a la fertilidad del sistema. Este conocimiento puede ir dirigido a evaluar la disminución o caída de un elemento en un pool o la acumulación del mismo, dependiendo del sistema de explotación y tratamientos (Bengtsson *et al.*, 1999). El producir cambios en uno de los compartimientos implica modificaciones en el resto (Bowen, 1979). Cuando hay una disminución de la fracción activa por extracción de la planta se produce un flujo desde la fracción inactiva hacia la activa.

Cuando disminuye la fracción activa, parte de la fracción inactiva del Zn total pasa a solución para mantener el equilibrio. Si es absorbido rápidamente por la planta, el pool activo vuelve a quedar vacío y debe renovarse. La dinámica de este proceso es lo que va a determinar un flujo adecuado o insuficiente para el vegetal. Para los microelementos, aunque existen muy pocas aproximaciones, es necesario contar con algunos datos que permitan sentar las bases para conocer el flujo o al menos las relaciones existentes entre los diferentes compartimentos. Esto no es sencillo por la falta de conocimiento sobre las formas químicas existentes en cada instancia, constituyendo una ayuda los fraccionamientos, metodología utilizada en los últimos años para conocer las uniones posibles de los microelementos, con fracciones identificables químicamente (Shuman, 1985).

La relación entre ambas porciones, activa e inactiva, en un sistema, puede servir como índice comparativo para indicar si las variables de flujo están afectadas por factores de cambio como puede ser el cultivo o el manejo del suelo. En el presente caso se aplicó esta relación a suelos Argiudoles vérticos con distintos sistemas de explotación. Puede existir un aumento de las entradas al agrosistema por fertilización o salidas por extracción debidas a la cosecha. Si se considera que este flujo es continuo, se puede hacer una estimación del mismo. Para ello se debe trabajar con isótopos o marcadores radioactivos, lo que dificulta la operación. Un cálculo muy elemental podría ser la relación existente entre la cantidad total del elemento (activa + inactiva) y la porción extraíble con DTPA (activa, que extrae las fracciones más solubles, unida a compuestos orgánicos e inorgánicos lábiles, quelatos en solución, intercambiable, soluble) tratando de reproducir la fracción más rápidamente accesible para el vegetal. La construcción de un índice con estos

valores tiene la ventaja de que el conocimiento del Zn total es un valor que no cambia con la velocidad con que lo hace la fracción activa (representada aquí por la extraíble con DTPA) y puede orientar sobre tendencias. La alteración de flujo puede estar dentro de los márgenes de regulación del sistema o puede cambiar tanto que produzca alteraciones profundas en el ciclo, difíciles de revertir. Este flujo está siendo estudiado con mucho interés en los casos de aportes excesivos de algún elemento que, aunque componente natural del sistema, acabe siendo un contaminante (Davies, 1992).

En la provincia de Entre Ríos se han efectuado experiencias variadas de fertilización con Zn aunque muy pocas de ellas han sido documentadas o publicadas y la información proviene principalmente de revistas de difusión (Knowles, 1996) y de ensayos de fertilización realizados por empresas de venta de insumos.

Según Quinteros *et al.* (2000) se han detectado deficiencias de Zn en suelo, sosteniendo que la cantidad total de Zn en suelos vertisoles de Entre Ríos es baja debido a su génesis, y que la fracción extractable con DTPA está afectada por el uso del suelo. El análisis del ciclo del Zn resulta particularmente interesante para los Argiudoles vérticos de la provincia de Entre Ríos por los antecedentes que indican deficiencias del mismo (datos del Laboratorio de la Cátedra de Edafología de FAUBA) expresadas como valores bajos del elemento disponible antes que del total, y acompañado en algunas áreas con deficiencias de Fe y valores muy altos de Mn, apareciendo en muchos casos el Fe como uno de los principales elementos deficitarios (datos no publicados). Esto implicaría que existen factores ambientales y especialmente edáficos que disminuyen la capacidad del sistema de liberar al nutriente. Los resultados preliminares obtenidos con análisis foliar y de suelo apoyan la teoría de

la importancia de la correcta provisión de Zn y Fe (Ras, 1994).

Por lo expuesto anteriormente, se plantearon dos objetivos, en primer lugar el de conocer el contenido total y extraíble de Zn por metodologías que se detallan y se orientan a estudios agronómicos, por considerar como variable el grado de uso del suelo. En segundo lugar, definiendo la fracción activa y la inactiva de Zn, se buscó una relación matemática que permitiera inferir o estimar cambios en el flujo relativo del elemento o en la estabilidad del ciclo biogeoquímico del mismo.

Materiales y métodos

La toma de muestra de suelos se efectuó en el Departamento de Concordia, cuya ubicación es 31° 28' S, 58° 16' W. En la zona de toma de muestra la provincia posee un régimen hídrico isohigro. Las actividades predominantes son agrícola-ganaderas. Los suelos fueron clasificados de acuerdo con la Taxonomía de Suelos como Argiudol vértico. Los tratamientos fueron las tres condiciones de uso de los suelos, partiendo de la premisa de un origen genético común.

Tratamientos

- 1-pastura natural de muchos años, permitiendo considerar al sitio como prístino
- 2- monocultivo de maíz con riego (6 años)
- 3- cultivo de soja alternado con maíz (8 años)

Los tratamientos serán llamados de ahora en adelante sistema 1, 2 y 3. El sistema de labranza fue convencional en todos los lotes y los rastrojos fueron pastoreados. En cada situación se obtuvieron 3 muestras compuestas, con barreno a una profundidad de 0-20 cm. Se evaluaron propiedades físicas y químicas en cada uno de las situaciones utilizando las distintas muestras de sitio como repeticiones.

Se efectuaron las siguientes determinaciones:

- caracterización de las muestras de suelo utilizadas tales como pH (1:2.5 suelo-agua) y Carbono oxidable (Walkey-Black), nitrógeno total (Kjeldhal), fósforo extraíble (Kurtz-Bray colorimetría con molibdato) cationes de cambio

(NH₄OAc 1N, pH7) de acuerdo con las metodologías de Page *et al.*, 1982.

- Zn: se efectuó la extracción por el método DTPA 0,005 M, TEA 0,1 M y CaCl₂ 0,01 M con pH 7,3 (Lindsay y Norvell, 1978), y las lecturas se realizaron por lectura en espectrofotómetro de absorción atómica con curva estándar y blanco de la solución extractante. El aparato es un METROLAB R:C: 25 AA. El contenido de Zn total se determinó por digestión con agua regia y lectura en ICP.

Se efectuaron análisis de varianza entre los datos obtenidos en cada situación y, en caso de haber diferencia de medias, se utilizó el test de Tuckey para evaluar su significancia.

Resultados

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de las variables edáficas utilizadas para caracterizar los sitios de toma de muestra. El valor de carbono orgánico y el de potasio de cambio sufrieron una disminución sensible con el uso del suelo. El N acompaña la tendencia y el P extraíble es mucho mayor en el sistema 1. Para el caso del Ca de cambio y la CIC, la diferencia es poco evidente. Desde el punto de vista estrictamente químico se está trabajando con poblaciones que aunque han tenido un origen común, han ido cambiando con el uso. En la Fig. 1 se presenta el valor medio de los datos de contenido total de Zn obtenidos en los tres sistemas. La Fig. 2 muestra los valores medios de Zn correspondientes a la extracción con DTPA, aquí considerada fracción activa.

Discusión

Comportamiento de otras propiedades químicas y biológicas en relación al Zn-DTPA

El contenido de carbono oxidable medido en los tres sistemas estudiados fue máximo para la pastura natural y disminuyó en los sistemas cultivados (Cuadro 1).

La caída promedio del carbono fue de 53 % para el caso del maíz con riego y del 62 % para maíz-soja. Estas caídas son muy

importantes si se comparan con las encontradas por otros investigadores en suelos de la pradera pampeana, sobre Argiudoles típicos sometidos a intenso uso agrícola (Michelena *et al.* 1989, Urricarriet y Lavado, 1999) que están entre el 23 y 47 %. Estas diferencias podrían atribuirse a una mayor resiliencia de los Argiudoles típicos en relación a los Argiudoles vérticos. La caída del N total fue semejante a la del C, de 51 % y 63 % respectivamente. En el caso del P, la caída en los valores se estimó en 86 % y 78 % respectivamente, siendo estos valores semejantes a los encontrados por Michelena *et al.* (1989), y Urricarriet y Lavado (1999). El Zn y el P disminuyen en

forma más marcada que el carbono oxidable indicando que, ante el aumento de la demanda, la cesión de nutrientes proviene de la degradación de compuestos orgánicos y solubilización de inorgánicos. El riesgo para la salud de los agrosistemas, reside en que el déficit de materia orgánica, que se hace visible a partir de la pérdida de estructura, se produce cuando el sistema se ha deteriorado notablemente, tal vez de manera irreversible, a través de la alteración de los ciclos de algunos de los nutrientes esenciales y el simple agregado de los mismos puede no ser suficiente para reestablecer equilibrios funcionales (Doran *et al.*, 1994).

Cuadro 1. Variables edáficas promedio para cada una de las situaciones estudiadas

| Tratamiento | pH | CE H ₂ O | Co dSm ⁻¹ | Nt % | P mg kg ⁻¹ | CIC cmol _c kg ⁻¹ | Ca cmol _c kg ⁻¹ | Mg cmol _c kg ⁻¹ | Na cmol _c kg ⁻¹ | K cmol _c kg ⁻¹ |
|--------------------------|-----|------------------------|-------------------------|---------|--------------------------|---|--|--|--|---|
| 1 suelo prístino | 5,3 | 1,07 | 6,8* | 0,59* | 99,7* | 33,3 | 20,1 | 4,1 | 0,2 | 2,4* |
| 2 soja maíz con riego | 5,9 | 0,8 | 3,2* | 0,29* | 14,3* | 42,6 | 27,5 | 3,5 | 0,3 | 0,7* |
| 3 maíz soja | 5,8 | 0,6 | 2,6* | 0,22* | 21,3* | 27,1 | 18 | 3,7 | 0,4 | 0,3* |

*P<=0,001

En la Figura 1 se presentan los datos de contenido total de Zn en los tres sistemas. En el caso estudiado, el suelo virgen tiene un valor de Zn total que oscila en 42 mg kg⁻¹, el cual está dentro de los valores medios de la

corteza terrestre (Kabata Pendías y Pendías, 1985). El contenido total de Zn es menor al de los vertisoles de la India (32-179 mg kg⁻¹, Gupta, 1995).

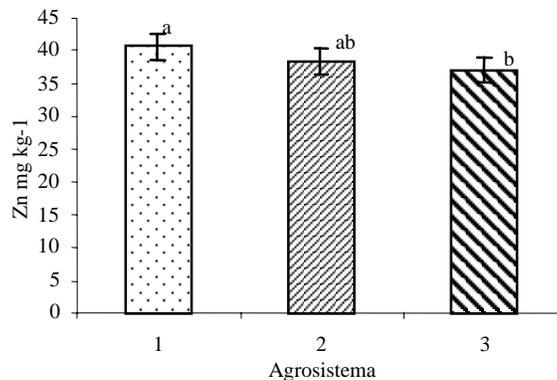


Figura 1. Valores medios de Zn total en suelo. Letras distintas indican diferencias significativas p<=0.05

A pesar de haber escasas pero significativas diferencias entre los tres sistemas productivos, se observa una tendencia al descenso en el contenido total de Zn en los sistemas cultivados: valores medios de $38,3 \text{ mg kg}^{-1}$ y $35,71 \text{ mg kg}^{-1}$ respectivamente para soja- maíz con riego y maíz-soja. La cuantificación de la fracción más activa de Zn, extraída con DTPA, está representada en la Fig. 2.

El conocimiento de los ciclos biogeoquímicos es fundamental para

alimentar modelos de funcionamiento del agroecosistema. Una de las variables que más interesa es la tasa de flujo, entendiendo como tal a la cantidad de sustancia transferida por unidad de tiempo y de volumen en el sistema. Sin embargo, no toda la sustancia está en movimiento. Algunos elementos, particularmente los llamados microelementos, tienen un largo tiempo de residencia entendiendo por tal el cociente entre la masa del elemento en el "pool" y la tasa de entrada o salida del "pool".

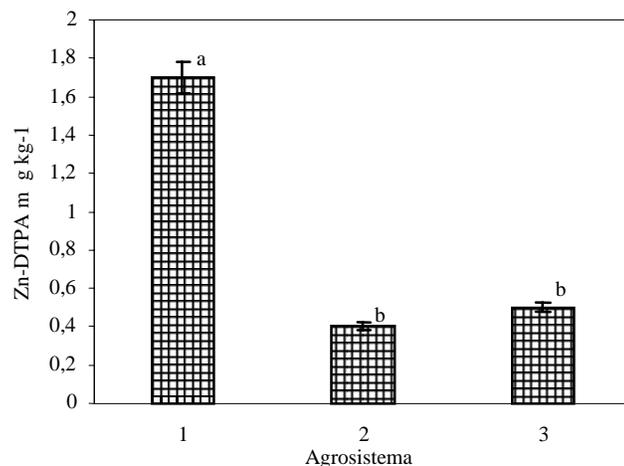


Figura 2. Zn DTPA (mg kg^{-1}). Letras distintas indican diferencias significativas $p < 0.001$

Se calculó el porcentaje que representa la aquí llamada fracción activa, extraída con DTPA, en relación al total, y se consideró como estimación del flujo relativo del Zn en el sistema. El cálculo indicó un valor de 3,99 % para el tratamiento 1; de 1,04 % para el tratamiento 2 y de 1,4 % para el tratamiento 3 (Fig. 3). En general, en suelos cultivados se habla de un 1 % del Zn total (Gupta, 1995). Existen antecedentes de esta disminución del Zn activo cuando se ponen en producción los suelos. Luego de 15 años de cultivo, el nivel inicial de Zn cayó de $2,54 \text{ mg kg}^{-1}$ a $0,84 \text{ mg kg}^{-1}$ con cultivos de trigo y arroz (Nambiar y Ambrol, 1989). En un sistema de rotación maíz trigo a lo largo de 6 años, el Zn bajó de $0,62 \text{ mg kg}^{-1}$ a $0,51 \text{ mg kg}^{-1}$ (Gupta, 1995), calculando que en

promedio, en un sistema de cultivo de altos rendimientos cada cosecha quita al suelo unos $0,12 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn activo.

Esta alteración puede incidir en la sustentabilidad del ecosistema porque va cambiando la constitución mineral del suelo y se alteran las tasas de reposición del sistema natural. El Zn determinado con DTPA mostró una notable variación entre la situación inicial, de pastura natural y las dos situaciones de cultivo con disminuciones del 77 % para el maíz con riego y del 71 % para la rotación maíz-soja. Considerando que el Zn-DTPA extrae las formas solubles y las que presentan uniones de menor intensidad, se evidencia una disminución de todas las formas lábiles, intercambiables, asociadas con la materia orgánica o de complejos o

quelatos lábiles. Estos resultados coinciden con el trabajo efectuado por Maddoni *et al*, 1999 en Pradera pampeana en donde el uso del suelo se relaciona con la cantidad de Zn-DTPA.

En la Fig. 3 se observa que la estimación de circulación del Zn entre los distintos compartimientos es diferente y en este caso se lo atribuye al uso de la tierra debido a los distintos requerimientos de los cultivos y a la demanda específica producida. Cada vez que en un sistema natural se produce una alteración de los flujos, el sistema disminuye su estabilidad por el aumento de la entropía que genera y

porque normalmente estos flujos tienen su origen y han arribado a un cierto equilibrio en transformaciones producidas en tiempos geológicos (Kabata-Pendías y Pendías, 1985).

Para calcular un índice que oriente sobre la estabilidad del agrosistema, se calculó el cociente entre la fracción disponible y la total (Fig. 4) y se observa diferencia significativa entre el sistema prístino y los cultivados. Estos índices deben ser construidos con los valores promedio obtenidos en cada serie de suelos y son de valor relativo para el sitio.

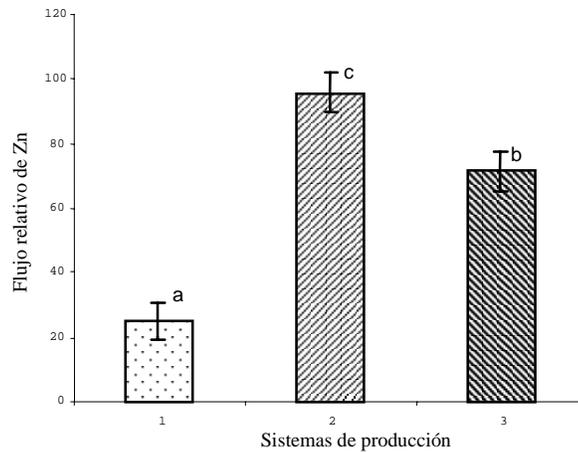


Figura 3. Flujo relativo de Zn calculado como relación entre total/extraíble x100

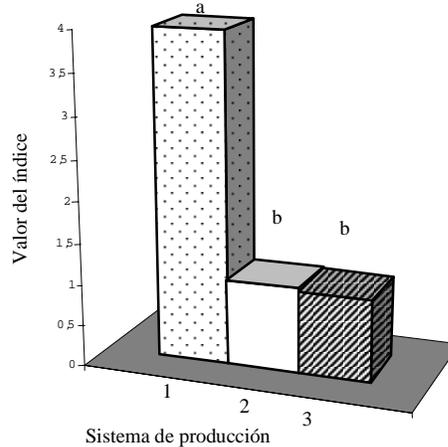


Figura 4. Índice relativo de equilibrio del sistema

Aún admitiendo, porque es característico de los sistemas naturales, las variaciones en la micro, meso y macroescala, queda claro que el funcionamiento del ciclo varía en cada una de las situaciones analizadas. Los residuos que se acumulan en superficie, pueden ejercer un efecto importante sobre la distribución de los nutrientes y por ende sobre el ciclo de cada uno de ellos (Schomberg *et al.*, 1994).

Conclusiones

El valor de Zn total en los Argiudoles vérticos estudiados está dentro de los valores considerados promedio para la corteza terrestre.

La fracción considerada activa, extraída con DTPA, varía considerablemente, disminuyendo a medida que se intensifica el uso del suelo. Otras variables edáficas indicadoras de fertilidad sufren una caída semejante provocando un deterioro de las condiciones propicias para el desarrollo de los cultivos.

El cálculo de algunas relaciones entre la fracción activa y la total de Zn permiten tener una estimación local del flujo del elemento y del índice de estabilidad calculado a partir de la disminución de este elemento

Referencias bibliográficas

BENGTSSON, H.; ÖBORN, I.; ANDERSSON, A.; NILSSON, I.; STEINNECK, S.; GUSTAFSON, G.; JONSSON, S. (1999). Cadmium and Zinc Fluxes and balances in organic and Conventional Dairy Farming- Preliminary results. (p 426-427) In: *Proc 5th Intern. Conf. On The Biogeochem Of Trace Elements*. Ed. Wenzel W. W., Adriano D. C., Alloway B.; Doner H.E.; Keller C.; Lepp N. W.; Mench M.; Naidu R.; Pierzynsky G. M. (1995). Citado en "Heavy metals". Ed. Springer Verlag. Vol. II. 1191 p. Viena, Austria.

BOWEN, H. J. M. (1975). Residence time of heavy metals in the Environment. In: *Int.*

Conf. Heavy Metals in the Environment, Toronto, Canadá 1:1-19.

BOWEN, H. J. M. (1979). Environmental Chemistry of the Elements. *Academic Press*. 333 p.

DAVIES, B. E. (1992). Trace Metals in the Environment: Retrospect and Prospect. (p. 1-17). In: *Biogeochemistry of Trace Metals*. Ed. D.C.Adriano. Lewis Publishers. Boca Ratón.

DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (1994). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. *Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ. N°35*. Madison. WI.

FERGUSON, J. E. (1990). The heavy elements chemistry, Environmental Impact and Health effects. Chapter 5 (p. 143-163). In: *Biogeochemical Cycles*. Pergamon Press. New York.

GUPTA, V. K. (1995). Zinc research and agricultural production. (p. 132-164) In: *Micronutrient Research and Agricultural Production*. 164 pag. Ed. H L S Tandon. New Delhi.

KABATA-PENDÍAS, A.; PENDÍAS, H. (1985). The Biosphere, The anthroposphere. (p. 1-13) In: *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press.US. pag. p.315.

KNOWLES, R. (1996). Micronutrientes en el cultivo de Arroz. Suplemento arrocero, *Rev. Agromercado*. p. 86-87.

LINDSAY, W. L.; NORVELL, W. A. (1978). Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am .J.* 42: 421-428.

MICHELENA, C.; IRURTIA, C. B.; MON, F. A.; PITTALUGA, A. (1989). Degradación de suelos del Norte de la región Pampeana. Publicación Técnica 6. INTA. Centros regionales Buenos Aires Norte, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe. Proyecto Agricultura Conservacionista.

MADDONNI, G.; URRICARRIET, S.; GHERSA, C. M.; LAVADO, R. (1999). Assessing soil quality in the rolling Pampa, using soil properties and maize characteristics. *Agron. J.* 91:280-287.

NAMBIAR, K. K. M; IBROL, I. P. (1989). Long-term fertiliser experiments in India. An overview. *Fert. News*, 34 (4): 11-20.

- QUINTEROS, C.; RISO, L.; GONZÁLEZ, A.; IZAGUIRRE, M. (2000). Estado de fertilidad de los suelos de Entre Ríos. Principales limitaciones. *Rev. Fac. de Agronomía*. UBA. 20 (1):15-19.
- PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (1982). Method of Soil Analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd. Edition. *Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wis. USA*.
- RAS, C. (1994). Niveles de fósforo en suelo y planta de soja de cultivo y su interacción con otras variables que afectan el rendimiento en el área de influencia de la Estación Experimental del INTA de Oliveros. *Tesis de Grado*. Facultad de Agronomía. UBA p.59.
- SCHOMBERG, H. FORD, P.; HARGROVE, W. (1994). Influence of Crop Residues on Nutrient Cycling and Soil Chemical Properties. (p. 100-116) In: *Managing Agricultural Residues*. Ed. P. W. Unger. Lewis Publishers, USA.
- SHUMAN, L. M. (1985). Fractionation method for soil microelements. *Soil Sci.* 140:11-22
- URRICARRIET, S.; LAVADO, R. S. (1999). Indicadores de deterioro en suelos de la Pampa Ondulada. *Ciencia del Suelo* 17(1): 37-43.