

Fluoruración del Agua: Evaluación de las Ventajas y Riesgos para la Salud

**Drinking Water Fluoridation.
Evaluation of Health Advantages and Risks**

Dr. Andrei N. Tchernitchin*

Resumen

Se presenta un análisis crítico de la fluoruración del agua potable, analizando las ventajas, desventajas y riesgos para la salud de dicho procedimiento. Ventajas: el flúor es un agente preventivo de la formación de caries en regiones geográficas donde sus niveles naturales en el agua son bajos, en donde con su adición al agua se ha logrado una disminución de la incidencia de caries dentarias; esta disminución no ha sido tan notoria en poblaciones en donde existe acceso a dentífricos y fármacos fluorurados. Desventajas y riesgos para la salud: la fluoruración del agua aumenta la incidencia de fluorosis dental. Incrementa la incidencia de diversas fracturas causadas por osteoporosis en la edad senil, y en especial, las de cadera en mujeres y hombres ancianos expuestos a fluoruro durante período inmediatamente posterior a su menopausia o climaterio masculino. Antagoniza la incorporación de calcio en diversos órganos y sistemas, en las neuronas inhibiendo su crecimiento axonal, en leucocitos afectando varias de sus funciones. Inhibe la inmunidad y la actividad fagocitaria de macrófagos, e induce proteína de shock térmico. Disminuye la tolerancia a la glucosa y estimula la proliferación de células de osteosarcoma. Es posible su relación con ocurrencia del síndrome de Down. La exposición perinatal a fluoruro puede causar efectos diferidos persistentes que favorezcan el desarrollo de diversas patologías más tarde en la vida. Se concluye que la fluoruración del agua es inocua o beneficiosa durante edades tempranas de la vida (niños y adolescentes) pero que es altamente inconveniente durante edades más avanzadas; en consecuencia, se recomienda preferir la administración de fluoruro adicionado a productos alimenticios que sean consumidos sólo por niños y adolescentes.

Abstract

This article presents a critical analysis of water fluoridation, with an analysis of advantages, disadvantages and risks for health. Advantages: fluoridation prevents caries development in regions where natural fluoride levels are low, where its addition to water caused a decrease in caries incidence; this decrease was not so noticeable in populations with access to fluoridated tooth paste or pharmaceuticals. Disadvantages and health risks: water fluoridation increases incidence of dental fluorosis. It increases the incidence of various bone fractures due to osteoporosis during senile age, and specially, hip fractures in women and men exposed to fluoride immediately following their menopause or andropause. It antagonizes calcium uptake in various organs and systems, in the neurons inhibiting their axonal growth, in leukocytes affecting various functions. It inhibits immunity and the phagocytic activity of macrophages, and induces heat shock protein. It decreases glucose tolerance and stimulates osteosarcoma cell proliferation. Its relation with Down syndrome occurrence is possible. Perinatal exposure to fluoride may cause persistent delayed effects favoring the development of various diseases later in life. It is concluded that water fluoridation is innocuous or beneficial during early ages (child and adolescent) of life, but that is highly inconvenient during older ages; consequently, it is recommended the preference of fluoride administration added to food products consumed exclusively by children or adolescents.

* Dr. Andrei N. Tchernitchin, Médico Universidad de Chile; Profesor Titular del Instituto de Ciencias Biomédicas, Facultad de Medicina, Universidad de Chile; Consejero General (Santiago) del Colegio Médico de Chile; Presidente, Comisión de Salud y Medio Ambiente del Colegio Médico de Chile; Director Científico, Consejo de Desarrollo Sustentable de Chile - atcherni@med.uchile.cl y atchernitchin@medicosdesantiago.cl

Introducción.

Se considera que el flúor es un agente preventivo de la formación de caries, cuando accede al organismo en cantidades adecuadas (1). Por este motivo, en algunas regiones geográficas donde los niveles naturales de fluoruro en el agua son bajos, se ha procedido a fluorurar los abastos de agua potable (2). Además, se ha procedido a adicionar fluoruro a diversos dentífricos, a prescribir fármacos fluorurados, o aplicar flúor en forma tópica en diversos procedimientos odontológicos.

Con los procedimientos anteriores, se ha logrado una disminución de la incidencia de caries, en especial en la población infantil y adulta joven (1). Sin embargo, también se ha detectado un aumento de la incidencia de fluorosis dentales (3), originadas no sólo del aumento de la concentración del flúor en el agua, sino que también de su ingestión proveniente de las demás fuentes (dentífricos, medicamentos, alimentos ricos en flúor). También se ha detectado el aumento de la incidencia o gravedad de algunas patologías, tales como la osteoporosis postmenopáusica y senil y de sus consecuencias más graves, fracturas de cadera. Estos antecedentes, que motivaron la prohibición de la fluoruración del agua en diversos países, forman parte de la presente evaluación de la conveniencia de este procedimiento, tomando en consideración tanto efectos favorables como los riesgos y los efectos adversos sobre la salud.

Ventajas de la Fluoruración del Agua.

Se acepta que la fluoruración de los abastos de agua potable hasta un nivel de 1 ppm cuando sus concentraciones han sido inferior a 0,3 ppm, ha causado la disminución de la incidencia de caries dentales en la población infantil (1). Esta disminución de caries no ha sido tan manifiesta en países en los cuales la población tiene acceso a dentífricos fluorurados, medicamentos para suplementar la ingesta de flúor y otros procedimientos odontológicos (enjuagatorios, aplicaciones tópicos, etc.). Hay algunos autores que proponen que la fluoruración del agua produce efectos mínimos o inexistentes cuando la población tiene acceso a otras medidas, incluyendo medidas de higiene oral adecuadas (4).

Generalmente se acepta que la suplementación de flúor presenta ventajas durante los primeros años de vida y la adolescencia, pero numerosos científicos no la recomiendan para la mujer embarazada por los posibles riesgos que pueda conllevar.

Se considera que uno de los mecanismos protectores del flúor contra la formación de caries es su incorporación a la hidroxiapatita del esmalte durante el

período de calcificación de éste, formando la fluorapatita, de tal manera que sus cristales son de mayor tamaño y menos solubles en los ácidos. Con posterioridad a la calcificación de la matriz del esmalte y antes de la erupción del diente, el flúor continúa depositándose en sus zonas más externas, proceso que continúa durante el período post-eruptivo.

También se ha descrito una acción antimicrobiana bucal por efecto del flúor y una acción inhibitoria sobre la fosfatasa ácida de *Mycoplasma fermentans*, ambos efectos ejercen una acción protectora en contra de la formación de caries dentales. Por último, también se ha descrito que el flúor disminuye la sensibilidad dental.

Riesgos para la Salud Derivados de la Mayor Ingesta de Flúor.

Fluorosis. La desventaja de la fluoruración del agua más antiguamente conocida es el aumento de la incidencia de la fluorosis. Esta es una alteración hipoplásica o de hipomineralización del esmalte dentario por ingestión crónica de fluoruros, en dosis excesiva, durante los primeros años de vida, y que se caracteriza clínicamente, en su menor grado, por opacidades de color blanco-tiza que afectan dientes homólogos. La fluorosis es, por lo general, leve si los niveles de flúor no sobrepasan 1 ppm y no existe ingreso adicional importante de flúor de otras fuentes, como son la ingesta de dentífricos, medicamentos fluorurados o de cantidades importantes de alimentos que contengan flúor (té, pescado, etc.). Si la ingesta de estos últimos aumenta o el contenido de flúor en el agua potable es mayor, son frecuentes los casos de fluorosis moderada o severa. La fluorosis moderada se caracteriza por afectar toda la superficie dentaria, apreciándose marcada atricción y manchas color marrón-café que afectan de manera importante la estética. La fluorosis severa se caracteriza porque la totalidad de la superficie dentaria está alterada por marcadas hipoplasias, afecta la forma dentaria, en la que se encuentran fosas, grietas y manchas café que afectan a la mayoría de los dientes. Se ha descrito aumento de incidencia de fluorosis en consumidores de agua fluorurada, aún a concentraciones menores de 1 ppm; si bien la fluorosis leve no constituye un riesgo para la salud pública, afecta la estética lo cual indirectamente puede traer consecuencias en la salud y calidad de vida de las personas afectadas (5-7).

Osteoporosis y fracturas óseas. Recientes estudios epidemiológicos han demostrado que la fluoruración de abastos de agua potable en una comunidad en Utah, Estados Unidos, a un nivel de 1,0 ppm, en comparación de dos comunidades de características semejantes que consumían aguas no fluoruradas con niveles de fluor bajo 0,3 ppm, han revelado por efecto de la fluoruración un aumento

importante de la incidencia de diversas fracturas causadas por osteoporosis que se producen en la edad senil, tanto en hombres como en mujeres (8). Entre ellas, las fracturas de cadera se han duplicado en edades susceptibles (a los 75 años de edad en mujeres que han vivido en la comunidad con aguas fluoruradas en períodos inmediatamente posteriores a su menopausia, y a los 80 o más años en varones de la misma comunidad). Esto puede explicarse porque después de la menopausia en la mujer y alrededor de los 55-60 años en el varón se produce un período de remodelación ósea en el cual los huesos se hacen sensibles al ion flúor.

Se ha descrito un aumento adicional de fracturas óseas y alteraciones morfológicas óseas al comparar áreas que presentan en forma natural 4 ppm de fluoruro, en comparación con áreas fluoruradas al 1 ppm (9). Otros estudios epidemiológicos confirman la correlación regional entre el aumento de fracturas de cadera y la mayor concentración de fluoruro en el agua potable (10).

Hay otros estudios que confirman el efecto nocivo de niveles altos de fluor en la mujer postmenopáusica. Riggs y Cols. (11) encontraron que la terapia de la osteoporosis de estas mujeres con fluoruro causa un aumento del porcentaje de hueso poroso, produce una disminución del hueso compacto cortical, lo cual causa un aumento de la fragilidad ósea y un aumento de la incidencia de fracturas óseas, con la excepción de las fracturas de vértebras.

Otros efectos adversos del fluoruro. El aumento de la concentración de flúor también antagoniza la incorporación de calcio en otros sistemas. Inhibe el crecimiento axonal de las neuronas al antagonizar la entrada de calcio a las células (12). Antagoniza los mecanismos de activación de entrada de calcio a los leucocitos, estando en este proceso involucrado el elemento sensible del GTP (13), lo cual puede modificar diversas funciones de los leucocitos, entre ellas, funciones de defensa antimicrobiana, funciones inmunes y endocrinas (14). Puede inhibir también las funciones inmunitarias por dos mecanismos adicionales: produce una inhibición metabólica de la actividad fagocitaria de los macrófagos (15), e induce proteína de shock térmico (16), por el mismo mecanismo que el arsénico también la induce (ver ref. 17 para una revisión), de tal manera que es posible esperar una potenciación entre los efectos de ambos tóxicos. Esta potenciación de la toxicidad a flúor y arsénico confirma la frecuente descripción de accidentes de intoxicación por flúor en la localidad de Tacoma, Wa, Estados Unidos (18), localidad que ha sido por mucho tiempo contaminada por arsénico proveniente de una planta refinadora de cobre. La posibilidad de interacción entre el fluoruro y el arsénico ha sido también expuesta por otros autores (19).

El aumento de la concentración de flúor también causa una disminución de la tolerancia a la glucosa (20), que puede constituir un problema para los pacientes diabéticos, y que puede ser explicado por una inhibición de la autofosforilación del receptor de insulina inducida por fluoruro (21). El fluoruro también demuestra un efecto mutagénico y toxicidad genética (22-24), que se produce en seres humanos y en primates superiores, no siendo evidente en otras especies usadas previamente en este tipo de estudios. El fluoruro estimula la proliferación de células de osteosarcoma (25) e inhibe la lisis de células de neuroblastoma mediada por leucocitos neutrófilos (26). Por último, se ha descrito que el flúor inhibe la entrada de calcio a las plaquetas (27), aumentando la coagulabilidad de la sangre, e inhibe la síntesis de colágeno en la pulpa dentaria (28).

Se ha encontrado una relación entre la fluoruración del agua y la ocurrencia del síndrome de Down (29, 30). Esta relación que no ha sido confirmada por otros estudios, por lo que recientemente se ha sugerido que todavía faltan estudios para poder concluir dicha relación en forma definitiva (31).

Efectos diferidos por exposición perinatal a fluoruro, por el mecanismo del imprinting. La posibilidad de inducción de efectos diferidos persistentes por exposición prenatal, perinatal o infantil a fluoruro no ha sido investigada para verificar si ocurre el mecanismo del imprinting (heterodiferenciación o reprogramación celular) (32, 33). Este mecanismo es un proceso que causa malformaciones bioquímicas, que frecuentemente se manifiestan como alteraciones funcionales debido a alteraciones en la cantidad o calidad de receptores hormonales en algunos tipos celulares de ciertos órganos. Estas alteraciones son irreversibles; de tal manera que los efectos adversos persisten toda la vida y pueden ser la causa del desarrollo de diversas enfermedades más tarde en la vida. La exposición de fetos, neonatos o niños durante los primeros años de su vida a numerosas sustancias exógenas, en concentraciones que no son las habituales, es causa de estas alteraciones que pueden producir un grave deterioro en la salud que se va a evidenciar muchos años más tarde. Es fundamental, en consecuencia, que se investigue la posibilidad de efectos diferidos por exposición prenatal, perinatal o infantil a fluoruro, aún cuando ya existen algunos trabajos que han demostrado cambios irreversibles causados por este mecanismo. En animales de experimentación se demostró que la exposición de hembras preñadas a fluoruro produjo en la generación F1 déficit neuroconductual (34) y una persistente hipocalcemia (35). Estos resultados en animales de experimentación sugieren la posibilidad de que la fluoruración del agua potable cause efectos adversos en la salud humana, posibilidad que es necesario investigar.

Conclusiones.

Se puede concluir que no es conveniente la fluoruración del agua potable, aún en zonas donde sus niveles son bajos, con el fin de no sobrepasar niveles de 0,2 o 0,3 ppm, para evitar complicaciones graves para la salud (fracturas de cadera en personas sobre 60 años de edad). También es necesario realizar investigaciones sobre inducción de vías de heterodiferenciación o reprogramación celular (imprinting) para investigar los posibles efectos diferenci-

dos de exposición prenatal o postnatal precoz a niveles superiores de fluoruro. Aún cuando la fluoruración del agua sea inocua o beneficiosa para edades tempranas de la vida (niños y adolescentes), es altamente inconveniente para edades más avanzadas. En consecuencia, es más recomendable la administración de fluoruro adicionado a productos como la sal (siempre que exista como alternativa sal sin fluoruro para edades o condiciones de salud donde esté contraindicado), o la adición de fluoruro a alimentos que sean consumidos solo por niños y adolescentes.

Referencias

1. Mella S, Atalah E, Aranda W, Montagna R. *Caries dentaria en Chile y su relación con contenido natural de fluoruros en las aguas de consumo*. *Odont Chil* 1993; 41:47-53
2. Zusman SP, Natapov L, Ramon T. *Fluoridation of drinking water, why is it needed? Refuat Hapeh Vehashinayim* 2004; 21:74-83
3. Weber García A, Gómez Soler S. *Prevalencia y severidad de fluorosis en dentición temporal en zona fluorurada*. *Rev Dent Chile* 1993; 84:161-165
4. Colquhoun J. *Influence of social class and fluoridation on child dental health*. *Commun Dent Oral Epidemiol* 1985; 13:37-41
5. Griffin SO, Beltran ED, Lockwood SA, Barker LK. *Esthetically objectionable fluorosis attributable to water fluoridation*. *Community Dent Oral Epidemiol* 2002; 30:199-209
6. Albrecht M, Maros E. *Dental fluorosis in children in Bar and Dunaszekcsó in the 6-18 age group*. *Orv Hetil* 2004; 145:229-232
7. Whelton HP, Ketley CE, McSweeney F, O'Mullane DM. *A review of fluorosis in the European Union: prevalence, risk factors and aesthetic issues*. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2004;32 Suppl 1:9-18
8. Danielson C, Lyon JL, Egger M, Goodenough GK. *Hip fractures and fluoridation in Utah's elderly population*. *J Amer Med Assn* 1992; 268:746-748
9. Sowers MR, Clark MK, Jannausch ML, Wallace RB. *A Prospective study of bone mineral content and fracture in communities with differential fluoride exposure*. *Amer J Epidemiol* 1991; 133:649-660
10. Jacobsen SJ, Goldberg J, Miles TP, Brody JA, Stiers W, Rimm AA. *Regional variation in the incidence of hip fracture. US white women aged 65 years and older*. *J Amer Med Assn* 1990; 264:500-502
11. Riggs BL, Hodgson SF, O'Fallon WM, Chao EYS, Wahner HW, Muhs JM, Cedel SL, Melton LJ III. *Effect of fluoride treatment on the fracture rate in postmenopausal women with osteoporosis*. *N Engl J Med* 1990; 322:802-809
12. Nakagawa-Yagi Y, Saito Y, Kitoh N, Ogane N, Fijisawa E, Nakamura H. *Fluoride causes suppression of neurite outgrowth in human neuroblastoma via an influx of extracellular calcium*. *Biochem Biophys Res Commun* 1993; 191:727-736
13. Jaconi ME, Lew DP, Monod A, Krause KH. *The regulation of store-dependent Ca²⁺ influx in LH-60 granulocytes involves GTP-sensitive elements*. *J Biol Chem* 1993; 268:26075-26078
14. Tchernitchin AN, Mena MA, Soto J, Unda C. *The role of eosinophils in the action of estrogens and other hormones*. *Med Sci Res*. 1989; 17:5-10
15. Baca OG, Klassen DA, Aragon AS. *Entry of Coxiella burnetii into host cells*. *Acta Virol Praha* 1993; 37:143-155
16. Lai YK, Shen CH, Cheng TJ, Hou MC, Lee WC. *Enhanced phosphorylation of a 65 kDa protein is associated with rapid induction of stress proteins in 9L rat brain tumor cells*. *J Cell Biochem* 1993; 51:369
17. Tchernitchin AN, Tchernitchin N. *Posibles efectos en la salud de la contaminación de aire, aguas y alimento con arsénico en Chile*. *Rev Chil Nutr* 1991; 19:149-163
18. Porterfield E. *Hazards lurk in toothpaste tube. Enumclaw sisters' illness traced at last to chemicals*. *The News Tribune, Tacoma Wa*, April 5, 1994, p B1
19. Del Razo LM, Corona JC, Garcia-Vargas G, Albores A, Cebrian ME. *Fluoride levels in well-water from a chronic arsenic area of Northern Mexico*. *Environ Pollut* 1993; 80:91-94

20. Trivedi N, Mithal A, Gupta SK, Godbole MM. Reversible impairment of glucose tolerance in patients with endemic fluorosis. *Fluoride Collaborative Study Group. Diabetologia* 1993; 36:826-828
21. Vinals F, Testar X, Palacin M, Zorzano A. Inhibitory effect of fluoride on insulin receptor autophosphorylation and tyrosine kinase activity. *Biochem J* 1993; 291:615-622
22. Kishi K, Ishida T. Clastogenic activity of sodium fluoride in great ape cells. *Mutat Res* 1993; 301:183-188
23. Hayashi N, Tsutsui T. Cell cycle dependence of cytotoxicity and clastogenicity induced by treatment of synchronized human diploid fibroblasts with sodium fluoride. *Mutat Res* 1993; 290:293-302
24. Zeiger E, Shelby MD, Witt KL. Genetic toxicity of fluoride. *Environ Mol Mutagen* 1993; 21:309-318
25. Reed BY, Zerwekh JE, Antich PP, Pak CY. Fluoride-stimulated [³H]thymidine uptake in a human osteoblastic osteosarcoma cell line is dependent on transforming growth factor beta. *J Bone Miner Res* 1992; 8:19-25
26. Barker E, Reisfeld RA. A mechanism of neutrophil-mediated lysis of human neuroblastoma cells. *Cancer Res.* 1993; 53:362-367
27. Ozaki Y, Satoh K, Yatomi Y, Kume S. Low concentrations of sodium fluoride inhibit Ca²⁺ influx induced by receptor-mediated platelet activation. *Biochim Biophys Acta* 1993; 1147:27-34
28. Veron MH, Couble ML, Magloire H. Selective inhibition of collagen synthesis by fluoride in human pulp fibroblasts in vitro. *Calcif. Tissue Int* 1993; 53:38-44
29. Rapaport I. Contribution a l'étude du mongolisme, role pathogenique du fluor. *Bull Acad Nat Med Par* 1957; 140:529-531
30. Rapaport I. Oligophrenic mongolienne et caries dentaires. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 1963; 46:207-218
31. Whiting P, MacDonagh M, Kleijnen J. Association of Down's syndrome and water fluoride level: a systematic review of the evidence. *BMC Public Health* 2001; 1(1):6. Epub 2001 Jul 24.
32. Tchernitchin AN, Tchernitchin N. Imprinting of paths of heterodifferentiation by prenatal or neonatal exposure to hormones, pharmaceuticals, pollutants and other agents and conditions. *Med Sci Res* 1992; 20:391-387
33. Tchernitchin AN, Tchernitchin NN, Mena MA, Unda C, Soto J. Imprinting: Perinatal exposures cause the development of diseases during the adult age. *Acta Biol Hung* 1999; 50:425-440
34. Mullenix PJ, Denbesten PK, Schunior A, Kernan WJ. Neurotoxicity of sodium fluoride in rats. *Neurotoxicol Teratol.* 1995; 17:169-177
35. Verma RJ, Sherlin DM. Hypocalcaemia in parental and F1 generation rats treated with sodium fluoride. *Food Chem Toxicol* 2002; 40(4):551-554