

FLUORIDE CONCENTRATION IN DRINKING WATER: ITS RELATIONSHIP WITH DENTAL FLUOROSIS AND BONE FRACTURES

Alarcón Herrera. Ma. Teresa^{*(1)}, Rodríguez Dozal Sandra⁽²⁾, Trejo Vázquez. Rodolfo⁽³⁾, Martín Domínguez Ignacio R⁽¹⁾.

⁽¹⁾Centro de investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), Av. Miguel de Cervantes 120, Chihuahua Chih. , México, e-mail alarcont@yakko.cimav.edu.mx

⁽²⁾ Instituto Tecnológico de Durango

⁽³⁾ Depto. de Ing. Química, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Apartado Postal 616-1, Aguascalientes, Ags. 20000

Abstract: *Fluoride is one of the most common elements in the earth crust. Its presence in underground water is due to infiltration and dissolution of this element from soil and rocks. In the Guadiana Valley (The city of Durango and its surroundings, Mexico), the drinking water supply comes from underground wells and is characterised by a high content of this element.*

In this study, a quantitative diagnostic of health effects in the population was made in the Guadiana valley through a multistage sampling per conglomerates of the population. The damage caused by fluoride was quantified using the DEAN index. This parameter was associated with fluoride concentration in drinking water. Study results showed a high association between the degree of damage evaluated through the index and the fluoride concentration in drinking water. In the part of valley with fluoride concentrations higher than 12 mg/l, all the children interviewed showed dental fluorosis and 35% of them had suffered serious damage. Adults also show in this zone a severe dental damage (33%). We also observed a high linear correlation between the DEAN index and the frequency of broken bones.

Key words: *Fluoride, drinking water, dental fluorosis, bone fractures*

* To whom all correspondence should be addressed.

CONCENTRACIÓN DE FLÚOR EN EL AGUA POTABLE: SU RELACIÓN CON LA FLUOROSIS DENTAL Y FRACTURA DE HUESOS

Alarcón Herrera. Ma. Teresa^{*(1)}, Rodríguez Dozal Sandra⁽²⁾, Trejo Vázquez. Rodolfo⁽³⁾, Martín Domínguez Ignacio R⁽¹⁾.

⁽¹⁾Centro de investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), Av. Miguel de Cervantes 120, Chihuahua Chih. , México, e-mail alarcont@yakko.cimav.edu.mx

⁽²⁾ Instituto Tecnológico de Durango

⁽³⁾Depto. de Ing. Química, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Apartado Postal 616-1, Aguascalientes, Ags. 20000

Resumen. *El flúor es uno de los elementos más comunes de la corteza terrestre. Su presencia en el agua se debe principalmente a la infiltración y disolución de estos elementos del suelo y rocas que los contienen, por lo que ésta situación se presenta con mayor frecuencia en las aguas subterráneas, donde la composición geológica del suelo y las condiciones son favorables para su disolución. En la región de la ciudad de Durango y poblados cercanos (Valle del Guadiana), la fuente de abastecimiento de agua para consumo humano es de origen subterráneo, y esta caracterizada por tener altos contenidos de flúor.*

En este estudio, se hizo un diagnóstico cuantitativo, del grado de fluorosis dental de la población del Valle del Guadiana, y se relaciono con la ingestión de agua con altos contenidos de flúor. El grado de fluorosis se cualifica a través del índice de DEAN. Encontrándose: una gran asociación entre el grado de afección evaluado a través del índice y la concentración de flúor en el agua consumida. En la zona con concentraciones de flúor mayores a 12 mg/l todos los niños en edad escolar entrevistados muestran fluorosis dental y el 35% de ellos muestra daños severos. La población adulta muestra también un alto grado de afección severa en dicha zona (33%). Se observo también una correlación lineal entre el índice de DEAN y el riesgo de ocurrencia de fracturas óseas en la población.

Palabras clave: *flúor, agua potable, fluorosis dental*

INTRODUCCIÓN

La ingestión de flúor a bajas concentraciones (≤ 1 mg/L) se considera benéfica por su capacidad de prevenir las caries dentales. Sin embargo, el consumo prolongado de agua con altos contenidos de flúor puede dar lugar a la fluorosis de dientes y huesos, y si la concentración es muy alta, puede originar serios daños a la salud, tales como reumatismo, fragilidad de los huesos, e incluso rigidez total y deformación ósea (PNUD, 1990).

* A quien deberá enviarse toda correspondencia.

La normatividad mexicana establece como concentración máxima permisible 1.5 mg/L de flúor en el agua de abastecimiento público y 0.7 mg/L como máximo permisible para el consumo humano. De acuerdo a análisis previos realizados por diferentes investigadores, se determinó que las concentraciones de flúor en la cd. de Durango excedían entre 200 y 300% los valores máximos permitidos y que más del 95% de la gente está expuesta a concentraciones de flúor mayores a 2 mg/L. (Trejo et al 1997; Ortiz et al; 1998).

En un estudio realizado en el Estado de Durango en 1982, con relación al flúor, se reporta que la población de niños de 6-12 años de edad presenta un índice de fluorosis promedio de acuerdo a la metodología de DEAN de 1.42, en este estudio no se midió la concentración de flúor en el agua (SSA, 1982).

Dado que la presencia de flúor supera altamente las concentraciones recomendadas por los criterios nacionales, se considera importante determinar el grado de fluorosis en la población para establecer el impacto a escala odontológico, así como las necesidades de atención y de tratamiento del agua de consumo de la población.

METODOLOGIA

Universo de Estudio. Para propósitos de determinación de la concentración de flúor en el agua, el universo está constituido por los pozos abastecedores del Valle. Para fines de evaluación epidemiológica el universo está conformado por los habitantes del Valle del Guadiana.

Muestreo de pozos. Se tomaron muestras de los pozos de abastecimiento de la ciudad (51) y el Valle (23), y de acuerdo a los resultados obtenidos se estratificaron las zonas según los niveles de concentración de flúor (Tabla 1). Mediante muestreo polietápico por conglomerados¹ se seleccionaron 380 familias asignándose de 77 a 80 por cada zona, obteniendo un total de 1437 personas representativas de las diferentes áreas de exposición. Dado que los efectos del flúor se manifiestan claramente en la población escolar, se consideró por separada la población escolar de 6 a 12 años de edad y de estos, solo aquellos que han vivido en la zona permanentemente (334 niños).

Tabla 1. Definición de las áreas de concentración de flúor

	Concentración de flúor (ppm)	Número de pozos	
		Ciudad	Valle
Zone I	No-detectable - 1.5	2	10
Zone II	1.51 - 4.9	47	5
Zone III	5 - 8.4	2	4
Zone IV	8.5 - 11.9	---	2
Zone V	12 - 16	---	2

¹ Cada conglomerado está formado por 4 colonias

Instrumentos y técnicas analíticas:

1. Cuestionario mixto con reactivos para obtener datos sociodemográficos significativos. El cuestionario se elaboró de acuerdo a los objetivos de estudio y previamente a su aplicación se realizó una prueba piloto en la población.

2. Para la determinación analítica de flúor se uso el método del SPANDS, recomendado por los métodos estándar de análisis (APHA, AWWA, WPCF, 1989). Se obtuvieron muestras del total de los pozos de abastecimiento de agua de la ciudad y del valle, esto debido a que la mayoría de ellos abastecen individualmente a diferentes colonias y poblados; el período de caracterización fue de un año, estableciéndose una frecuencia de muestreo trimestral.

3. Medición en la población del grado de daño dental (índice de DEAN). El personal que participó en el trabajo de campo fue entrenado con el propósito de uniformar el procedimiento de la entrevista, la cual fue dirigida a obtener información sociodemográfica, epidemiológica y estomatológica. El personal que evaluó la condición odontológica estuvo cegado a la información referente a los niveles de concentración de F en el agua.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Determinación de niveles de concentración de flúor

Los resultados del muestreo indican que el 4% de los pozos de la ciudad tienen concentraciones de flúor dentro del límite recomendado por las NOM (1.5 ppm). El 96% de los pozos de la ciudad se ubican en concentraciones mayores a éste límite. No obstante que en los poblados del Valle, el 43.5% de los pozos se encuentran con valores \leq a 1.5 ppm. Otro 43.5% cae dentro de un intervalo de 4 a 22 ppm.

Descripción epidemiológica

El total de la población encuestada en las diferentes zonas, se clasifico en 2 grupos: a) escolares (6-12 años de edad) y b) adultos (> 13 años), encontrándose la distribución mostrada en la **Tabla 2**

Tabla 2. Clasificación de la población entrevistada

Zonas	No. de escolares (6-12 años)	No. de adultos (> 13 años)	Población entrevistada
1	96	204	300
2	113	187	300
3	38	262	300
4	28	252	280
5	60	197	257
5	335	1102	1437

En dicho cuadro se observa que la cantidad de escolares y adultos encuestados por zona es diferente, esto se debe a que la muestra fue constituida por la población total y el número de niños identificados por zona fue completamente aleatorio.

Los resultados de la evaluación de la fluorosis dental se presentan en la **Tabla 3**. Para la zona I, donde la calidad del agua abastecida esta dentro de los límites permisibles el 24 % de escolares no presenta lesión dental, sin embargo el 76% de la población escolar presenta algún grado de afección, predominando el grado 1 con 59%. En el grupo de adultos 26% no presenta daño.

En la zona II, para ambos grupos, se aprecia que el comportamiento es similar al de la zona I. Sin embargo, el porcentaje de individuos sin daño es menor y para los escolares, la proporción que se observa con índices de 2 y 3 aumenta.

La zona III se caracteriza por tener concentraciones de F entre 3 y 6 veces el límite permisible, el porcentaje de escolares sin daño dental es solo del 5%, y de adultos de 1%. En la zona IV, el comportamiento es diferente al presentado en las zonas anteriores, se observa que con respecto a las zonas anteriores hay un incremento en los casos que no presentan daño en ambos grupos, pero también en esta zona se presentan mayores porcentajes de afectación seria para escolares y severa para adultos.

La zona V, área caracterizada por tener las más altas concentraciones de F, presenta una marcada tendencia de aumento del índice, ya que no se detectaron individuos sin afección. Los resultados de la encuesta en esta zona, son preocupantes, ya que los escolares de esta zona, no-solo tienen los dientes manchados, sino que el 35% de ellos tienen el riesgo de perder las piezas dentales a edades muy tempranas pues ya muestran un grado de fluorosis dental severo.

Tabla 3. Clasificación de la población de acuerdo a los diferentes grados de fluorosis dental identificados.

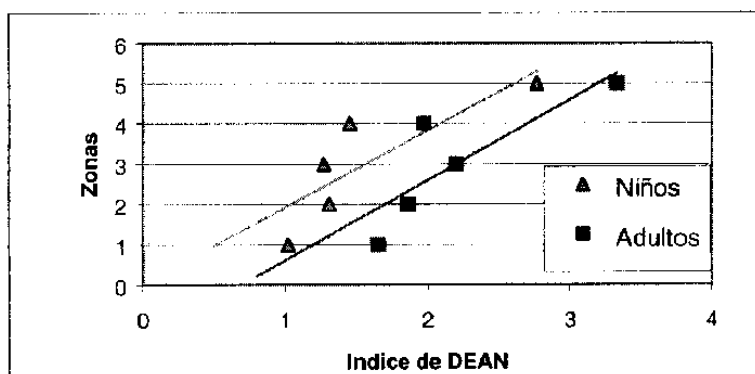
Flúor (ppm)	No. Niños	No. Adultos	Clasificación de fluorosis dental									
			Normal(0)		Dudosa(1)		Suave(2)		Moderado(3)		Severo(4)	
			%	%	%	%	%	%	%	%		
0.00-1.5	96	204	24	26	59	22	10	21	5	23	2	8
1.51-4.90	113	187	14	12	56	35	17	19	11	21	2	12
5.00 - 8.40	38	262	5	1	66	32	26	24	3	32	0	11
8.50-11.90	28	252	15	11	48	35	17	17	14	20	5	17
12.00-16	60	197	0	0	17	0	24	0	24	67	35	33
Total	335	1102	13	10	50	26	17	17	11	32	8	16

El índice de fluorosis cuantitativo para cada una de las zonas de exposición se presenta en la Tabla 4. Como se puede observar en dicha tabla y en la **Figura 1**, la prevalencia y severidad de la fluorosis demuestra una correlación positiva con el contenido de flúor en el agua abastecida en las diferentes zonas.

Tabla 4. Índice de fluorosis dental comunitario para niños y adultos de acuerdo al contenido de flúor en el agua de consumo.

ZONA	Flúor (ppm)	No. Niños	No. Adultos	Índice de Dean niños	Índice de Dean Adultos
I	0.00-1.5	96	204	1.02	1.65
II	1.51- 4.90	113	187	1.31	1.86
III	5.00 - 8.40	38	262	1.27	2.20
IV	8.50-11.90	28	252	1.45	1.97
V	12.00-16	60	197	2.77	3.33
Total		335	1102	1.50	2.19

Figura 1 Grados de fluorosis dental registrados en las diferentes zonas de concentración de flúor.

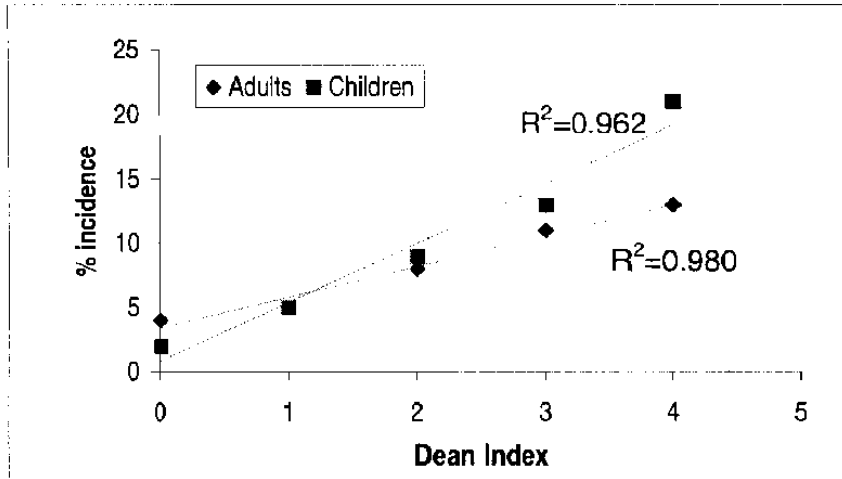


Fracturas óseas

Asociando el índice de DEAN observado con el número de fracturas óseas reportadas en la encuesta, se observa que a medida que el índice aumenta, la frecuencia de fracturas también se incrementa. En la Figura 2 se muestra la

tendencia positiva de dicha asociación. La correlación lineal obtenida fue de $r^2 = 0.962$ para niños y de $r^2 = 0.980$ para adultos.

Figura 2. Fractura de huesos vs. Índice de DEAN



Conclusiones

De acuerdo a los datos presentados, se observa una clara tendencia epidemiológica del deterioro dental en la medida que se incrementan las concentraciones de flúor en el agua de consumo humano, de tal forma que las condiciones más favorables de acuerdo a la evaluación del índice de DEAN se observaron en el grupo de individuos residentes de la zona I (concentraciones de F no detectables a 1.5 ppm), y la situación más desfavorable epidemiológicamente se identificó en los grupos de residentes de la zona 5 (zona con más alto nivel de concentración de F). Lo cual no implica que se concluya la existencia de una relación directa causa - efecto, lo que se puede inferir es un mayor incremento de riesgo en los habitantes de las zonas con altos niveles de concentración de flúor.

El índice de fluorosis del grupo de escolares se ha incrementado de 1.42 en 1982 a 1.5 en el presente estudio.

Existe una asociación positiva entre índice de DEAN y riesgo de fractura ósea.

Referencias

APHA, AWWA, WPCF(1989). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition. Washington, D.C..

Ortiz D., Castro L., Turrubiarres F., Milan J., Díaz-Barriga F. (1998) Assessment of the Exposure to Fluoride from Drinking Water in Durango, Mexico, using a Geographic Information System. Fluoride, 31(4):183-187.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (1990) Organización de las Naciones Unidas, la India Lucha contra los peligros del flúor. Sección tecnología, New York U.S.A.pp 15-18.

Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) (1982). Subsecretaría de Asistencia, Dirección General de Normas de Unidades de Atención Médica. Investigación Epidemiológica sobre Caries Dental y Fluorosis en Escolares.

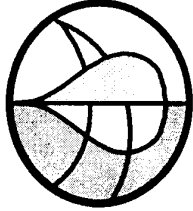
Trejo R., Alarcón M.T., Martínez Y., Romero P., Salvador J. (1997) Niveles de Fluoruros en el Agua de los Pozos de la Ciudad de Durango. Ingeniería Hidráulica en México, 12(3):51-57.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue posible realizarlo gracias al apoyo económico otorgado a través del convenio 9502160 por el Sistema de Investigación Francisco Villa (SIVILLA). dependiente del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en México. Las Instituciones participantes fueron: Instituto Tecnológico de Durango, Secretaría de Salud, Delegación Durango, Facultad de Odontología de la UJED, y Comisión Nacional del Agua.



**LA UNIVERSIDAD AUTONOMA
METROPOLITANA
EL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA
UNAM**



CINAM

**EL COLEGIO DE INGENIEROS
AMBIENTALES DE MEXICO, A.C.**

Otorgan la siguiente constancia a:

**Ma. Teresa Alarcón Herrera, Sandra Rodríguez Dozal,
Rodolfo Trejo Vázquez, Ignacio R. Martín Domínguez**



Por su participación como ponente en el 2do. Simposio Internacional de Tratamiento y Reuso del Agua, Aguas Residuales y Residuos Industriales, que se llevó a cabo en la Cd. de México los días 6, 7, 8, 9 y 10 de Noviembre del 2000.

Ing. Abelardo González Aragón
Colegio de Ingenieros Ambientales
de México A.C.

Dra. Mabel Vaca Mier
Coordinadora del Simposio