

Contaminantes en fertilizantes comerciales brasileños del tipo “fritas”.

**A. R. Trevizam^{1,4}, C. H. Abreu J¹., M. J. A. Armelin², F. C. A. Villanueva^{1,3},
M. Saiki²**

¹Centro de Energia Nuclear na Agricultura, (CENA/USP) Avenida Centenário 303, CP96, 13400-970 SP, Brasil. Fone (55)19 3429 4721 Fax (55)19-3429-4600
mail: trevizam@cena.usp.br

²Laboratório de Análise por Ativação, IPEN/CNEN-SP, P.O.Box 11049, CEP 05422-970.

São Paulo/SP, Brasil

³Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, (INIFAT/MINAG), Cuba

⁴Bolsista CNPq

INTRODUCCIÓN

El continuo crecimiento de la población mundial y la necesidad, también creciente, de producción de alimentos son hechos obvios (Abreu Jr. & Boaretto, 2003; Berton, 1992; Malavolta, 1994; Lægreid et al., 1999; Vale, 2001); sin embargo, estos hechos no siempre son llevados en consideración como uno de los factores primarios para el desarrollo económico de una nación. Acciones encaminadas a la producción de alimentos, de modo sustentable, la preservación del medio ambiente, del agua y del suelo, definirán las futuras potencias económicas.

Conforme abordado por Abreu Jr. & Boaretto (2003); Lægreid et al. (1999) y Vale (2001), en 2025 la población del planeta será aproximadamente 50 % mayor de la actual y Brasil es uno de los pocos países con áreas aptas para la agricultura y con posibilidades de incrementar la productividad, representando una importante estrategia agrícola.

El uso racional de fertilizantes, en la corrección de la fertilidad de los suelos, contribuye para el incremento de la productividad agrícola y permite que menos áreas sean desforestadas, preservando los recursos naturales (Abreu Jr. & Boaretto, 2003; Malavolta, 1994; Lægreid et al., 1999).

El mayor desafío para la agricultura brasileña será producir alimentos sanos, para una población creciente, con sistemas agrícolas sustentables manteniendo los

estoques y calidad de la materia orgánica del suelo, elevada eficiencia agronómica de los nutrientes aplicados y mínimo impacto ambiental. Alcanzar tales metas, también contribuirá significativamente en las discusiones para la inserción de los productos agrícolas brasileños en el exigente y subsidiado mercado internacional.

En tiempos actuales, donde los productos agrícolas deben ser competitivos, se hace necesario un mayor conocimiento y control de las características cuali-cuantitativas de los insumos usados en la agricultura, evitando excesos o deficiencias y acumulo de impurezas (Primavesi, 2000). De acuerdo con Adriano (1986) y Alloway (1995), las fuentes antropogénicas de metales pesados en el suelo son: restos de la actividad minera, materiales agrícolas, lodo albañal, quema de combustible fósil, industrias metalúrgicas, electrónicas, manufacturados, industrias químicas, depósitos de residuos, deportes de caza e pesca y entrenamiento militar. Entretanto, los metales contenidos en los suelos pueden ser oriundos de la roca que le dio origen. (Adriano, 1986).

La contaminación del suelo por metales, provenientes de la aplicación de fertilizantes, viene preocupando investigadores de diversos países (McLaughlin et al., 1996; Raven, 1997; Watanabe, 1984). En Brasil los trabajos de esta naturaleza son recientes y en numero creciente como resultado de una mayor concientización de la preservación del medio ambiente (Amaral Sobrinho, 1992; Langenbach & Serpa, 1985; Oliveira Junior, 2001). Las fuentes de contaminación comúnmente estudiadas, en la actividad agrícola, son los fertilizantes fosfatados, herbicidas, acaricidas y actualmente los biosólidos; sin embargo, fuentes de micronutrientes no son comúnmente analizadas con relación a los tenores de metales.

Alcarde & Vale (1999), al analizar micronutrientes contenidos en fertilizantes, verificaran que las “fritas” comercializadas en Brasil, no son realmente “fritas” o sea, los micronutrientes no están fundidos con silicatos, que es una característica del producto, sino que están constituidos apenas por una mezcla de micronutrientes. Esos autores confirmaron también que los fertilizantes con micronutrientes contenían elevados tenores totales de metales, de los cuales algunos eran micronutrientes y otros, metales tóxicos, no especificados por los fabricantes en la etiqueta del producto, lo que podría

indicar que han sido utilizados residuos industriáís como fuente de micronutrientes metálicos en la producción de esos fertilizantes.

Primavesi et al. (2000) analizando la “frita” FTE BR 12 a través de la técnica de análisis por activación neutrónica instrumental, confirmaron la presencia de Co, Cr, Br, Th, Sm, Sc, W, Sb, La y Se.

Según Raij (2001), algunas industrias usan subproductos en la fabricación de fertilizantes como micronutrientes, por causa de su costo mas bajo. A pesar de las dosis de aplicación de micronutrientes ser bajas, la absorción de metales originarios de fertilizantes conteniendo micronutrientes por las plantas es mínima; no obstante, no se tienen conocimientos de los efectos sobre el suelo y la planta de las aplicaciones de fuentes de micronutrientes acumuladas a lo largo del tiempo.

La legislación brasileña de fertilizantes define los productos que son considerados fuentes de micronutrientes y sus respectivas garantías mínimas, a través de los tenores totales de los nutrientes (Brasil, 1983) sin especificar nada respecto a los tenores solubles ni de la presencia de metales tóxicos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los fertilizantes comerciales conteniendo micronutrientes, del tipo “fritas”, con relación a:

- a) los tenores de micronutrientes garantizados en el embalaje de los fertilizantes; y
- b) de elementos contaminantes como Arsénico (As), Bromo (Br), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cesio (Cs), Europio (Eu), Lantano (La), Rubidio (Rb), Antimonio (Sb), Escandio (Sc), Sumario (Sm), Tantalio (Ta), Torio (Th), Titanio (Ti), Uranio (U), Vanadio (V), Iterbio (Yb) y Tungsteno (W) a través de la técnica de análisis por activación neutrónica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en los Laboratorios de Nutrición Mineral de Plantas, del Centro de Energía Nuclear en la Agricultura (USP/CENA), Piracicaba – SP y del Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica, del Instituto de Investigaciones Energéticas y Nucleares, São Paulo – SP, Brasil.

Fueron utilizadas 15 muestras de fertilizantes comerciales del tipo “fritas”, para la caracterización de los tenores totales de micronutrientes y metales tóxicos. Las garantías de esos fertilizantes se muestran en la tabla 1.

Las muestras fueron colectadas segundo metodología descrita en Brasil (1982) y sometidas a homogenización mediante cuarteamiento de la muestra en un equipo cuarteador tipo “Jones”, hasta obtener aproximadamente 100 gramos de cada una. Posteriormente las muestras fueron molidas manualmente, en mortero de ágata hasta alcanzar la granulometría de 60 *mesh*, aproximadamente. Alícuotas que variaron de 40 a 200 mg, dependiendo del fertilizante, fueron pesadas dentro de bolsas pequeñas de polietileno, previamente limpias, para realizar la irradiación.

Paralelamente, se usaron alícuotas del orden de 300 mg para determinar el contenido de humedad de cada fertilizante con el objetivo de reportar los resultados en base seca.

Preparación de muestras Patrones

Soluciones certificadas de As, Br, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, Eu, Fe, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Rb, Sb, Sc, Sm, Ta, Th, Ti, U, V, Yb, W e Zn (Spex Certiprep) fueron usadas para preparar los patrones de referencia. De cada solución fue tomada una alícuota de 50 -100 μL y colocada sobre una pequeña tira de papel de filtro tipo Whatman N° 41, secada bajo lámpara de rayos infrarrojos o a temperatura ambiente, según la volatilidad del elemento. Después de seco, cada tira de filtro fue colocada dentro de un sobre de polietileno, previamente limpio. Los patrones así preparados contenían las siguientes masas: As (25 μg), Br (24.5 μg), Ca (991 μg), Cd (24.6 μg), Cl (246 μg), Co (2.49 μg), Cr (2.5 μg), Cs (24.7 μg), Cu (14.9 μg), Eu (2.4 μg), Fe (245 μg), K (988 μg), La (2.5 μg), Mg (495 μg), Mn (4.4 μg), Mo (24.5 μg), Na (27.3 μg), Rb (24.4 μg), Sb (2.5 μg), Sc(2.5 μg), Sm (2.5 μg), Ta (24.8 μg), Th (5.0 μg), Ti (245 μg), U (2.5 μg), V (2.5 μg), Yb (2.5 μg), W (2.5 μg) e Zn (24.5 μg). La calidad de estos patrones fue confirmada por medio de determinación de los elementos, usando el método de análisis por activación, en varios materiales de referencia.

Irradiación y Medida de la Radiación Gamma

Dos tipos de irradiación fueron realizadas en el reactor nuclear de investigación IEA-R1. En un caso, muestra y patrones (Cl, Cu, K, Mg, Mn, Na, Ti y V) fueron irradiados juntos dentro de un recipiente de nylon por períodos de tiempo que variaron de 0.5 a 2 minutos, dependiendo del tipo de fertilizante, con flujo de neutrones térmicos de la orden de $2 \times 10^{11} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Después de 2 minutos de decaimiento, la muestra fue medida por 3 minutos para la detección de los radionúclidos: ^{38}Cl (1642 keV), ^{66}Cu (1039 keV), ^{27}Mg (1014 KeV), ^{51}Ti (320 keV), ^{52}V (1434 keV) y enseguida fueron medidos los patrones de esos elementos por 3 minutos. El ^{42}K (1525 keV), ^{56}Mn (846 keV) y ^{24}Na (1368 keV) fueron medidos en la muestra después de un tiempo de decaimiento mínimo de 90 minutos. En otro caso, grupos contiendo cinco muestras de fertilizantes, una muestra de material de referencia (Soil - 7 da AIEA) y patrones fueron irradiados juntos en recipiente de aluminio por 8 horas, con flujo de neutrones térmicos de la orden de $2 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Después de 3 días de decaimiento fueron medidos los siguientes radionúclidos en las muestras y material de referencia: ^{76}As (559 keV), ^{82}Br (776 keV), ^{115}Cd (527 keV), ^{64}Cu (1345 keV), ^{140}La (1596 keV), ^{99}Mo (140 keV), ^{122}Sb (563 keV), ^{153}Sm (103 keV), ^{239}Np (277 keV), ^{175}Yb (396 keV) y ^{187}W (686 keV), mientras que ^{47}Ca (1297 keV), ^{60}Co (1332 keV), ^{51}Cr (320 keV), ^{134}Cs (604 keV), ^{152}Eu (1408 keV), ^{86}Rb (1076 keV), ^{46}Sc (889 keV), ^{182}Ta (1221 keV), ^{233}Pa (312 keV) y ^{65}Zn (1115 keV) fueron medidos después de como mínimo diez días de decaimiento.

El equipamiento usado para la medida de la radiación gamma fue un Canberra modelo GX2020 acoplado a un detector de Ge hiperpuro con un procesador de señal y sistema MCA 100. E detector usado tenía resolución (FWHM) de 0.9 keV para el fotopico de radiación gamma de 122 keV del ^{57}Co y, 1.9 keV para el fotopico de 1332 keV del ^{60}Co . El análisis del espectro fue realizado usando un microcomputador, a través del programa VERSÃO2 en lenguaje Turbo Basic.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Sobre los micronutrientes y las garantías

El valor exigido por el Ministerio de la Agricultura Brasileño, para fertilizantes conteniendo micronutrientes del tipo “fritas” (Brasil, 1983), para el Cu es de un tenor de por lo mínimo 1%. Entre las “fritas” analizadas (Tabla 2), la Agramix STI presentó tenor de Cu 25% menor que el reportado por el fabricante y del exigido por la norma del ministerio. Agramix car/can y FTE Br 12 son comercializados con valores menores de 1%, pero el análisis realizado demostró que contienen tenores de Cu para satisfacer la legislación. Las “fritas” ProduSolo Mib 129 y Zincoman, que no reportan los contenidos de Cu en el embalaje, presentaron cantidades apreciables de Cu (1.37 y 5.30% respectivamente).

Para el Fe la garantía mínima exigida por ley es de 2% y todas las “fritas” analizadas quedaron dentro de esta exigencia. BYM Mitsui 15, Agramix STI y FTE Br 12 contenían 16.6; 3.1 y 5.5 respectivamente más Fe que el reportado en el embalaje (Tabla 2). Las “fritas” Zinogran 20, A.C.O. Reduzido, FTE New, Agramix car/can, ProduSolo Mib 129, Zincoman, FMA BR 138 y FTE Cerrado S tuvieron la exigencia mínima del tenor de Fe apropiado (3.6 a 21.9%); sin embargo, no tenían el valor del contenido del elemento en el rótulo del embalaje.

El tenor mínimo de Mn en fritas exigido por ley debe ser de 2% y todas las “fritas” analizadas estuvieron en conformidad con esta exigencia al presentar valores superiores a este. No obstante los análisis demostraron que en las “fritas” Agramix STI y FTE Centro Oeste los tenores de ese elemento fueron 48 y 37% respectivamente menores que el reportado por el fabricante, mientras que Agramix car/can y FTE Br 12 presentaron cerca de 90 y 92% respectivamente mayor el tenor de Mn que el reportado en el rótulo del embalaje (Tabla 2).

El tenor de Mo mínimo exigido por ley es de 0,1%. Todos los valores determinados estuvieron de acuerdo con esta exigencia, excepto en el FTE Br 12, que debía contener 0,10% según lo expresado en el rótulo del embalaje y sin embargo no fue constatada la presencia de Mo a través del método de análisis utilizado. Fue verificada la presencia de Mo en las “fritas” ProduSolo Mib 129, Zincoman y FMA BR 138 que no tenían este elemento reportado en su embalaje. El FTE Cerrado S demostró

4 veces más Mo que el reportado por el fabricante (Tabla 2); y el FTE BR 8 presentó aproximadamente la mitad del Mo informado en su rótulo.

Por la legislación brasileña, el tenor mínimo exigido para Zn es de 3%, y fue verificado también que todas las “fritas” estaban de acuerdo con esta exigencia (Tabla 2). Las “fritas” Zincogran 20 y Agramix STI presentaron tenores de Zn 42 y 25% respectivamente menores en relación al informado por el fabricante (Tabla 2). Las “fritas” Prodosolo Mib 129, Zincoman, FTE Cerrado S y FTE BR 8 presentaron tenores de Zn en 22.5; 41.4; 25.4 y 88.5% respectivamente mayores en relación a los reportados en la etiqueta.

Entre las “fritas” analizadas, las que presentaron mayores errores en los contenidos de nutrientes reportados por el fabricante y con relación a las exigencias del Ministerio de la Agricultura fueron, Zincogran 20, Agramix STI y FTE Centro Oeste.

El Ministerio de la Agricultura Brasileña debería intensificar la fiscalización de los fertilizantes del tipo “fritas” para que las garantías rotuladas por los fabricantes estén en conformidad con la ley, de tal forma que el agricultor no esté adquiriendo “fritas” con tenores de nutrientes inferior del deseado, y elementos tóxico, que pueden comprometer la calidad del suelo y de su producción agrícola.

b) Contaminantes en las “fritas”

Los valores de As encontrados en las “fritas” estaban en el rango de 3.8 a 337 mg kg⁻¹ (Tabla 3) estando dentro de los encontrados en diferentes fertilizantes por Alloway (1995). Las “fritas” estudiadas, Agramix STI, Agramix car/can, Prodosolo Mib, BYM Mitsui 05 presentaron valores mayores a los que fueron encontrados en la “frita” FTE BR 12, 42 mg kg⁻¹ analizada por Primavesi et al. (2000) a través de la AANI.

El Br es un elemento poco encontrado en fertilizantes. Raven & Loeppert (1997) analizando fertilizantes conteniendo macronutrientes constataron la presencia de Br en algunos fertilizantes, como por ejemplo cloruro de potasio lo cual presentó tenor de 506 mg kg⁻¹, cantidad superior al encontrado en la Tabla 3. En comparación con el trabajo de Primavesi et al. (2000), quienes reportaron haber encontrado en la “frita” FTE BR 12 un tenor de 44 mg kg⁻¹ de Br, las “fritas” Zincogran 20, BYM Mitsui 15, Agramix car/can y FTE Br 12, analizadas en este trabajo, presentaron valores 2 o 4 veces mayores

(Tabla 3). No siendo comprobada la presencia de Br en las “fritas” FTE Cerrado S y FTE BR 8.

Según Alloway (1995), los valores de Cd pueden ser encontrados de 0.1 a 170 mg kg⁻¹ en fertilizantes, pero valores superiores a estos fueron encontrados en las “fritas” Zincogran 20, BYM Mitsui 15 y A.C.O. Reducido (Tabla 3). En 7 de las “fritas” no fueron constatados tenores de Cd. Los valores de W encontrados en las “fritas” estaban en el rango de 2 a 1600 mg kg⁻¹ (Tabla 3) siendo estos similares a los encontrados en diferentes fertilizantes por Alloway (1995). Entre las “fritas” analizadas, Zincogran 20, Zincoman, FMA BR 138, FTE Cerrado S y FTE BR 8 presentaron tenores superiores al valor de 22 mg kg⁻¹ de Cd encontrado por Primavesi et al. (2000) en la “frita” FTE BR 12.

El Cl es un elemento esencial para las plantas, pero al mismo tiempo puede traer aspectos negativos dependiendo de la cultura y del manejo del suelo. Las “fritas” Zincogran 20, Bym Mitsui 15, Agramix STI, Agramix car/can, FTE Br 12, BYM Mitsui 05 y FTE Centro Oeste (Tabla 3) presentaron tenores de Cl en el rango de 1.37 a 27.9 g kg⁻¹, valores no presentados en la etiqueta de las “fritas”, que pueden traer perjuicios para algunas culturas, como por ejemplo, tabaco y uva. Mientras que en 8 de las “fritas” no fue encontrada la presencia de Cl.

El Cobalto, según Alloway (1995), puede ser encontrado en los fertilizantes de 1 a 12 mg kg⁻¹, mientras que en todas las “fritas” analizadas (Tabla 3) presentaron tenores superiores de Co en relación a esos valores, excepto FTE JCO 2M. Primavesi et al. (2000) encontraron en la “frita” FTE BR 12 un tenor de 175 mg kg⁻¹, valor superior al encontrado en 13 “fritas” de las analizadas en el presente estudio. En la “frita” Produsolo Mib 129 fue encontrado un tenor de Co de 631 mg kg⁻¹.

El Cr, de acuerdo con Alloway (1995), es encontrado en concentraciones entre 66 y 245 mg kg⁻¹ en fertilizantes, siendo que de las “fritas” analizadas (Tabla 3), apenas dos (BYM Mitsui 05 y FTE New) no presentaron tenores superiores a esos valores. Primavesi et al. (2000), encontraron tenor de 542 mg kg⁻¹ en la “frita” FTE BR 12, siendo apenas 10 de las “fritas” analizadas que poseían tenores próximos. Las “fritas” Zincogran 20, FTE Br 12, Zincoman, FTE Cerrado S y FTE BR 8 presentaron tenores de 0.14; 0.11; 0.27; 0.16 e 0.15% en Cr respectivamente.

En todas las “fritas” analizadas (Tabla 3) fueron constatadas la presencia de Eu, elemento este que no fue reportado por Primavesi et al. (2000), en la “frita” FTE BR 12. Este contaminante aparece en cantidades apreciables en las “fritas” Bym Mitsui 15, A.C.O. Reduzido y BYM Mitsui, pero de valores inferiores al encontrado por Raven & Loeppert (1997) en la rocha fosfatada Tilemsi que fue de 13.5 mg kg^{-1} .

La “frita” FTE Centro Oeste presentó tenores de La (Tabla 3) elevados en relación a las otras “fritas” analizadas. Primavesi et al. (2000) analizaron la “frita” FTE BR 12 y encontraron 4.8 mg kg^{-1} de La, demostrando que la “frita” FTE Centro Oeste puede estar contaminada por La. El mayor valor encontrado por Raven & Loeppert (1997) en su trabajo fueron 149 mg kg^{-1} , en un fosfato de amonio.

Apenas la “frita” Bym Mitsui 15 presentó tenores de Ti (Tabla 3), elemento el cuál no fue constatado por Primavesi et al. (2000) en la “frita” FTE BR 12. Raven & Loeppert (1997) constataron el elemento Ti en fosfato de amonio en la concentración de 3430 mg kg^{-1} , valor superior al encontrado en la “frita” Bym Mitsui 15.

Segun Primavesi et al. (2000) el elemento V viene siendo estudiado como posible interferente en el metabolismo del Mo en leguminosas, elemento este no encontrado en la “frita” FTE BR 12 analizada por el autor, pero el Superfosfato Triple analizado presentó tenor de 107 mg kg^{-1} . Entre las “fritas” analizadas (Tabla 3) en apenas 6 fue encontrada presencia de V con valores inferiores al encontrado en el Superfosfato Triple.

El elemento Rb no fue constatado en la “frita” FTE BR 12 analizada por Primavesi et al. (2000), pero en entre las “fritas” analizadas apenas 11 presentaron Rb (Tabla 3).

El elemento Ta fue encontrado con tenores inferiores (Tabla 3) al reportado por Primavesi et al. (2000) de 53.0 mg kg^{-1} de Ta. Apenas la “frita” FTE Cerrado S se destacó por presentar tenor de 37.8 mg kg^{-1} superior al encontrado en las demás “fritas”.

El contaminante Sb (Tabla 3) fue encontrado por Primavesi et al. (2000) con tenor de 53 mg kg^{-1} en la “frita” FTE BR 12, valor este inferior al de las “fritas” A.C.O. Reduzido y FTE New, siendo el tenor encontrado de 113 y 105 % mayor respectivamente.

As “fritas” analizadas (Tabla 3) presentaron tenores de Sc de hasta 381% superior al valor encontrado por Primavesi et al. (2000) de 1.23 mg kg^{-1} .

El contaminante Sm (Tabla 3) presentó tenores mayores que el encontrado por Primavesi et al. (2000); 0.95 mg kg^{-1} de Sm. Las “fritas” Bym Mitsui 15, Agramix STI, BYM Mitsui 05 y FTE Cerrado S presentaron tenores considerablemente apreciables de ese elemento.

En todas las “fritas” (Tabla 3) analizadas no fueron constatadas la presencia de los contaminantes Cs y Yb, de los cuales no fueron encontrados trabajos que reporten la determinación de estos dos elementos en fertilizantes del tipo “fritas” o fertilizantes de macronutrientes. El contaminante U no fue encontrado en ninguna de las “fritas” analizadas en el presente trabajo (Tabla 3), estando de acuerdo con Primavesi et al. (2000) quienes no reportaron la presencia del elemento en la “frita” FTE BR 12. De acuerdo con Alloway (1995), en los fertilizantes pueden ser encontrados tenores de U entre 30 y 300 mg kg^{-1} .

Entre todos los contaminantes analizados, con excepción de los nutrientes Cu, Fe, Zn, Mn, Mo, Cl y Co, los demás elementos sumados, representan una concentración de 0.051 a 0.940% en las “fritas”.

En virtud de la demostración realizada con el presente trabajo de la presencia de As, Br, Cd, Cr, Eu, La, Rb, Sb, Sc, Sm, Ta, Th, Ti, V y W en las “fritas” comercializadas en Brasil, la Legislación Brasileira de Fertilizantes debería incluir la evaluación y control de estos elementos en tales insumos, para poder cuantificar, controlar y evitar posibles contaminaciones de suelos y alimentos producidos por la actividad agrícola.

CONCLUSIONES

En todas las “fritas” fueron encontrados errores en sus rótulos de acuerdo con la Legislación Brasileña de fertilizantes, con excepción de las “fritas” A.C.O. Reduzido, Produsolo Mib 129 y FTE JCO 2M. Algunas presentaron tenores superiores a los reportados por el fabricante y otros tenores no reflejados en la etiqueta.

Los elementos contaminantes As, Br, Cd, Co, Cr, La, Sb, Sc, Sm, Ti y W fueron encontrados en cantidades apreciables en algunas de las “fritas” analizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU JUNIOR, C.H.; BOARETTO, A.E. Reflexões sobre a eficiência de adubos nitrogenados. Boletim On Line. <http://www.sbcs.org.br/boletim%20boareto.htm> (05 fev. 2003)
- ADRIANO, D.C. Trace elements in the terrestrial environment. New York: Springer-Verlag, 1986. 533p.
- ALCARDE, J.C.; VALE, F. Avaliação química de fertilizantes com micronutrientes comercializados no Brasil (compact disc). In: CONGRESSO LATINIAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., Pucon – Chile, 1999. CLACS99. Anais. Temuco: Universidade de La Frontera, 1999.
- ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soils. London: Blackie Academic & Professional, 1995. 368p.
- AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; OLIVEIRA, C.; VELLOSO, A.C.X. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.16, p.271-276, 1992.
- BRASIL. Portaria SEFIS nº 01 de 04 de março de 1983. Diário Oficial da União, 09 de março 1983. Normas sobre Especificações, Garantias, Tolerâncias e Procedimentos para Coleta de Amostras de Produtos e Modelos Oficiais a serem usados pela Inspeção e Fiscalização de Fertilizantes, Corretivos, Inoculantes, Estimulantes ou Biofertilizantes.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes e biofertilizantes destinados à agricultura – Legislação e Fiscalização. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Divisão de corretivos e Fertilizantes, 1982. 88p.
- LÆGREID, M.; BØCKMAN, O.C.; KAARSTAD, O. Agriculture, fertilizers and the environment. Wallingford: CABI, 1999. 294p.
- LANGENBACH, T. & SERPA, M. Teor de cádmio nos fertilizantes fosfatados brasileiros. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 9, p. 179-181, 1985.
- MALAVOLTA, E. Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos. São Paulo: Produquímica, 1994. 153p.

- McLAUGHLIN, M.J.; TILLER, K.G.; NAIDU, R. & STEVENS D. P. Review: the behaviour and environmental impact of contaminants in fertilizers. Australian Journal soil research, v. 34, p. 1-54, 1996.
- OLIVEIRA Junior, J. A. Adubos fosfatados como Fonte de Metais Pesados – Efeito na composição do solo e do Arroz. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2001. 81p. Tese (doutorado).
- PRIMAVESI, O.; PIASENTIM, R.M.; ARMELIN, M.J.A.; PRIMAVESI, A.C.P.A.; PEDROSO, A. Caracterização mineral de insumos agrícolas, pelo método de análise por ativação com nêutrons. Anais II Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária, São Paulo, p. 148-153, 2000.
- RAVEN, K.P.; LOEPPERT, R.H. Trace element Composition of Fertilizers and soil Amendments. Journal Environmental Quality, v. 26, p. 551-557, Mar-April, 1997.
- RAIJ, B. van Pesquisa e Desenvolvimento em Micronutrientes e Metais Pesados. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. (ed.) Micronutrientes e Elementos Tóxicos na Agricultura. Jaboticabal: CNPq / FAPESP / POTAFOS, 2001. cap. 1, p. 1-12
- VALE, F. Avaliação e caracterização da disponibilidade de boro e zinco contidos em fertilizantes. Piracicaba, Escola de Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2001. 91p. Tese (doutorado).
- WATANABE, H. Accumulation of chromium from fertilizers in cultivated soils. Soil Science Plant Nutrition, v. 30, p. 543-554, 1984.

Tabla 1. Característica física de los fertilizantes y concentración rotulada en la etiqueta

Muestra	Natureza Física	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
		Garantía (%)					
Zincogran 20	g	-	-	-	-	-	20,0
Bym Mitsui 15	g	-	-	1,0	-	-	17,0
A.C.O.Reduzido	g	1,60	1,60	-	8,0	-	12,0
FTE New	g	1,60	1,60	-	8,0	-	12,0
Agramix STI	g	3,34	1,00	2,5	10,0	-	10,0
Agramix car/can	g	1,80	0,80	-	2,1	-	9,0
FTE Br 12	g	1,80	0,80	3,0	2,0	0,10	9,0

Produsolo Mib 129	g	7,00	-	-	5,0	-	8,0
Zincoman	g	7,00	-	-	15,0	-	7,0
BYM Mitsui 05	g	-	-	-	3,0	-	4,0
FMA BR 138	g	2,85	6,65	-	12,35	-	13,3
FTE Cerrado S	pó	0,50	1,06	-	6,0	0,01	13,0
FTE Centro Oeste	g	2,00	2,00	-	10,0	-	15,0
FTE BR 8	pó	2,50	1,00	5,0	10,0	0,10	7,0
FTE JCO 2M	pó	2,00	5,00	5,0	8,0	-	5,0

g = granulado

Tabla 2. Valores reportados en la etiqueta de los fertilizantes (G) y tenores obtenidos por análisis por activación neutrónica (A).

Muestra	Cu		Fe		Mn		Mo		Zn	
	%									
	G	A	G	A	G	A	G	A	G	A
Zincogran 20	-	0,35	-	21,9	-	1,70	-	-	20,0	11,6
BYM Mitsui 15	-	0,25	1,0	16,6	-	0,54	-	-	17,0	15,5
A.C.O.Reduzido	1,6	1,64	-	10,9	8,0	7,70	-	-	12,0	11,9
FTE New	1,6	1,87	-	14,0	8,0	5,00	-	-	12,0	10,5
Agramix STI	1,0	0,75	2,5	7,8	10,0	5,20	-	-	10,0	7,5
Agramix car/can	0,8	1,56	-	10,0	2,1	4,00	-	-	9,0	9,8
FTE Br 12	0,8	1,15	3,0	16,6	2,0	3,85	0,10	-	9,0	8,4
Produsolo Mib 129	-	1,37	-	4,7	5,0	5,84	-	0,018	8,0	9,8
Zincoman	-	5,30	-	16,0	15,0	13,68	-	0,024	7,0	9,9
BYM Mitsui 05	-	2,55	-	0,23	3,0	2,55	-	-	4,0	3,3
FMA BR 138	6,65	3,38	-	3,6	12,35	7,92	-	0,059	13,3	11,1
FTE Cerrado S	1,06	1,85	-	6,7	6,0	5,11	0,01	0,043	13,0	16,3
FTE Centro Oeste	2,0	1,17	-	1,2	10,0	6,3	-	-	15,0	11,8
FTE BR 8	1,0	0,96	5,0	6,9	10,0	8,6	0,10	0,056	7,0	13,2
FTE JCO 2M	5,0	4,82	5,0	6,4	8,0	8,2	-	-	5,0	5,9

Tabla 3. Concentración de metales encontrados en las "fritas"

Muestra	As	Br	Cd	Cl	Co	Cr	Cs	Eu	La	Rb
	mg kg ⁻¹									
Zincogran 20	25,0	212,0	383,0	17000,0	21,6	1411,0	-	0,69	19,4	-
BYM Mitsui 15	30,3	191,0	318,0	12100,0	19,3	536,0	-	6,30	205,0	39,0
A.C.O.Reduzido	55,0	72,0	493,0	-	105,0	399,0	-	7,67	17,0	2,0
FTE New	59,0	9,0	121,0	-	64,0	96,0	-	0,18	7,2	54,0
Agramix STI	337,0	49,0	140,0	3847,0	101,0	375,0	-	1,61	32,0	24,0
Agramix car/can	102,0	94,0	255,0	1371,0	59,0	371,0	-	1,22	34,0	-
FTE Br 12	53,0	96,0	84,0	3543,0	31,4	1129,0	-	0,27	16,0	31,0
Produsolo Mib 129	162,0	29,0	-	-	631,0	336,0	-	0,85	24,0	-
Zincoman	34,5	64,0	-	-	97,0	2708,0	-	0,59	13,9	28,0
BYM Mitsui 05	260,0	11,0	-	27900,0	34,0	87,3	-	6,00	154,0	8,0
FMA BR 138	35,7	31,0	-	-	182,0	292,0	-	0,93	28,1	-
FTE Cerrado S	6,3	-	-	-	93,0	1597,0	-	0,41	11,3	13,0
FTE Centro Oeste	23,7	22,0	109,0	5044,0	83,0	734,0	-	0,34	8437,9	16,0
FTE BR 8	3,8	-	-	-	130,0	1487,0	-	0,39	9,4	16,0
FTE JCO 2M	15,0	4,0	-	-	10,0	491,0	-	0,42	6,8	14,0

Tabla 3. Continuación

Muestra	Sb	Sc	Sm	Ta	Th	Ti	U	V	Yb	W
	mg kg ⁻¹									
Zincogran 20	74,0	0,83	2,94	-	0,8	-	-	65,0	-	45,0
BYM Mitsui 15	57,0	3,01	30,30	2,20	13,4	857,0	-	52,0	-	15,0
A.C.O.Reduzido	113,0	5,63	7,37	-	4,6	-	-	-	-	17,0
FTE New	109,0	1,95	1,17	0,50	1,0	-	-	-	-	27,0
Agramix STI	82,0	5,92	56,00	-	6,4	-	-	-	-	15,0
Agramix car/can	15,0	5,10	8,20	1,20	6,7	-	-	-	-	16,1
FTE Br 12	70,0	1,39	1,65	0,30	1,1	-	-	39,0	-	29,0
Produsolo Mib 129	25,0	3,31	5,20	1,00	-	-	-	11,0	-	8,0
Zincoman	77,0	3,98	2,54	0,29	2,7	-	-	-	-	50,0
BYM Mitsui 05	14,8	3,37	25,40	1,50	12,0	-	-	12,0	-	-
FMA BR 138	39,5	4,33	9,20	1,00	-	-	-	-	-	77,3
FTE Cerrado S	77,3	1,99	1022,00	37,80	3,7	-	-	8,0	-	100,1
FTE Centro Oeste	24,8	4,48	1,80	-	2,9	-	-	-	-	24,8
FTE BR 8	38,6	2,50	1,90	9,90	3,7	-	-	-	-	69,7
FTE JCO 2M	16,3	2,13	1,50	0,55	3,0	-	-	-	-	23,4