

# Ingesta de Aluminio al Cocinar Alimentos y Hervir Agua con Utensilios Domésticos

Juan C. Luján

CEDIA -Facultad Regional Tucumán – Universidad Tecnológica Nacional - Rivadavia 1050 (4000) Tucumán

E-mail: jclujan53@yahoo.com.ar

**Resumen** - Se estudia la liberación de aluminio iónico soluble por parte de utensilios de cocina con los cuales se preparan infusiones, bebidas calientes, o se cuecen diferentes tipos de alimentos, como así también el aluminio disuelto por bebidas enlatadas en recipientes de aluminio y envoltorios que utilizan dicho metal.

Motiva el presente trabajo la sospecha que el aluminio podría estar involucrado en patologías neurológicas inespecíficas, como la pérdida gradual de memoria, la comprobada demencia dialítica, el mal de Alzheimer y otras encefalopatías.

Se realizaron los procedimientos hogareños habituales para calentar agua, preparar infusiones y cocinar algunos alimentos, estudiando las concentraciones de aluminio presentes tanto en el agua como en los alimentos después del hervor o la cocción, haciendo uso de elementos de aluminio, enlazados, vidrio pirex, y acero inoxidable.

Se trabajó con aguas alcalinas, aguas neutras y aguas ligeramente ácidas para comparar los fenómenos de transferencia de Aluminio.

Los resultados obtenidos resultaron sorprendentes y preocupantes, ya que en algunos casos se encontró que la concentración de Aluminio se elevaba hasta 8 veces por encima del nivel máximo permisible en el agua potable de la República Argentina ( $200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ), y 16 veces respecto de las normas Canadienses que fijan  $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ , aunque la EPA que es más estricta, propone como nivel deseable de Aluminio  $50 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ , no debiendo superar los  $200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ .

También se aborda el tema de la ingestión masiva de Aluminio que ocurre cuando se consumen determinados medicamentos antiácidos que contienen Hidróxido de Aluminio.

Un comité de control federal-provincial de Canadá ha recomendado la adopción de un límite de  $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  de aluminio a la salida de planta. Esto se debe a que algunos investigadores afirman que el aluminio podría acumularse en el cerebro matando a las neuronas y provocando pérdida de la memoria. Otros estudios aparentemente han encontrado mayores tasas de la enfermedad de Alzheimer cuando el agua de bebida tenía altos niveles de aluminio.

**Palabras clave:** Aluminio, Transferencia de Aluminio, Liberación de Aluminio, Alzheimer, Encefalopatías, Utensilios de Cocina.

**Summary** - The soluble ionic aluminum liberation studies on the part of kitchen utensils with which infusions are prepared, hot drinks, or different types from foods cook, like thus also drunk tinned in containers of aluminum and packages using this metal.

The suspicion motivates the present work that the aluminum could be involved in inespecifics neurological pathologies like the gradual loss of memory, the verified dialítica dementia, the Alzheimer's disease and other encephalopathies. The family procedures were realised habitual to warm up water, to prepare infusions and to cook some foods as much, studying the present aluminum concentrations in the water as in foods after the fervor or the baking, doing use of aluminum elements, tiled, pyrex glass, and stainless steel.

One worked with alkaline waters, neutral waters and slightly acid waters to compare the phenomena of Aluminum transference.

The obtained results were surprising and worrisome, since in some cases it was that the Aluminum concentration rose up to 8 times over the advisable maximum level in the potable water of the Argentine Republic ( $200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) and 16 times with respect to the Canadian norms that fix  $100 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ , although the EPA that is but strict it proposes like desirable Aluminum level  $50 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ , not having to surpass  $200 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Also is the massive Aluminum ingestion, when certain antacid medicines interfere that contain Aluminum Hydroxide.

## INTRODUCCIÓN

Toda la población está expuesta a niveles bajos de aluminio en los alimentos, el aire y el suelo.

La exposición a niveles altos de aluminio puede causar problemas respiratorios y neurológicos.

El aluminio (en compuestos combinado con otros elementos) se ha encontrado en por lo menos 606 de los

1.678 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE. UU. (EPA, por sus siglas en inglés).

Los efectos de la exposición a cualquier sustancia tóxica dependen de la dosis, de la duración, de la manera como la persona está expuesta, de sus hábitos y características personales, del perfil metabólico del individuo y de la presencia de otras sustancias químicas.

### TOXICIDAD DE LOS METALES PESADOS

Es muy conocida la toxicidad de los siguientes metales pesados: mercurio Hg, plomo Pb, cadmio Cd, níquel Ni, cromo Cr, plata Ag, cobre Cu, arsénico As, plata Ag, y otros, ya que el organismo humano no cuenta con las vías metabólicas eficientes para eliminarlos, razón por la cual, estos se acumulan en los llamados órganos blanco, cuyos tejidos los fijan a través de ciertas proteínas y lípidos que poseen afinidad química.

Otros metales como el cinc, el aluminio, el hierro y el manganeso, poseen toxicidad discutida en ciertos rangos de concentraciones.

### ANTECEDENTES DE TOXICIDAD EN UTENSILIOS

Existe como antecedente histórico la aleación conocida como alpaca, que se compone de 60% Cu, 25% Zn, 10% Sn, 5% Ni.

La misma fue retirada del mercado de los utensilios por su probada hepato-toxicidad, que en principio fue asociada al cobre.

El aluminio es el metal más abundante en la corteza terrestre. Siempre se encuentra combinado con otros elementos tales como oxígeno, sílice y flúor. Se pueden encontrar pequeñas cantidades de aluminio disueltas en el agua.

El aluminio metálico es de baja densidad y de color blanco-plateado. El aluminio se usa en envases de bebidas, ollas y sartenes, aviones, techos y cubiertas exteriores de viviendas.

A menudo se mezcla con pequeñas cantidades de otros metales para formar aleaciones, las cuales son más duras y resistentes.

Los compuestos de aluminio tienen muchos usos diferentes, por ejemplo, el alumbre en el tratamiento de aguas, también se encuentran en productos de consumo tales como antiácidos, astringentes, aspirina con cubierta entérica, aditivos para alimentos y desodorantes.

Se expone al aluminio consumiendo sustancias que contienen niveles altos de aluminio, por ejemplo antiácidos, especialmente cuando se consumen bebidas cítricas al mismo tiempo.

Los niños y los adultos pueden exponerse a pequeñas cantidades de aluminio con el uso sistemático de vacunas, tal es el caso de personas alérgicas que reciben a estas terapias.

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) y la EPA, no han evaluado la carcinogenicidad del aluminio en seres humanos, tampoco se ha demostrado que el aluminio produzca cáncer en animales.

Algunas personas con enfermedades del riñón, almacenan una gran cantidad de aluminio en sus cuerpos, y en ocasiones desarrollan enfermedades de los huesos o del cerebro que pueden deberse al exceso de aluminio. Algunos estudios sugieren que personas expuestas a niveles altos de aluminio pueden desarrollar la enfermedad de Alzheimer, mientras otros estudios no han observado esta asociación.

No se sabe con certeza si el aluminio causa la enfermedad de Alzheimer.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió la transferencia de aluminio desde los utensilios hacia el agua y luego hacia los alimentos durante los procedimientos corrientes de cocción.

#### 1) Utensilios de Trabajo Utilizados

- Ollas comunes de aluminio de 3 litros de capacidad
- Ollas de aleación de aluminio tipo "Essen"
- Ollas, lecheras y cafeteras de hierro enlozado
- Lecheras de aluminio de 2 litros de capacidad
- Cafeteras de aluminio de 2 litros de capacidad
- Jarros de aluminio de boca ancha de 1,5 litros de capacidad

## 2) Utensilios de referencia utilizados(\*)<sup>1</sup>

- Todos los recipientes anteriores contruidos de material enlozado blanco
- Todos los recipientes mencionados contruidos de acero inoxidable AISI 304
- Algunos elementos tales como bandejas y jarras de vidrio borosilicato Pirex

## 3) Otros recipientes

- Latas de cerveza
- Latas de bebidas gaseosas cítricas
- Latas de bebidas cola
- Cajas de cartón y aluminio plastificado tetra brix
- Papel de aluminio para uso alimentario

## PROCEDIMIENTOS DE TRANSFERENCIA DE ALUMINIO DESDE LOS RECIPIENTES HACIA EL MEDIO, AGUA O ALIMENTOS

-Se calentaron los recipientes con llama directa de gas natural, hasta alcanzar el hervor del agua, tomando muestras a diferentes tiempos de hervor comprendidos entre primer hervor (en el caso de infusiones y 30 minutos para las cocciones de larga duración)

-En los procesos de calentamiento de agua con generación de vapor, se compensó la evaporación reponiendo agua destilada luego del enfriamiento en cantidad igual a la perdida.

## MÉTODOS ANALÍTICOS

### *Medición de aluminio en agua*

-Se utilizó el método espectrofotométrico de la laca de aluminón utilizando como reactivo analítico el Aurín Tricarboxilato de Amonio con Tioglicolato de Amonio como inhibidor de interferencias, ( 1 ) Standard Methods APHA – AWWA – WPF , 11 Ed.

### *Medición de Aluminio en Alimentos*

Se practicó una digestión sulfo-nitro-perclórica en caliente bajo campana para gases hasta obtener humos blancos y destrucción total de la materia orgánica, seguida de neutralización a pH 6,0 y medición del aluminio con el método espectrofotométrico del ácido aurín tricarbóxico con tioglicolato de amonio como inhibidor de interferencias, Standard Methods APHA – AWWA – WPF, 21 Ed.

Se utilizó como solución patrón aluminio metálico calidad ACS (polvo de aluminio grado analítico disuelto con ácido clorhídrico para análisis) para confeccionar la curva de calibración. Para todas las diluciones, preparación de gráficas de calibración, y demás operaciones analíticas se utilizó agua destilada de  $5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  de conductividad.

### *Instrumentos Utilizados*

Peachímetro Corning Modelo 7, Rango universal de pH 0,0 a 14,0 con electrodo específico combinado de vidrio

Espectrofotómetro UV-Vis Spectrum SP 2.000, longitud de onda 525 nm, con cubetas de vidrio prismáticas de 10 mm de paso de luz.

### *Ensayos realizados*

Se realizaron más de 40 determinaciones de la concentración de aluminio en el agua de red de la Capital de Tucumán. Luego se efectuaron 6 ensayos por cada utensilio de cocción de alimentos y 20 ensayos de transferencia de aluminio desde los utensilios hacia el agua. Se utilizaron aguas de distintas características de pH y alcalinidad. También se experimentó con bebidas enlatadas en aluminio, carnes, verduras, leche y alimentos envasados en cajas tipo tetra brick (cartón-aluminio-film polimérico).

---

<sup>1</sup> Aquellos materiales que se supone, no debieran liberar aluminio.

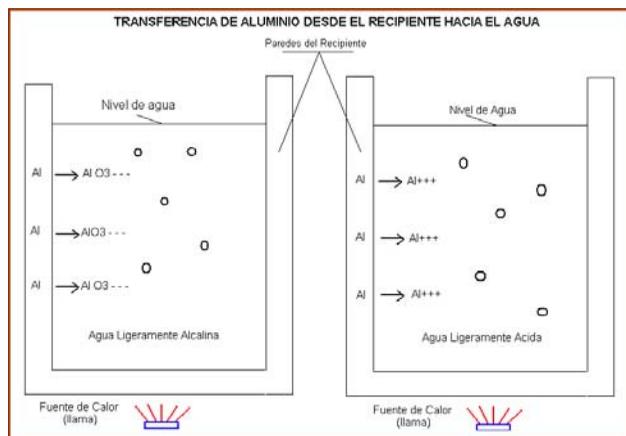


Fig.1 - Las aguas neutras o ligeramente ácidas mostraron mayor capacidad de disolución del aluminio

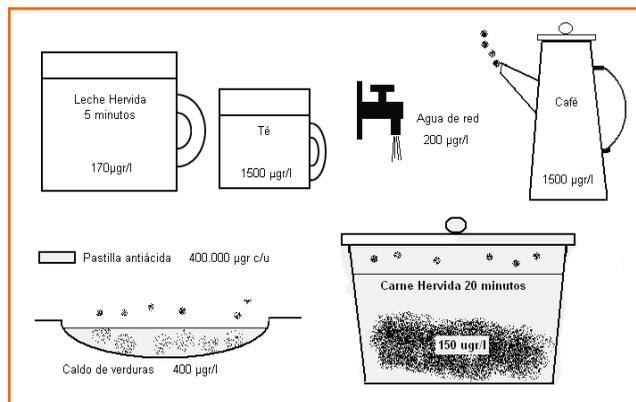


Fig. 2 - Muestra diferentes concentraciones de Al transferidas hacia diversos alimentos y líquidos cocidos en recipientes de aluminio

### RESULTADOS OBTENIDOS

La tabla 1 condensa los valores promedio de las concentraciones de Aluminio encontradas en el agua y los alimentos que fueron sometidos a ensayos

MUESTRA	Al liberado	Incremento sobre el límite EPA	Incremento Porcentual
Aguas de red 40 muestras	70 a 220 µg.l <sup>-1</sup>	4 veces	--
Agua de Red Límite EPA	200 µg.l <sup>-1</sup>		
Agua de Red Límite Canadá	100 µg.l <sup>-1</sup>		
Jarro Enlozado	600 µg.l <sup>-1</sup>	3 veces	300%
Lechera de aluminio	1.470 µg.l <sup>-1</sup>	7,35 veces	735%
Cafetera de Aluminio	1.500 µg.l <sup>-1</sup>	7,5 veces	750%
Pava de Aluminio de poco uso	1.600 µg.l <sup>-1</sup>	8 veces	800%
Pava de Aluminio Incrustada CaCO3	295 µg.l <sup>-1</sup>	0,47 veces	47%
Cafetera de Acero Inoxidable 304	200 µg.l <sup>-1</sup>	0 no contamina	0%
Olla de Aleación Aluminica Essen	1.400 µg.l <sup>-1</sup>	7 veces	700%
Lata de Cerveza 280 ml C/H2O	270 µg.l <sup>-1</sup>	0,35 veces	35%
Caldo de Verduras	400 µg.l <sup>-1</sup>	2 veces	200%
Leche sin Exponer	150 µg.l <sup>-1</sup>	0,75 no contamina	—

Tabla 1 - Se debe escribir µg.l<sup>-1</sup> según IRAM

#### Observaciones Notables

Los recipientes de aluminio que se encontraban incrustados con depósitos carbonatosos (sarro) transfirieron al agua concentraciones de aluminio catorce veces por encima de los que no estaban incrustados, tal como se exhibe en la figura 3.

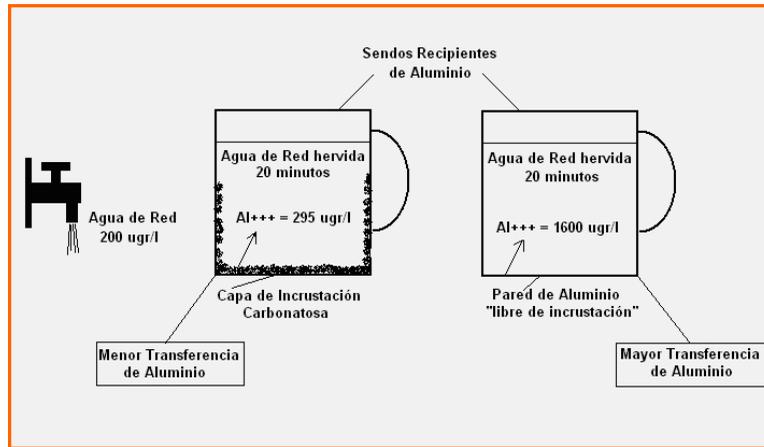


Fig. 3 - Muestra como influyen las incrustaciones carbonatas disminuyendo la transferencia del aluminio hacia el agua.

**Nota:** El pH del agua posee una marcada influencia en la transferencia del aluminio hacia el agua, en tal sentido, pHs ligeramente alcalinos que no superan el valor de 8,5 liberan menos aluminio que las aguas neutras o ligeramente ácidas, lo cual se visualiza en la figura 4.

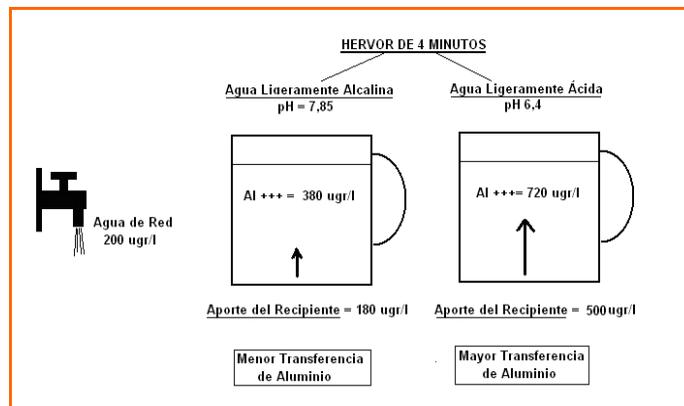


Fig. 4 - Influencia del pH en la transferencia de aluminio hacia el agua

### Curva de transferencia de aluminio desde el recipiente hacia el agua

-Se pudo comprobar realizando extracciones seriadas de muestras cada 5 minutos, desde un recipiente donde se calentaba agua, que hay un incremento brusco en las concentraciones de aluminio en los primeros 5 minutos hasta alcanzar el hervor, para luego estabilizarse en una meseta con pendiente muy suave, ver figura 5.

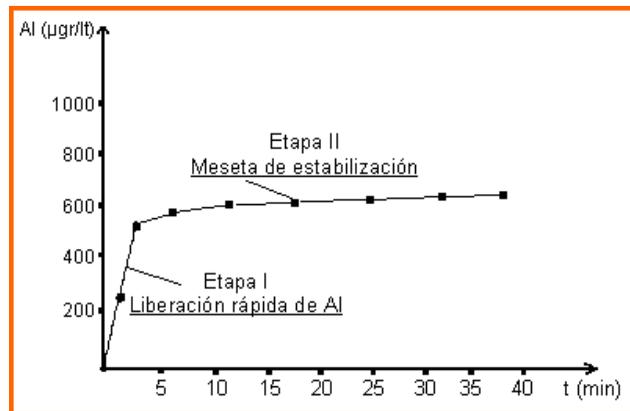


Fig. 5 - Esta gráfica muestra la curva de liberación del aluminio hacia el agua, observándose que la mayor cantidad ocurre en los primeros 5 minutos

La explicación de este último fenómeno no ha sido estudiada todavía, aunque se supone que podría deberse a fenómenos de pasivación de la superficie de aluminio provocada por oxidaciones, carbonataciones o depósitos de sustancias orgánicas, las cuales desaparecen al lavar el utensilio con detergentes, limpieza mecánica y dejarlo escurrir y secar hasta el próximo uso. Tal como se esperaba, el cocimiento de aguas y de alimentos en acero inoxidable y en vidrio pirex de boro silicato sódico, no exhibió transferencia de aluminio hacia los medios.

La sorpresa ocurrió con los utensilios enlozados, de los cuales no se esperaba la liberación de aluminio, sin embargo se comprobó que si emiten aluminio, aunque en concentraciones menores pero no despreciables, ver figura 6.

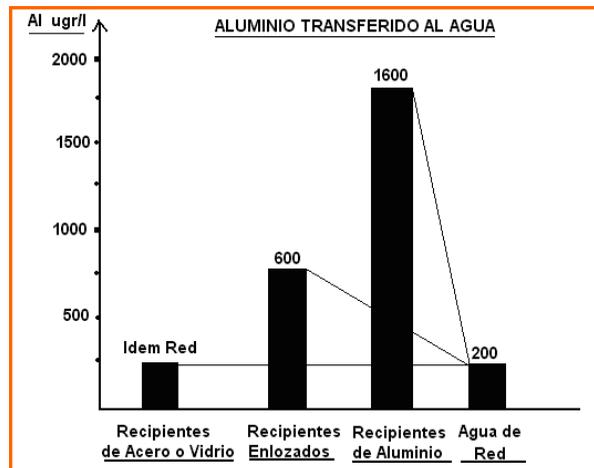


Fig. 6 - Comparación del aluminio liberado por diferentes materiales

Al revisar la bibliografía se encontró que el hierro enlozado, se fabrica a partir de arcillas y caolines que contienen sílico aluminatos de composiciones variables:  $(\text{SiO}_3)_3 \text{H}_2 \text{Al K}$  y  $(\text{SiO}_4)_2 \text{H}_2 \text{Al}_2 \text{H}_2\text{O}$

La ebullición con el agua produce un cierto grado de hidrólisis que libera concentraciones apreciables de aluminio, aunque por debajo de la mitad de lo que liberan los recipientes de aluminio puro.

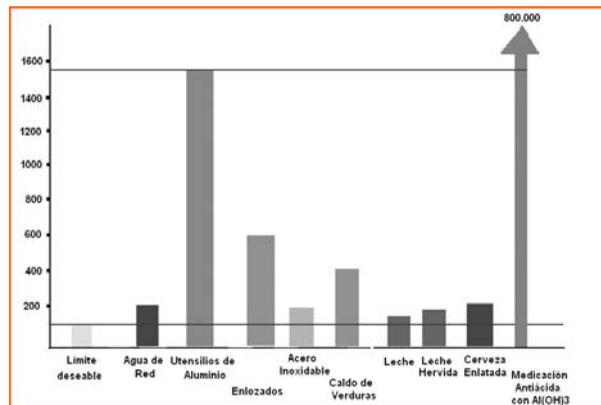


Diagrama comparativo de concentraciones de aluminio liberados por diferentes materiales hacia el agua y adsorbidos por distintos alimentos

### CONCLUSIONES

Todas las personas que cocinan el agua y los alimentos en recipientes de aluminio se exponen a dosis hasta 8 veces superiores al nivel máximo de aluminio que aporta el agua potable.

Si se cocina en recipientes enlozados esa dosis se reduce por debajo de la mitad, y se hace nula si se eligen utensilios de acero inoxidable, hierro o vidrio tipo Pyrex de borosilicato.

La cocción de alimentos y en especial aquellos que son ricos en grasas, reduce la tasa de transferencia del aluminio desde el recipiente hacia el medio.

Los enlatados de aluminio anodizado conteniendo bebidas gaseosas y cervezas no aportan mas aluminio

que el aportado por el agua potable de Tucumán.

El pH ligeramente alcalino del agua y la presencia de incrustaciones sobre las paredes interiores de los recipientes, reducen la disolución del aluminio en el agua comparativamente a los recipientes nuevos, y a las aguas neutras o ligeramente ácidas.

El almacenamiento de alimentos ácidos, salsas, jugo de tomates, frutas en forma de ensaladas y jugos frutales de pH bajo, extraen aluminio de las paredes del recipiente, pasando a la fase líquida y a los alimentos.

Los medicamentos neutralizadores de la acidez gástrica compuestos por hidróxido de aluminio aportan 5.000 veces más aluminio que el agua potable.

Nota / El presente trabajo, no aborda el estudio de la absorción gastrointestinal del aluminio desprendido por los utensilios, lo cual podría resultar motivo de ulteriores investigaciones con seres humanos voluntarios sometidos a ingestas de aguas aluminizadas y controles secuenciados de aluminemia.

### RECOMENDACIONES

-En los enfermos renales crónicos sometidos a terapias sustitutivas tales como la hemodiálisis, se deberá considerar la posibilidad de evitar cocinar aguas y alimentos con utensilios de aluminio, ya que en la diálisis aún en condiciones de óptima calidad de agua, están expuestos a una gran carga de elementos químicos procedentes del agua y de los preparados que se utilizan.

-No se recomienda cocinar ni almacenar en utensilios de aluminio alimentos conteniendo vinagre ni limón, tampoco salsas, ni tomates, ni frutas en general, ya que el bajo pH y la elevada acidez movilizan grandes cantidades de aluminio.

### REFERENCIAS

- 1-Métodos Standard para el Examen de Aguas, 11<sup>o</sup> edición, American Public Health Association, American Works Association, Water Pollution Control Federation Parte I Aluminio.
- 2-Química General Moderna Babor J Ibarz Aznarez J, Cap 34, Editorial Marín, Barcelona
- 3-Código Alimentario Argentino, capítulo IV, Artículo 184, Utensilios, Recipientes, Envases, Envolturas, Aparatos y Accesorios.
- 4-Código Alimentario Argentino, Capítulo XII, Artículo 982, bebidas analcohólicas, bebidas hídricas, agua y agua gasificada, agua potable.
- 5- BROWN, P., Researchers divided over Alzheimer's and aluminium, *New Scientist*, pp. 28, 21 Ene 1989.
- 6- CANNATA, J. B., DOMINGO, Aluminium toxicity in mammals, *Vet Hum Toxicol*, 31 (6), pp. 577-83, Dic 1989.
- 7- CHAN, S., GERSON, B., Technical aspects of quantification of aluminium, *Clin Lab Med*, 10 (2), pp. 423-33, Jun 1990.
- 8- COUNOT-WITMER, G., PLANCHOT, J. J., Parathyroid gland in chronic aluminium intoxication, 14 (3), pp. 211-19, May - Jun 1990.
- 9- HEWITT, C. D., SAVORY, J., WILLS, M. R., Aspects of aluminium toxicity, *Clin Lab Med*, 10 (2), pp. 403-22, Jun 1990.
- 10- MARTYN, C., BARKER, D., OSMOND, C., HARRIS, E., EDWARSON, J., LACEY, R., Geographical relation between Alzheimer's Disease and aluminium in drinking water, *The Lancet*, pp. 59-62, Ene 1989.
- 11- Mc FARLANE, M., Aluminium menace in tropical wells, pp. 38-40, 3 Ago 1991.
- 12- MILLER, R., STOBER, J., Occurrence of aluminium in drinking water, *Journal of the American Water Works Association*, 76 (1), pp. 84-91, Ene 1984.
- 13- PRESCOTT, ANN., What's the harm in aluminium ?, *New Scientist*, pp. 58-62, 21 Ene 1989.
- 14- ROMERO, R. A., Evaluación electroquímica de metales en el agua de consumo de Maracaibo, *Acta Científica Venezolana*, Suplemento 1, Vol 41, pp. 333, 1990.
- 15.- *The Lancet*, Aluminium and Alzheimer's disease, 14 Ene 1989.