

Asociación de la exposición al flúor con la capacidad intelectual infantil en niños escolares

Karla Escalante-Villalobos, Brenda Pérez-Aguirre, Alfredo Nevarez-Rascón, Martina Nevarez-Rascón
y Uriel Soto-Barreras

Facultad de Odontología

Universidad Autónoma de Chihuahua
Chihuahua, Chih., México

[brperez, alnevarez]@uach.mx, [karla.yev, martina.nevarez]@gmail.com

*Autor de correspondencia usoto@uach.mx

Abstract— The objective of this study was to evaluate the impact of fluoride exposure and consumption on the infant intellectual capacity. One hundred and sixty-one children from nine to 10 years of age were selected in the city of Chihuahua, Mexico. The concentration of fluoride in drinking water and urine was analyzed individually. The infant intellectual capacity was evaluated through the Raven Progressive Matrices Test (colored scale). In addition, potentially confusing variables such as nutritional status and socioeconomic status were analyzed. Nearly 50% of the population presented mild fluorosis. No relationship was found between infant intellectual capacity and fluoride exposure. However, a decreasing trend in the infantile intellectual capacity level was observed when the socioeconomic level decreased.

Keyword— *Fluoride, intelligence, intelligence tests.*

Resumen— El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la exposición al flúor y la capacidad intelectual infantil. Se seleccionaron 161 niños de 9 a 10 años de edad en la ciudad de Chihuahua, México. La concentración de flúor en el agua potable y orina se analizó de forma individual. Se evaluó la capacidad intelectual infantil a través de Matrices Progresivas de Raven (escala de colores). Además, se analizaron variables potencialmente confusas como el estado nutricional y el nivel socioeconómico. Casi el 50% de la población presentó fluorosis leve. No se encontró relación entre la capacidad intelectual infantil y la exposición al flúor. Se observó una tendencia decreciente en la capacidad intelectual infantil cuando disminuyó el nivel socioeconómico.

Palabras claves— *Fluuro, inteligencia, pruebas de inteligencia.*

I. INTRODUCCIÓN

La fluorosis dental se define como una hipomineralización del esmalte producida por la ingesta de flúor con una relación dosis-respuesta durante la formación del esmalte [1]. El flúor persiste por mucho tiempo en el cuerpo humano, aproximadamente el 80% que entra al cuerpo se excreta principalmente a través de la orina; el resto se absorbe en diversos tejidos del cuerpo, donde se libera muy lentamente [2]. En la fluorosis dental, la función ameloblástica se caracteriza por una interrupción del depósito de la matriz orgánica, que trae como resultado la formación de prismas de esmalte irregulares [1]. Clínicamente el esmalte es poroso, a menudo manchado y tiene fosas marrones, y en su forma más severa es quebradizo y propenso a la erosión y la fractura. La fluorosis dental y su gravedad dependen de la duración de la exposición a la concentración de fluoruro [3]. En México la prevalencia de fluorosis es de 60,5% entre las comunidades expuestas a niveles de fluoruro mayores a 1.5 mg/L [4].

Diversos estudios epidemiológicos han establecido efectos perjudiciales de la exposición a altos niveles de fluoruro que han llevado a la disminución de la capacidad intelectual de los niños y aumento de la prevalencia de la fluorosis dental y esquelética [3, 5-7]. Reportes de más de 20 años sobre la asociación del fluoruro y el bajo cociente intelectual en China han mostrado que los niños que viven en un área de fluorosis tienen hasta cinco veces mayores probabilidades de desarrollar un bajo cociente

intelectual respecto a los que viven en áreas sin fluorosis o áreas de fluorosis leve [5]. Así mismo, se ha descrito que el fluoruro produce cambios bioquímicos y funcionales perjudiciales en el cerebro humano en desarrollo [8], y actúa como agente neurotóxico en modelos animales [9]. Algunos estudios reportan que el aumento de las concentraciones de fluoruro en el agua de consumo se asocia con déficit de la capacidad intelectual, en comparación con los niños expuestos a concentraciones normales [6,7]. Además, se ha establecido que niveles de fluoruro del agua potable superiores a 1,0 mg/L pueden afectar negativamente al desarrollo de la inteligencia de los niños [7]. Sin embargo, estos estudios no consideran a fondo posibles factores potencialmente confusores, tales como nutrición, estado socioeconómico, lugar de residencia, etc.

Según la OMS el estado de Chihuahua se encuentra entre las ciudades con mayor concentración de fluoruro, y en el cual, no se han reportado estudios donde se demuestre si hay relación entre el alto consumo de fluoruros y una baja capacidad intelectual en niños. Se requieren investigaciones sustantivas y datos de calidad para abordar el costo beneficio de la exposición al flúor, así como el posible efecto adverso en el desarrollo intelectual de los niños, tomando en cuenta todas aquellas variables asociadas y potencialmente confusoras en el diseño del estudio. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar el impacto de la exposición y consumo de flúor en la capacidad intelectual en niños escolares.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Población de estudio

Se incluyeron 161 sujetos de 9 a 10 años de edad con o sin fluorosis dental que cumplieran con los requisitos de inclusión y exclusión. Los sujetos se seleccionaron mediante un muestreo multietápico. En la primera etapa, ciudad se incluyeron 13 escuelas primarias públicas de un grupo inicial de 73 escuelas, a través de un muestreo aleatorio por conglomerado en la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México. Posteriormente, mediante un muestreo no probabilístico consecutivo, se seleccionaron estudiantes de cuarto grado de 9 a 10 años de edad para mantener el mismo nivel de grado y realizar una evaluación intelectual más objetiva. Todos los tutores aceptaron la participación de los menores en el estudio y fueron informados del mismo. Se les dio una explicación verbal del estudio, mencionando sus ventajas y desventajas y al finalizar la explicación, el tutor firmó el consentimiento informado. Además, todos los sujetos de estudio aceptaron participar con una carta de aceptación.

Así mismo, se realizó una historia clínica médica que incluyó los datos generales de cada paciente, antecedentes patológicos y tipo de medicamentos administrados. Los datos concernientes al estado nutricional se obtuvieron mediante el índice de masa corporal basado en percentiles de acuerdo al peso, talla y edad en menores del Centro para control y prevención de la enfermedad (CDC). El estado socioeconómico se evaluó utilizando el Índice de Nivel Socioeconómico de la Asociación Mexicana de Agencia Investigación de Mercados y Opinión Pública.

B. Evaluación clínica y análisis de exposición al flúor

Un solo examinador calibrado realizó los exámenes dentales en todas las personas asistidas por un colaborador como registrador. Los exámenes se realizaron en sus aulas, utilizando una unidad dental portátil y una luz artificial en condiciones estandarizadas. La experiencia con caries se estimó de acuerdo con las pautas de la OMS. La fluorosis dental se evaluó en las superficies vestibular, oclusal y lingual de acuerdo con el Índice Thylstrup-Fejerskov (TF). Las superficies de los dientes se secaron utilizando una gasa estéril y algodón. El examen se realizó con espejos dentales estériles y un explorador

estéril para confirmar los hallazgos de caries dentales. La confiabilidad entre examinadores e intraexaminadores con respecto al diagnóstico de caries dental y fluorosis dental se analizó mediante el coeficiente de correlación intraclass, obteniendo puntuaciones superiores a 0.85.

Se obtuvieron muestras del agua de mayor consumo de cada uno de los sujetos en frascos de polietileno. Así mismo, se recopilaron muestras de la primera orina de la mañana de cada sujeto en frascos de polietileno con 0.2g de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Las muestras fueron transportadas en hieleras y posteriormente se mantuvieron en refrigeración a una temperatura de 2 °C hasta su análisis. Se prepararon cinco soluciones de estándar en el rango de referencia de 0,01 a 100 µg F- / ml mediante diluciones apropiadas. En el análisis, se mezclaron 10 ml de muestras de orina en un agitador magnético a temperatura ambiente con 10 ml de solución tampón de ajuste de fuerza iónica total (TISAB). Se utilizó el electrodo selectivo de iones fluoruro (Orion 9609BNWP, Ionplus Sure-Flow Fluoride Electrode, Thermo Scientific, EE. UU.) para medir la concentración de flúor de las muestras. Todas las muestras se analizaron por triplicado y las soluciones de referencia fueron analizadas en las mismas condiciones.

C. Evaluación de la capacidad intelectual

La capacidad intelectual se evaluó con las matrices progresivas de colores de Raven (RCPM). La prueba de RCPM se administró de acuerdo con las instrucciones para la administración grupal en el aula por un investigador y el maestro regular de los niños estuvo presente durante la prueba. Se dieron instrucciones correspondientes a las pautas oficiales establecidas. La prueba consistió en 36 ítems en tres series de 12: A, AB y B. La prueba de RCPM está indicada para niños de 5 a 11 años con un sesgo cultural mínimo14, y ha sido útil determinar la interrelación entre el ambiente y el entorno, nutrición y desarrollo mental en la población escolar15. No se impuso un límite de tiempo y la finalización de la prueba duró aproximadamente 30 minutos. Los resultados obtenidos se convirtieron en percentil según la edad, y luego el puntaje general en la evaluación individual se calificó de la siguiente manera: Grado I = Habilidad intelectual superior (puntuación \geq percentil 95); Grado II = Por encima del promedio (puntaje \geq 75 percentil y $<$ percentil 95); Grado III = Promedio (puntaje $>$ percentil 25 y $<$ percentil 75); Grado IV = Inferior al Promedio (puntaje $>$ percentil 5 y percentil \leq 25) y Grado V = Intelectualmente Defectuoso (puntaje \leq percentil 5) (Raven J & 1998.).

D. Análisis estadístico

En el análisis estadístico, los datos cualitativos se expresaron como frecuencia y porcentaje. Los datos cuantitativos fueron expresados como media y desviación estándar. Para determinar la distribución de las variables se utilizó kolmogorov smirnov y Bartlet para homogeneidad de varianzas. Se establecieron comparaciones entre grupos mediante el análisis de la varianza ANOVA para variables cualitativas y Chi-Cuadrado para variables cualitativas. El análisis estadístico se realizó con los paquetes SAS 9.0 y SPSS 23.0.

III. RESULTADOS

Se evaluaron un total de 193 niños en un periodo comprendido entre mayo de 2017 y diciembre de 2017. De acuerdo a los criterios de selección se obtuvo una muestra de 161 menores. La tabla I describe las características generales de la población de estudio. Se observó una distribución similar de ambos sexos, predominando el sexo masculino. Así mismo, en la evaluación de medidas antropométricas, la mayor parte de los niños se ubicaron dentro de peso normal, seguido de obesidad, sobre peso y bajo peso con un porcentaje de 63.4%, 17.4%, 16.8% y 2.5% respectivamente. En el presente estudio, más del 80% de la muestra se encontró en los niveles socioeconómicos de clase media

baja y clase baja. Finalmente, la principal fuente de agua de consumo registrada fue agua directamente de la llave.

Tabla I. Características básicas de la población de estudio

Variable	Frecuencia (%)
Sexo	
Masculino	88 (54.7)
Femenino	73 (45.3)
IMC*	
Bajo peso	4 (2.5)
Normal	102 (63.4)
Sobrepeso	27 (16.8)
Obesidad	28 (17.4)
Tipo de agua	
Llave	76 (47.2)
Garrafón	57 (35.4)
Filtro	28 (17.4)
Nivel Socioeconómico	
Clase alta (Nivel A/B)	0 (0)
Clase media alta Nivel C+	3 (1.9)
Clase media Nivel C	16 (9.9)
Clase media baja Nivel D+	100 (62.1)
Clase baja Nivel D	39 (24.2)
Clase marginada Nivel E	3 (1.9)

La figura 1 muestra la distribución de los grados de capacidad intelectual en la muestra evaluada. El grado III representó casi la mitad de la población (49.06%), seguido del grado II (27.32%), el grado IV (17.39%) y en muy bajo porcentaje los grados I y V (3.72%, y 2.48% respectivamente).

La tabla II muestra la relación entre la exposición al flúor y características generales comparadas con la capacidad intelectual infantil. El promedio de edad se observó similar en todas las categorías de capacidad intelectual. Así mismo, la distribución de ambos sexos fue homogénea, sin mostrar tendencia alguna. Respecto a los niveles de flúor dental, no se observaron resultados o asociación significativa. En los distintos niveles de fluorosis dental la mayor parte de los sujetos de estudio se ubicaron dentro de la categoría de capacidad intelectual promedio. Además, no se encontró ninguna relación entre la exposición al flúor (flúor en agua, flúor en orina e ingesta de flúor) y la capacidad intelectual. Cabe destacar, que los niños ubicados dentro del grado I mostraron una mayor concentración de flúor en el agua de consumo y la ingesta de la misma. Sin embargo, la mayor concentración de flúor en orina estuvo en el grado III. En relación a las medidas antropométricas, no se encontraron diferencias significativas o alguna relación con la capacidad intelectual infantil.

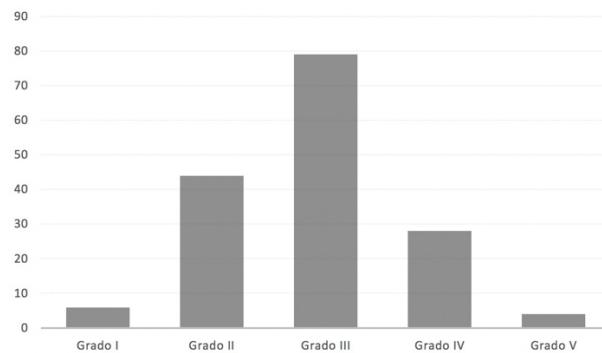


Fig. 1. Resultados del test de capacidad intelectual en la muestra evaluada.

Tabla II. Asociación de exposición a flúor y características generales con la capacidad intelectual

Variable	Grado I	Grado II	Grado III	Grado IV	Grado V	P*
Edad, Media (DE)	9 (0)	9.02 (0.26)	9.26 (0.4)	9.29 (0.6)	9.7 (0.5)	0.878
Sexo, F (%)						
Masculino	4 (4.5)	25 (28.4)	43 (48.9)	14 (15.9)	2 (2.3)	0.950
Femenino	2 (2.7)	19 (26)	36 (49.3)	14 (19.2)	2 (2.7)	
Fluorosis dental F (%)						
No fluorosis	0 (0)	10 (43.5)	9 (39.1)	4 (17.4)	0 (0)	0.768
Fluorosis leve	4 (5.1)	19 (24.1)	41 (51.9)	13 (16.5)	2 (2.5)	
Fluorosis moderada	2 (5.7)	9 (25.7)	15 (42.9)	8 (22.9)	1 (2.9)	
Fluorosis severa	0 (0)	6 (25)	14 (58.3)	3 (12.5)	1 (4.2)	
Exposición al flúor Media (DE)						
Flúor en agua (mg/L)	1.48 (1.13)	1.11 (1.10)	1.06 (1.06)	1.10 (1.18)	0.79 (1.17)	0.923
Flúor en orina (mg/L)	0.45 (0.35)	0.54 (0.29)	0.61 (0.38)	0.56 (0.33)	0.35 (0.19)	0.446
Ingesta de flúor (mg/L)	1.21 (0.96)	0.93 (0.99)	0.84 (1.0)	0.91 (1.12)	0.59 (1.04)	0.786
Medidas antropométricas F (%)						
Bajo peso	0 (0)	0 (0)	4 (100)	0 (0)	0 (0)	0.127
Normal	5 (4.9)	30 (29.4)	46 (45.1)	20 (19.6)	1 (1.0)	
Sobrepeso	1 (3.7)	9 (33.3)	14 (51.9)	3 (11.1)	0 (0)	
Obesidad	0 (0)	5 (17.9)	15 (53.6)	5 (17.9)	3 (10.7)	
Nivel socio-económico F (%)						
Clase alta	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0.01
Clase media alta	1 (33.3)	2 (66.7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
Clase media	3 (18.8)	4 (25.0)	9 (56.3)	0 (0)	0 (0)	
Clase media baja	1 (1.0)	31 (31)	46 (46)	20 (20)	2 (2.0)	
Clase baja	1 (2.6)	6 (15.4)	23 (59)	7 (17.9)	2 (5.1)	
Clase marginada	0 (0)	1 (33.3)	1 (33.3)	1 (33.3)	0 (0)	

IV. DISCUSIÓN

En el presente estudio, se observó un aumento en la concentración del fluoruro tanto en el agua de consumo como en la orina en niños con mayores grados de fluorosis dental. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la concentración de fluoruro en agua de consumo y la ingesta diaria de

fluoruro en el grupo de fluorosis severa en comparación con los grupos de no fluorosis y fluorosis leve. Estos resultados concuerdan con lo reportado en diferentes estudios que establecen que, a mayor concentración en el agua de consumo, aumenta la prevalencia y severidad de fluorosis dental [10,11].

La mayoría de los estudios han sugerido una asociación negativa entre la exposición al flúor y el nivel de inteligencia de los niños [3,6,7]. A pesar de que en el presente estudio los niveles de flúor en el agua potable y orina oscilaron entre 0.05 mg/L - 2.93 mg/L y 0.11 mg/L - 2.10 mg/L respectivamente, no encontramos relación alguna entre ningún tipo de exposición al flúor (concentración de flúor en el agua potable, flúor urinario, fluorosis dental, dosis de exposición) y la capacidad intelectual de los niños evaluados.

Algunos estudios han comparado a la población infantil en función de las concentraciones de flúor de los pozos de las áreas de estudio de acuerdo a la región geográfica [3,6,12]. Sin embargo, la diferencia en el nivel de inteligencia no debe limitarse a las concentraciones de flúor entre regiones, ya que podrían estar involucradas otras características ambientales o sociales. Esta investigación se llevó a cabo en una sola ciudad, y las variables como la edad, el nivel académico, el sistema educativo y el área de asentamiento se controlaron mediante selección. Además, la exposición al flúor se estimó a nivel individual.

Es importante destacar que la única variable en la que se observaron resultados significativos en relación a la capacidad intelectual infantil fue el nivel socioeconómico, con una tendencia decreciente en el nivel intelectual infantil a medida que disminuye el nivel socioeconómico. Por lo tanto, los grados de capacidad intelectual no necesariamente están dados por la exposición al flúor, si no que podrían depender de múltiples factores sociales y naturales, como la condición económica, la cultura, el entorno familiar y el tipo de educación.

La falta de asociación encontrada en el presente estudio puede explicarse parcialmente por las diferencias en los niveles de flúor, las características de la población o las covariables no identificadas. Así mismo, nuestros resultados son consistentes con los hallazgos de un estudio prospectivo previo con un seguimiento de más de 30 años de la cohorte, que no encontró una relación entre la exposición al flúor y el nivel de capacidad intelectual [13].

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que los niveles de flúor en agua de consumo y en orina no presentan una asociación significativa con la capacidad intelectual infantil. Se recomienda realizar futuros estudios que permitan determinar el rol del nivel de exposición al flúor como posible efecto adverso en el desarrollo intelectual.

RECONOCIMIENTOS

Esta investigación fue apoyada por el programa PRODEP del Ministro de Educación de México (SEP) a través de las becas de investigación F-PROMEP-38 / Rev-04 SEP-23-005.

REFERENCIAS

- [1] Aoba, T., & Fejerskov, O. (2002). Dental fluorosis: chemistry and biology. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 13(2), 155-170.
- [2] Fejerskov, O., Manji, F., & Baelum, V. (1990). The nature and mechanisms of dental fluorosis in man. *Journal of dental research*, 69(2_suppl), 692-700..
- [3] Das, K., & Mondal, N. K. (2016). Dental fluorosis and urinary fluoride concentration as a reflection of fluoride exposure and its impact on IQ level and BMI of children of Laxmisagar, Simlapal Block of Bankura District, WB, India. *Environmental monitoring and assessment*, 188(4), 218.
- [4] Mariño, R. (2013). The prevalence of fluorosis in children is associated with naturally occurring water fluoride concentration in Mexico. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 13(3), 100-101.
- [5] Tang, Q. Q., Du, J., Ma, H. H., Jiang, S. J., & Zhou, X. J. (2008). Fluoride and children's intelligence: a meta-analysis. *Biological trace element research*, 126(1-3), 115-120.
- [6] Xiang, Q., Liang, Y., Chen, L., Wang, C., Chen, B., Chen, X., ... & Shanghai, P. R. (2003). Effect of fluoride in drinking water on children's intelligence. *Fluoride*, 36(2), 84-94.
- [7] Lu, Y., Sun, Z. R., Wu, L. N., Wang, X., Lu, W., & Liu, S. S. (2000). Effect of high-fluoride water on intelligence in children. *Fluoride*, 33(2), 74-78.
- [8] Du, L. (1992). The effect of fluorine on the developing human brain. *Zhonghua bing li xue za zhi= Chinese journal of pathology*, 21(4), 218-220.
- [9] Mullenix, P. J., Denbesten, P. K., Schunior, A., & Kernan, W. J. (1995). Neurotoxicity of sodium fluoride in rats. *Neurotoxicology and teratology*, 17(2), 169-177.
- [10] Heller, K. E., Eklund, S. A., & Burt, B. A. (1997). Dental caries and dental fluorosis at varying water fluoride concentrations. *Journal of Public Health Dentistry*, 57(3), 136-143.
- [11] McDonagh, M. S., Whiting, P. F., Wilson, P. M., Sutton, A. J., Chestnutt, I., Cooper, J., ... & Kleijnen, J. (2000). *Systematic review of water fluoridation*. *Bmj*, 321(7265), 855-859.
- [12] Khan, S. A., Rahul Kumar Singh, S. N., Chadha, D., Johri, N., Navit, P., Sharma, A., & Bahuguna, R. (2015). Relationship between dental fluorosis and intelligence quotient of school going children in and around Lucknow District: a cross-sectional study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 9(11), ZC10.
- [13] Broadbent, J. M., Thomson, W. M., Ramrakha, S., Moffitt, T. E., Zeng, J., Foster Page, L. A., & Poulton, R. (2015). Community water fluoridation and intelligence: prospective study in New Zealand. *American journal of public health*, 105(1), 72-76.