

## Metales pesados en agua de bebederos de presión

Susana I. Segura-Muñoz, Tânia M. Beltramini Trevilato, Angela M. M. Takayanagui, Sylvia E. Hering, Palmira Cupo

Facultad de Medicina de Ribeirão Preto, Universidad de San Paulo. San Paulo. Brasil

**RESUMEN.** El objetivo del presente estudio fue analizar los niveles de plomo (Pb), cadmio (Cd), aluminio (Al), zinc (Zn), cobre (Cu) y cromo (Cr) en agua de bebederos de presión distribuidos en el Campus de la Universidad de San Paulo, Ribeirão Preto, Brasil. Fueron colectadas 30 muestras aleatoriamente obtenidas en diferentes instancias del Campus y analizadas por Espectrofotometría de Absorción Atómica. De acuerdo con la Guía de Valores Máximos Recomendados de la Organización Mundial de la Salud (OMS), plomo, cadmio y zinc se detectaron en concentraciones superiores a las recomendadas en 40%, 20% y 13% de las muestras, respectivamente. Los resultados son analizados considerando aspectos nutricionales y toxicológicos, referente a la presencia de metales esenciales y tóxicos para el hombre. Comparando los límites reglamentados en diez países de América, se pone de manifiesto la necesidad de un consenso en el establecimiento de las concentraciones máximas de metales en agua potable. La Ingesta Diaria Tolerable, debe ser la base para el establecimiento del nivel máximo de metales en agua, con la finalidad de prevenir la aparición de enfermedades asociadas a largo plazo.

**Palabras clave:** Metales pesados; bebederos de presión; calidad del agua potable.

**SUMMARY.** *Heavy metals in water of drinking fountains.* The purpose of this study was to analyze the levels of lead (Pb), cadmium (Cd), aluminum (Al), zinc (Zn), copper (Cu) and chromium (Cr) in the water of drinking fountains distributed in the Campus of the University of São Paulo, Ribeirão Preto, Brazil. Thirty random samples were collected in different parts of the Campus that were analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometry. According to WHO's Drinking Water Guidelines; lead, cadmium and zinc were found in concentrations higher than those recommended in 40%, 20% and 13% of the samples, respectively. The results were analyzed considering nutritional and toxicological aspects related to the presence of essential and toxic elements for the human being. Reviewing the regulatory limits established in ten countries of America, authors focus in the necessity to find a consensus in the establishment of the higher levels of heavy metals in potable water. The tolerable daily intake, have to be the basis to assure the prevention of diseases associated with a long-term ingestion of these elements through foods.

**Key words:** Heavy metals; drinking fountains, quality of drinking water.

### INTRODUCCION

La distribución de agua potable es uno de los factores más importantes para alcanzar la disminución de los índices de mortalidad y morbilidad en los países en desarrollo. Tradicionalmente, la calidad microbiológica del agua potable ha sido el aspecto que ha generado mayor preocupación en salud pública, sin embargo, el avance en el conocimiento sobre el peligro de la exposición a agentes químicos ha llamado la atención de la población y de las autoridades en los últimos años (1).

El agua es fuente natural de oligoelementos esenciales para la vida, dichos micronutrientes en cantidades ínfimas desempeñan un papel determinante como constituyentes de enzimas o como elementos que intervienen en la síntesis de las mismas. Niveles deficitarios o excesivos de metales esenciales pueden desencadenar daños para la salud. El zinc, cobre, selenio, cromo y manganeso son algunos de los oligoelementos esenciales para la vida. Además de los metales esenciales, el agua potable puede contener metales tóxicos que pueden causar una serie de enfermedades en el

ser humano (2).

Los metales pesados se caracterizan por tener efecto bioacumulativo y en concentraciones superiores a las recomendadas han sido responsabilizados de causar daños en el sistema nervioso central y periférico (3-5), renal (6,7), hematopoyético (8) y esquelético (9,10), algunos también presentan efectos carcinogénicos (7). La gravedad de tales daños depende del grado y tiempo de exposición a dichos elementos.

El agua puede ser contaminada por metales de manera natural o a través de diferentes procesos de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución, afectando su calidad en el punto final de consumo (2,11). Los bebederos de presión, que comúnmente son utilizados en lugares públicos, presentan reservatórios y tuberías con aleaciones metálicas que pueden afectar la composición química del agua.

Estudios que analicen la presencia de elementos traza en el agua proveniente de bebederos de presión no han sido realizados en Brasil. Por ese motivo fueron analizados los niveles de Zn, Cu, Cr, Cd, Pb y Al en agua colectada de bebederos públicos con sistemas de refrigeración, situados en el Campus de la Universidad de San Paulo en Ribeirão Preto.

## MATERIAL Y METODOS

Ribeirão Preto se localiza en la región Nordeste del Estado de San Paulo, Brasil. Ribeirão Preto es una de las ciudades del estado que utiliza agua proveniente del Acuífero Guaraní para el abastecimiento de la población, dicho acuífero es considerado uno de los reservorios de agua natural más importantes del mundo en la actualidad. El Departamento de Agua y Alcantarillados de Ribeirão Preto (DAERP), unidad responsable por mantener la calidad del agua del municipio, realiza procesos de cloración y fluoración del agua con la finalidad de garantizar el bienestar de la población (12, 13).

El *Campus* de la USP en Ribeirão Preto está constituido por 6 unidades académicas, además de servicios administrativos y asistenciales, contando con una población de aproximadamente 9000 personas ejerciendo actividades laborales y académicas.

El presente estudio consistió en la determinación Pb, Cd, Al, Zn, Cu y Cr en muestras de agua colectadas de 30 bebederos de presión aleatoriamente seleccionados, en diferentes unidades administrativas y académicas del recinto universitario.

La colecta fue realizada en recipientes de polietileno de 50 ml, tratados durante 24 horas con ácido nítrico a 30%. Las muestras de agua fueron colectadas en triplicado, después de dejar el agua en circulación por 2 minutos.

Las muestras fueron analizadas en el Sector de Metales del Laboratorio de Pediatría del Hospital de Clínicas de la Facultad de Medicina de Ribeirão Preto de la Universidad de San Paulo, por Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito (Horno Zeeman-Equipo Varian 640Z) y por Espectrofotometría de Absorción Atómica con Llama (Perkin Elmer 380) (14). La Tabla 1 muestra el método utilizado para cada elemento y los límites de detección de cada método.

TABLA 1  
Métodos espectrofotométricos utilizados y sus respectivos límites de detección

Elemento Método	Plomo EAA-HG **	Cadmio EAA-HG **	Aluminio EAA-HG **	Zinc EAA-Llama *	Cobre EAA-HG **	Cromo EAA-HG **
Límite de detección (mg/l)	0,001	0,0001	0,001	0,001	0,005	0,002

\* EAA-Llama: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Llama

\*\* EAA-HG: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Muestras certificadas de agua potable provenientes del Laboratorio de Control de Calidad QCTechnologies Pty Ltd., de Australia, fueron utilizadas como padrones analíticos.

Los resultados fueron analizados considerando los parámetros recomendados por la OMS, en la Guía de Valores para Calidad de Agua Potable (15), y comparados con los valores reglamentados en la legislación de Canadá, Estados Unidos y de ocho países latinoamericanos (Tabla 2).

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos del análisis de 30 muestras de agua colectadas, son presentados en la Tabla 3.

Considerando los Valores Recomendados por la OMS, fue observado que 40% de las muestras presentaron niveles de Pb superiores a 0,01 mg/l, 20% contenían Cd en concentraciones superiores a las recomendadas (>0,003 mg/l) y 13,3% de las muestras superaron los niveles de Zn (>3,0 mg/l). Los valores detectados de Al, Cu y Cr no superaron las concentraciones máximas recomendadas por la OMS.

Cabe destacar que las muestras de agua que presentaron niveles de Pb, Cd y Zn superiores a los recomendados por la OMS fueron colectados de tres puntos localizados en edificaciones construidas entre 1950 y 1965, las cuales mantienen todavía tuberías de hierro con aleaciones de plomo y zinc.

TABLA 2  
Valores máximos recomendados por la OMS y valores máximos permitidos en 10 países de América (mg/l)

Norma	Elemento					
	Plomo	Cadmio	Aluminio	Zinc	Cobre	Cromo
OMS (1995)						
Valores Guía	0,010	0,003	0,2	3,00	2,00	0,05
Brasil (1990)						
Portaria 36-GM	0,050	0,005	0,2	5,00	1,00	0,05
Argentina (1994)						
Código Alimentario	0,050	0,005	0,2	5,00	1,00	0,05
Chile (1984)						
NCH 409/1	0,050	0,010	—	5,00	1,00	0,05
México (1988)						
NOM	0,050	0,005	0,2	5,00	1,50	0,05
Perú (1999)						
Digesa	0,050	0,005	0,2	3,00	1,00	0,05
Uruguay(1999)						
Dto: 27335	0,050	0,005	0,5	5,00	1,00	0,05
Bolivia (1999)						
Ibnozca NB 512	0,010	0,005	0,2	5,00	0,50	0,05
Colombi (1998)						
RAS-98	0,010	0,003	0,2	5,00	1,00	0,01
Canada (1995)						
HE EHD	0,010	0,005	—	5,00	1,00	0,05
USA (1998)						
NP- DWR	0	0,005	0,2	5,00	1,30	0,10

Fuente: Normas Internacionales para la Calidad del Agua de Bebida. CEPIS/OPS-OMS (12).

TABLA 3  
Niveles de metales pesados detectados en agua de bebedores de presión del *Campus* Universitario USP, Ribeirão Preto

Muestra	Plomo (mg/l)	Cadmio (mg/l)	Aluminio (mg/l)	Zinc (mg/l)	Cobre (mg/l)	Cromo (mg/l)
1	0,0027± 0,0002	< 0,0001	0,010± 0,003	0,072± 0,007	0,009± 0,001	< 0,002
2	0,0050± 0,0001	< 0,0001	0,002± 0,001	0,165± 0,005	0,027± 0,002	< 0,002
3	0,0065± 0,0004	< 0,0001	< 0,001	0,555± 0,009	0,082± 0,002	< 0,002
4	0,0065± 0,0001	< 0,0001	0,007± 0,001	0,562± 0,001	0,065± 0,001	< 0,002
5	< 0,001	< 0,0001	0,014± 0,002	0,029± 0,004	0,024± 0,001	< 0,002
6	0,0028± 0,0002	0,0010± 0,0002	0,009± 0,001	0,190± 0,003	0,079± 0,002	< 0,002
7	0,0015± 0,0001	< 0,0001	< 0,001	0,055± 0,004	< 0,005	< 0,002
8	< 0,001	< 0,0001	< 0,001	0,101± 0,009	0,012± 0,001	< 0,002
9	0,0125± 0,0004*	0,0001	< 0,001	0,052± 0,005	0,069± 0,003	< 0,002
10	0,0030± 0,0002	0,0044± 0,0006*	0,006± 0,001	0,498± 0,006	0,075± 0,004	< 0,002
11	0,1070± 0,0018*	0,0046± 0,0008*	0,006± 0,002	3,130± 0,010*	0,079± 0,002	< 0,002
12	0,0150± 0,0009*	0,0045± 0,0008*	0,014± 0,001	3,500± 0,010*	0,049± 0,002	< 0,002
13	0,0050± 0,0007	< 0,0001	< 0,001	0,563± 0,001	0,008± 0,001	< 0,002
14	0,0015± 0,0004	0,0034± 0,0002*	< 0,001	3,314± 0,007*	0,042± 0,002	< 0,002
15	0,0027± 0,0002	0,0022± 0,0003	< 0,001	1,387± 0,003	0,006± 0,001	< 0,002
16	0,0016± 0,0002	0,0022± 0,0004	0,013± 0,002	1,593± 0,010	0,078± 0,004	< 0,002
17	0,0340± 0,0001*	0,0031± 0,0001*	0,013± 0,002	3,665± 0,020*	0,033± 0,001	< 0,002
18	0,1360± 0,0035*	< 0,0001	0,023± 0,003	1,708± 0,008	0,081± 0,002	< 0,002
19	0,0030± 0,0003	< 0,0001	< 0,001	0,129± 0,004	0,040± 0,001	< 0,002
20	0,0130± 0,0002*	< 0,0001	< 0,001	0,216± 0,008	0,287± 0,003	< 0,002
21	0,0575± 0,0009*	< 0,0001	0,034± 0,003	1,480± 0,012	0,052± 0,002	< 0,002
22	0,0099± 0,0001	< 0,0001	0,007± 0,001	0,445± 0,003	0,040± 0,001	< 0,002
23	0,0230± 0,0002*	< 0,0001	0,007± 0,002	0,483± 0,002	0,020± 0,001	< 0,002
24	0,0240± 0,0002*	< 0,0001	0,009± 0,001	0,285± 0,009	0,010± 0,001	< 0,002
25	0,0289± 0,0002*	0,0016± 0,0002	0,013± 0,003	0,380± 0,002	0,025± 0,002	< 0,002
26	0,0098± 0,0007	0,0008± 0,0001	< 0,001	1,430± 0,004	0,016± 0,001	< 0,002
27	0,0143± 0,0002*	< 0,0001	< 0,001	0,605± 0,005	0,156± 0,002	< 0,002
28	0,0200± 0,0001*	0,0043± 0,0003*	0,007± 0,002	0,545± 0,003	< 0,005	< 0,002
29	0,0025± 0,0008	< 0,0001	< 0,001	0,134± 0,002	0,056± 0,003	< 0,002
30	0,0043± 0,0007	< 0,0001	< 0,001	0,197± 0,007	< 0,005± 0,001	< 0,002

\* Valores superiores a los recomendados en la Guía de Valores Recomendados de la OMS (12).

## DISCUSION

Los parámetros recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), en la Guía de Valores para Calidad de Agua Potable, son adoptados considerándose el concepto de Ingesta Diaria Aceptable (IDA), que es definida como: "la concentración máxima en la cual un constituyente no representa ningún riesgo para la salud del consumidor expuesto a él en un intervalo de tiempo o a lo largo de su vida" (1).

Los valores máximos recomendados por la OMS, no pueden ser considerados exigencias legales *per se*, sin embargo, existen con la finalidad de ser utilizados como base para el establecimiento de los valores normalizados por las

autoridades, según las necesidades específicas en cada país(1). A través de dicha guía, la OMS consigue establecer los valores recomendables de elementos trazos en agua potable considerando tanto aquellos oligoelementos esenciales como los que presentan toxicidad para el ser humano. Los valores recomendables son establecidos para un consumo medio diario de 2 L/día para personas adultas de 60 kg.

Valores de Pb superiores a los recomendados por la OMS en 40% de las muestras analizadas en este estudio, son motivo de preocupación dado los efectos toxicológicos asociados a la exposición a trazos de este metal (Tabla 3). El Pb es incorporado al tejido óseo debido a la semejanza de sus propiedades con la del calcio. Los compuestos de Pb sustituyen el calcio de los huesos provocando procesos

degenerativos como osteoporosis después de una exposición prolongada. Bajas concentraciones de Pb son suficientes para inhibir las enzimas responsables por la catálisis de una etapa esencial en la síntesis de hemoglobina, originando cuadros de anemia crónica. La exposición prolongada al Pb causa daños en el Sistema Nervioso Central, provocando retardo mental, disturbios del aprendizaje, disfunciones cognitivas y encefalopatías en niños. El Pb también puede causar problemas renales y reproductivos (3,4,7,10)

Según Golberg & Pockock (16), el Pb contamina el agua cuando entra en contacto con un sistema de conducción por tuberías plomadas utilizadas en edificaciones de décadas pasadas. En el presente estudio fue observado que el agua con mayores concentraciones de Pb provenía de bebederos localizados en edificaciones antiguas, sugiriendo que las tuberías metálicas serían las responsables por la contaminación.

El Cd, detectado en 20% de las muestras en concentraciones ligeramente superiores a las recomendadas por la OMS, genera preocupación debido a la capacidad residual que este metal presenta a lo largo del tiempo. La exposición prolongada al Cd ha sido asociada a daños neurológicos, polineuropatías, disfunciones renales, aberraciones cromosómicas, anemias e osteoporosis. Además de haberse relacionado con cáncer y otras enfermedades mutagénicas (5-9).

Entre los metales tóxicos analizados, el Al es el único metal que fue detectado en concentraciones inferiores a las máximas recomendadas por la OMS, destacando que 43% de las muestras ni siquiera alcanzaron el límite de detección. Estos resultados indican que el Al no representa un riesgo para la salud humana en el local de estudio. Algunos estudios señalan la presencia de Al en agua potable como uno de los agentes etiológicos de enfermedades mentales, incluyendo el Mal de Alzheimer (17,18). La presencia de Al en agua potable, ha sido verificada en países en los cuales son usadas sales de Al durante el tratamiento (11,19). En Ribeirão Preto, no es necesario el uso de sulfato de Al por tratarse de una fuente de agua profunda de buena calidad, que requiere solamente desinfección con adición de cloro para eliminación de agentes patogénicos, además del enriquecimiento con fluor para reducir la incidencia de caries en la población (12).

El Zn es considerado un cofactor esencial en una extensa variedad de procesos celulares, entre los que se destacan la síntesis de ADN, división celular, reproducción, crecimiento y formación ósea. La deficiencia de Zn, ocasiona trastornos tales como dermatitis, anorexia y mala cicatrización (20). Se conoce que únicamente cuando se presenta en elevadas concentraciones influye negativamente en la biodisponibilidad de cobre, que desempeña un papel fundamental en el metabolismo del hierro y por lo tanto en la síntesis de

hemoglobina, causando trastornos en la salud humana (21).

En el presente estudio fueron detectados niveles de Zn dentro de los límites recomendados en la mayoría de las muestras, únicamente 13% presentaron niveles ligeramente superiores a 3 mg/l, hecho que no puede considerarse nocivo para la salud humana, principalmente porque el agua potable solo constituye una fuente alternativa de Zn en la nutrición humana; otros alimentos como carnes, pescado, mariscos, lácteos, legumbres, frutos secos e granos son la principal fuente de Zn en la dieta. La presencia de Zn en agua en niveles superiores a 3 mg/l es un aspecto que puede considerarse beneficioso para grupos poblacionales que presentan niveles deficitarios, considerando que la ingesta de 2 L de agua con esas concentraciones de Zn, garantizaría casi el 50% del requerimiento diario de ese metal, definido como 15 mg/día. Sin embargo, el problema detectado en el presente trabajo fue que, las muestras que presentaron los mayores niveles de Zn estuvieron también asociadas a concentraciones de Cd y Pb superiores a las recomendadas por la OMS.

El cobre, otro de los elementos esenciales analizado en el presente estudio, es indispensable como catalizador para la síntesis de hemoglobina y absorción de hierro (22). Las concentraciones de Cu no sobrepasaron los límites recomendados por la OMS, coincidiendo con Pizarro et al. (23), quienes exponen que generalmente el agua potable presenta niveles bajos de Cu. Los casos en los cuales el Cu se presenta en concentraciones que afectan la salud del consumidor han sido asociados a agua con bajo pH que es conducida a través de tuberías de Cu. Durante muchos años el proceso de refrigeración del agua en los bebederos de presión era realizado a través de una tubería de Cu en forma de espiral que permanecía en contacto directo con el agua dentro del tanque para el almacenamiento, en las últimas décadas esa espiral de cobre comenzó a ser instalada fuera del tanque reservatorio, hecho que evita la acumulación de cobre en el agua. Algunos autores han asociado problemas gastrointestinales como diarrea, dolor abdominal, náusea y vómito con el consumo de agua u otras bebidas con elevadas concentraciones de Cu, una vez excluidos otros factores que pueden generar la misma sintomatología (23).

El Cr normalmente contamina las fuentes de agua a través de descargas industriales, de percolación procedente de rellenos de residuos municipales o por procesos naturales de erosión de depósitos naturales, hecho que no afecta hasta el momento el agua subterránea que abastece la ciudad de Ribeirão Preto. Al analizar el agua de los bebederos, fue observado que el Cr fue el único elemento que presentó niveles inferiores al límite de detección para todas las muestras analizadas (Tabla 3). El Cr es un elemento esencial cuando se presenta en la forma trivalente participando junto

con la insulina en la regulación de la glucosa en la sangre. El problema en caso de estar contaminando el agua potable, se debe a la presencia de Cr hexavalente, considerado tóxico en concentraciones superiores a las recomendadas por la OMS, siendo la forma que sirve como factor determinante para el establecimiento de los valores normales de Cr total en agua destinada al consumo humano. Según Proctor et al (24), el Cr (VI) es reconocido como un agente carcinogénico a través de la inhalación; sin embargo, existe poca evidencia epidemiológica de que la vía oral sea una causa de cáncer. Según los mencionados autores, estudios recientes demuestran que el Cr (VI) se reduce para la forma no tóxica de Cr (III) en la saliva, en el estómago y en la sangre.

Los informes analíticos del DAERP, muestran que muestras de agua colectadas en diferentes puntos de la red de abastecimiento están de acuerdo con los padrones de potabilidad de la OMS. Recientes análisis de metales en agua residencial de diferentes puntos de la ciudad, realizados por el Sector de Metales del Departamento de Puericultura y Pediatría de la Facultad de Medicina, también presentaron niveles normales de metales. Por lo que se considera que, la presencia de Cd, Pb y Zn en concentraciones superiores a las recomendadas puede estar relacionada con las condiciones de mantenimiento y limpieza dadas a los bebederos de presión en las diferentes unidades académicas, asistenciales y administrativas del *Campus*, o se debe al aporte de los materiales empleados en las tuberías de las construcciones de este recinto universitario en las décadas pasadas.

Las autoridades responsables por el mantenimiento de los bebederos del local de estudio fueron notificadas, actualmente están siendo tomadas las providencias necesarias para evitar acumulación de metales pesados en dichas fuentes de agua potable, dada la necesidad de garantizar al consumidor agua segura y libre de contaminantes, sean de origen físico, químico o microbiológico.

Al analizar la legislación vigente en 10 países de América, se constata que únicamente 3 países consideran 0,010 mg/l como límite máximo de Pb concordando con el valor recomendado por la OMS, 7 países presentan valores máximos de Pb superiores a ese límite. Cabe destacar el grado de exigencia de la legislación de Estados Unidos para Pb, que tiene como norma la ausencia total de este elemento en agua potable. Con respecto al Cd, el valor máximo recomendado por la OMS en agua de bebida, fue adoptado como valor vigente únicamente en Colombia, para el resto de los países incluidos, la legislación permite un valor superior al recomendado por la OMS. El Al es uno de metales para los cuales parece existir un mayor consenso internacional en la determinación de su valor máximo recomendable, únicamente Uruguay mantiene una norma más flexible (Tabla 2).

Al evaluar las normas existentes para el establecimiento de los valores máximos recomendados para metales esenciales, se verifica que la exigencia para Zn en los países incluidos en este análisis refleja una realidad parecida a la encontrada para Cd y Pb, únicamente Perú presenta como límite máximo de Zn 3,00 mg/l, valor semejante al recomendado por la OMS; para el resto de los países la exigencia es menos estricta, hecho que puede favorecer el aporte de Zn en comunidades que presentan deficiencia de este metal. Con respecto al Cu, se verifica por el contrario, que la recomendación de la OMS permite concentraciones más elevadas que el resto de los países de América y el Cr, es otro elemento que parece haber alcanzado un nivel consensual a nivel internacional, únicamente la norma colombiana estipula una concentraciones menor a 0,05 mg/L como nivel máximo permitido (Tabla 2).

Considerando que el agua es un elemento esencial para el mantenimiento de la vida, se plantea la necesidad de alcanzar un consenso internacional para la delimitación de los niveles máximos permisibles de metales pesados en agua potable. Dicho consenso debe considerar la evidencia científica sobre Ingesta Diaria Aceptable de este tipo de contaminantes. De esta forma, podrá garantizarse la promoción de la salud y consecuentemente la prevención de enfermedades asociadas a la exposición prolongada a trazos de metales pesados a través de los alimentos en la población.

El presente estudio, a pesar de sus limitaciones, se considera importante, ya que a partir de los resultados obtenidos pueden originarse otros estudios en los cuales sean incluidas unidades donde existe conglomeraciones de grupos poblacionales más susceptibles como jardines de infancia, escuelas y casas de apoyo a personas de la tercera edad.

## REFERENCIAS

1. Van Leeuwen FXR. Safe drinking water: the toxicologist's approach. *Food Chem Toxicol* 2000; Suppl 38:51-58.
2. Calderón RL. The epidemiology of Chemical Contaminants of Drinking Water. *Food Chem Toxicol* 2000; Suppl 38:13-20.
3. Banks E, Ferreti L, Schucard D. Effects of Low Level Lead Exposure on Cognitive Function in Children: A Review Of Behavioral, Neuropsychological and Biological Evidence. *Neurotoxicology* 1999; 18(1): 237-282.
4. Bucheim K, Stoltenburg-Didinger G, Lilienthal H, Winnike G. Miopathy: A possible effect of Chronic Low Level Lead Exposure. *Neurotoxicology* 1998; 19(4-5): 539-546.
5. Viane M, Roels H, Leenders J, Goorf M, Swerts L, Lison D, Masschelein R. Cádmiun: A possible Etiological Factor in Peripheral Polyneuropathy. *Neurotoxicology* 1999; 20(1): 7-16.
6. Kreiss I. Cadmium contamination of the countryside, a case study on health effects. *Toxicol Ind Health* 1990; 6(5): 181-188.

7. Costa M. Carcinogenic metals. *Sci Prog* 1998; 81(4): 329-339.
8. Fu J, Huang X, Zhu X. Study on peripheral blood lymphocytes chromosome abnormality of people exposed to cadmium in environment. *Biomed Environ Sci* 1999; 12(1):15-19.
9. Staessen J, Roels H, Emelianov D, Kuznetsova T, Thijs L, Vangronsveld J, Fagard R. Environmental exposure to cadmium, forearm bone density, and risk of fractures: prospective population study. *Public Health and Environmental Exposure to Cadmium. Study Group. Lancet* 1999; 3-353(9159): 1140-1144.
10. Hu H. Bone lead as a new biologic marker of lead dose: recent findings and implications for public health. *Environ Health Perspect* 1998; 106(4): 961-967.
11. Bates AJ. Water as consumed and its impact on the Consumer-Do we understand the variables?. *Food Chem Toxicol* 2000; Suppl 38:29-36.
12. Alvez ZC. Qualidade da água. Meio Ambiente por inteiro. *Jornal da Secretaria Municipal do Meio Ambiente* 1995. Ano 1, n. 1, -7.
13. Viarti P. Água Escassa. *Revista Revide* 1999. 21 de novembro, p.13-16.
14. American Public Health Association. Standard methods for the Examination of Water and Wastewater. 20<sup>th</sup> Edition. APHA INC. 1015, Fifteenth Street, N.W., Washington D.C. 20005.USA. 1998.
15. CEPIS/OPS-OMS. Calidad del agua. Normas Internacionales para la Calidad del Agua de Bebida. Disponible en: [wysiwyg://154/http://www.cepis.ops.oms.org/eswww/caliagua/norminte.html](http://www.cepis.ops.oms.org/eswww/caliagua/norminte.html). Acceso el 20/07/2000.
16. Golberg A, Pocock SJ. Contribution of lead in drinking water to blood lead. *Lancet* 1977;2: 661-2.
17. Martyn CN, Barker DJP, Osmond C, Harris EC, Edwardson JA, Lacey RF. Geographical relation between Alzheimer's disease and aluminum in drinking water. *Lancet* 1989; I: 59-62.
18. Martyn CN, Coggan D, Inskip H, Lacey RF, Young WF. Aluminum concentrations in drinking water and risk of Alzheimer's disease. *Epidemiology*. 1997; 8:281-286.
19. Al-Saleh IA. Trace elements in drinking water coolers collected from primary schools, Riyadh, Saudi Arabia. *Sci Total Environ* 1996; 181:215-221.
20. Barceloux DG. Zinc. *J Toxicol Clin Toxicol* 1999; 37(2):265-78.
21. López P, Castañeda M, López G, Muñoz E, Rosado J. Contenido de hierro, zinc y cobre en los alimentos de mayor consumo en México. *Arch Latinoam Nutr* 1999;49(3):287-294.
22. Barceloux DG. Copper. *J Toxicol Clin Toxicol* 1999; 37(2): 217-30.
23. Pizarro F, Oloivares M, Gidi V, Araya M. The gastrointestinal tract and acute effects of copper in drinking water and beverages. *Rev Environ Health* 1999; 14(4): 231-8.
24. Proctor DM, Otani JM, Finley BL, Paustenbach DJ, Bland JA, Speizer N, Sargent EV. Is hexavalent chromium carcinogenic via ingestion? A weight-of evidence review. *J Toxicol Environ Health A* 2002; 65(10): 701-46.

Recibido: 07-09-2001

Aceptado: 31-07-2002