

Consumo de agua fluorada por niños mexicanos y su relación con la presencia de caries y fluorosis dental.

Edgardo Osorio Cuvas¹ , Isaac Misael Lucas Gómez² , Jesús Alejandro Ruiz Valencia³ ,
Laura Cristina Vargas López⁴ .

Resumen: Introducción. La caries y la fluorosis dental son un problema de salud pública, su relación con los niveles de fluoruro que se consumen deben de ser analizados y reportados. **Objetivo.** Analizar los niveles de fluoruro en el agua que consumen niños en edad escolar. A partir de los resultados obtenidos establecer su relación con la prevalencia y severidad de fluorosis y caries dental. **Material y métodos.** Se tomaron en total 52 pruebas de cuatro diferentes fuentes de agua. Se determinó la prevalencia y severidad de fluorosis mediante el índice de Dean y se utilizó ICDAS para identificar la caries, que posteriormente se clasificó según su profundidad a 64 niños. Se realizó estadística descriptiva y multivariada. **Resultados.** Los valores más altos de fluoruros en agua fueron los obtenidos en el agua de pozo con 1,63 ppm, seguido por el agua de manantial con 1,47 ppm. Se encontraron las siguientes relaciones: a) cuando un niño refiere no tomar agua de una purificadora esto se relaciona con la presencia de fluorosis y caries, b) en los niños que no toma agua del manantial ni de la llave, pero si toma agua de la purificadora, la fluorosis y la caries están ausentes. **Conclusiones.** Los niveles de fluoruros en el agua de manantial y de la llave rebasaron los límites permitidos y su consumo se relaciona con la presencia de fluorosis y caries.

Palabras clave: Caries dental, fluorosis, México, odontopediatría, salud pública.

Consumo de água fluoretada por crianças mexicanas e sua relação com a presença de cárie e fluorose dentária.

Resumo: Introdução. A cárie e a fluorose dentária são um problema de saúde pública, sua relação com os níveis de fluoreto consumidos deve ser analisada e reportada. **Objetivo.** Analisar os níveis de fluoreto na água consumida por crianças em idade escolar. A partir dos resultados obtidos, estabelecer sua relação com a prevalência e severidade de fluorose e cárie dentária. **Material e métodos.** Foram coletadas em total 52 amostras de quatro fontes diferentes de água. A prevalência e severidade de fluorose foram determinadas mediante o índice de Dean e o ICDAS foi utilizado para identificar a cárie, que posteriormente foi classificada conforme sua profundidade, em 64 crianças. Realizou-se estatística descritiva e multivariada. **Resultados.** Os valores mais altos de fluoretos em água foram os obtidos na água de poço com 1,63 ppm, seguida pela água de nascente com 1,47 ppm. Foram encontradas as seguintes relações: a) quando uma criança relata não beber água de uma purificadora, isso está associado à presença de fluorose e cárie, b) nas crianças que não bebem água de nascente nem da torneira, mas sim da purificadora, a fluorose e a cárie estão ausentes. **Conclusões.** Os níveis de fluoreto na água de nascente e da torneira ultrapassaram os limites permitidos e seu consumo se relaciona com a presença de fluorose e cárie.

Palavras-chave: Cárie dentária, fluorose, México, odontopediatría, saúde pública.

¹ Licenciado en Odontología. Práctica privada. Metepec, México.

² Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo, Pachuca de Soto, México.

³ Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

⁴ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, San Juan Tilcuaútl, México.

Fluoridated Water Consumption by Mexican Children and Its Relation with the Presence of Caries and Dental Fluorosis.

Abstract: Introduction. Caries and dental fluorosis represent a public health problem; their relation with the fluoride levels consumed must be analyzed and reported. **Objective.** To analyze the levels of fluoride in the water consumed by school-age children. From the obtained results, to establish its relation with the prevalence and severity of fluorosis and dental caries. **Materials and methods.** A total of 52 samples were collected from four different water sources. The prevalence and severity of fluorosis were determined through the Dean index, and the ICDAS was used for the classification according to depth in 64 children. A descriptive and multivariate statistical study was conducted. **Results.** The highest values of fluorides in water were those obtained in well water with 1.63 ppm, followed by spring water with 1.47 ppm. The following relations were found: (a) when the child mentions not drinking water from a purification plant, this is related to the presence of caries and fluorosis; (b) in children who do not drink from a spring or the faucet, but they drink purified water, fluorosis and caries are absent. **Conclusions.** The levels of fluorides in spring and tap water exceeded the permitted limits, and their consumption is related to the presence of fluorosis and caries.

Key words: Dental caries, fluorosis, Mexico, pediatric dentistry, public health.

Introducción

En todo el mundo los problemas de salud dental son particularmente frecuentes entre los niños de bajos recursos debido a que en muchos países estos carecen de atención bucodental.¹

Si bien el fluoruro es considerado como un excelente protector ante la caries, su excesivo consumo en el ser humano puede generar: fluorosis dental y ósea, trastornos gastrointestinales y la disfunción renal.² Así mismo, la ingesta de fluoruro por periodos prolongados durante la formación del esmalte dental produce cambios clínicos como la aparición de líneas blancas muy delgadas y defectos estructurales graves. La severidad de los cambios depende de la cantidad y el periodo de exposición del fluoruro ingerido.³

La exposición sistemática de la población al flúor mediante su colocación en el agua potable ha sido documentada como

una forma eficaz, segura y económica en la prevención de la caries (al igual que la fluoración de la sal y de la leche).^{1,4} Sin embargo, la falta de agua potable lleva a pobladores de comunidades principalmente rurales a consumir agua de diversas fuentes naturales, las cuales no tienen controlados sus niveles de iones.

Si bien la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que la concentración de iones flúor en agua potable debe encontrarse entre 0,5 a 1,0 ppm.⁵ La Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994⁶ y la NOM-179-SSA1-2020⁷ señalan que la concentración óptima de fluoruro en el agua potable debe de ser idealmente de 1,5 mg/L, y que la frecuencia de monitoreo debe de ser mensual para fuentes de abastecimiento superficiales y semestral para fuentes de abastecimiento subterráneas. En caso de que los parámetros rebasen el 10% del límite permisible debe de realizarse el tratamiento correspondiente para su remoción.

En México la prevalencia de fluorosis en población varía, se ha encontrado que la prevalencia va del 15,5 a 81,7% en áreas donde el nivel de fluoruro es óptimo, sin embargo en zonas con niveles mayores a los permitidos la prevalencia incrementa reportándose de 92 a 100%.⁸ Además de que se ha documentado que existen algunas zonas geográficas con hidrofluorosis endémicas muy acentuadas^{9,10} principalmente en los estados del norte y centro del país, entre los que destacan Chihuahua,¹¹ Durango,¹² y Aguascalientes.² En el Estado de Hidalgo se ha reportado prevalencias entre 68% y 78%, en regiones con niveles de fluoruros en el agua mayor al permitido.¹³

La composición del agua subterránea está determinada principalmente por su tiempo de residencia en el acuífero y por las características de los materiales por donde circula, así como por la presencia de iones.¹⁴ Cuando el agua atraviesa los suelos por percolación disuelve diversos compuestos, entre ellos los de flúor, lo que resulta en concentraciones de fluoruro en los acuíferos, mismas que incrementan en presencia de cesio, litio, cloro, bromo y en aguas termales y subterráneas.¹⁵

La Secretaría de Salud de México recomienda que la población no use sal fluorada en zonas donde la concentración de fluoruro en agua sobrepasa el límite establecido.^{7,16} Considerando que la falta de información publicada sobre la presencia de fluoruros en el agua extraída del subsuelo de esta zona geográfica, decidimos realizar el presente

estudio en el municipio de Metepec, en el Estado de Hidalgo en donde la población consume agua proveniente de cuatro diferentes fuentes: manantiales, tomas (llaves) de agua y de dos establecimientos (purificadoras) de agua. Por lo anterior planteado nuestro objetivo es responder a la siguiente pregunta: ¿Cuál es la asociación entre la presencia de caries y fluorosis y el nivel de iones de flúor en el agua que consumen los niños de la comunidad de la Victoria en el municipio de Metepec, Hidalgo?

Materiales y métodos

Se realizó un diseño de estudio correlacional, transversal no experimental. Con la finalidad de describir con detalle y de forma ordenada la metodología utilizada, a continuación iniciamos describiendo a la población en la que se realizó la investigación para posteriormente, presentar las 2 etapas en las que se divide la investigación.

Población e hidrografía de la localidad

El municipio de Metepec representa el 0,4% de la población estatal y dentro de este se localiza la comunidad de La Victoria perteneciente a la entidad federativa de Hidalgo, México y cuenta con 556 habitantes. Esta comunidad cuenta con una casa de salud y un consultorio dental. Tiene una telesecundaria*, una escuela primaria y un preescolar todos con financiamiento público. Las lenguas indígenas más frecuentes son el otomí y el náhuatl.¹⁷

*TN. Una telesecundaria es una modalidad de educación secundaria mexicana que se caracteriza por el uso de libros de texto gratuitos junto con materiales impresos, audiovisuales y tecnológicos complementarios. Las escuelas de este tipo se encuentran principalmente en comunidades rurales y pueblos pequeños de todo el país.

La localidad cuenta con un abastecimiento de agua entubada conformada por una red de tuberías en toda la localidad, siendo su principal fuente de abastecimiento el agua entubada (con tubería de cloruro de polivinilo clorado) procedente del pozo. Existen además, dos purificadoras de agua (comercios que se dedican a la venta de agua potable generalmente en garrafones de 20 litros) en la comunidad y un pequeño yacimiento de agua.¹⁷

Primera etapa

En una primera etapa se realizó un muestreo periódico de los cuatro principales sitios de consumo de agua utilizados por la población de la comunidad: el manantial o tuberías, el riachuelo, la purificadora 1 y la purificadora 2 (Figura 1).

Los niveles de fluoruro en agua fueron medidos con un colorímetro de fluoruro de bajo rango de la marca Hanna adquirido

específicamente para este proyecto, el cual utiliza el método SPADNS de la *American Chemical Society*.¹⁸ El principio de este método se basa en la reacción entre los iones fluoruro y el complejo colorido de Zirconilo-SPADNS. Este método cubre la determinación de fluoruros en un intervalo de 0 mg/L a 1,4 mg /L. Al aumentar el contenido de fluoruro, la intensidad del color disminuye, siendo por lo tanto la absorción inversamente proporcional a la concentración de fluoruros.¹⁸ Los resultados se muestran en mg/L (ppm) de fluoruro.

Segunda etapa

Se acudió a la escuela primaria “Progreso y Libertad” de la localidad de la Victoria, perteneciente a Metepec Hidalgo para la recolección de datos. Con autorización del director de la institución, se contactó a los padres de familia y maestros encargados para hacerles la invitación a participar en el estudio. Se les dio una plática inicial en donde se les explico a detalle

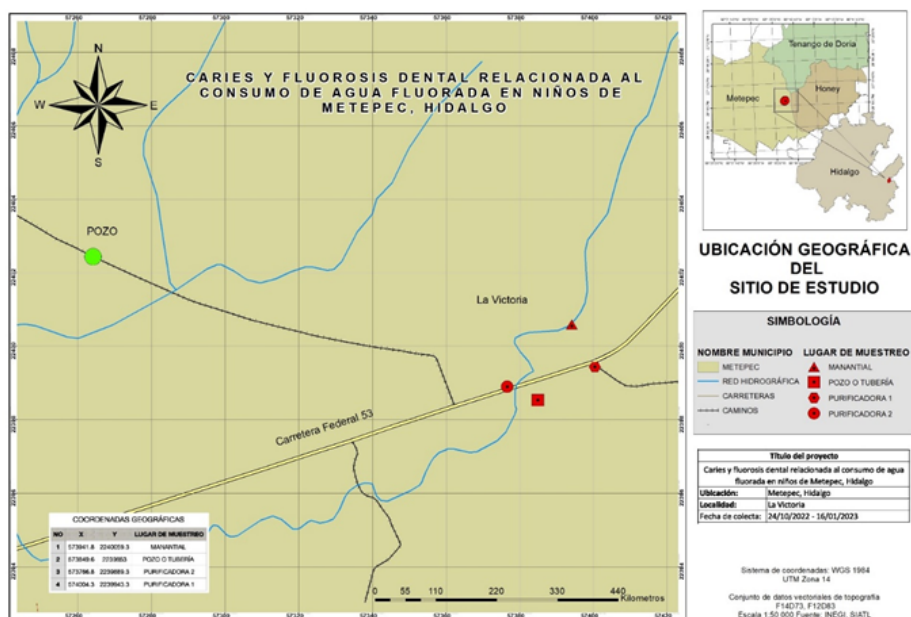


Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de estudio y de los lugares de toma de muestra.

todo el procedimiento, se les entregó un consentimiento informado para su consulta en casa. A los padres de familia que aceptaron que sus hijos participaran se les invito a estar presentes durante las dos visitas que se realizaron y se firmó el consentimiento, todos los tutores hablaban español. Se explicó el procedimiento a los niños y todos participaron voluntariamente.

Inicialmente los alumnos fueron interrogados con una serie de preguntas relacionadas (tabla 1) con el consumo principal de agua de la población estudiantil para lo cual se nos facilitó un espacio exclusivo en el salón de usos múltiples de la escuela primaria.

Después se realizó un examen de

cavidad bucal, que incluyo únicamente tejidos blandos intraorales, para clasificar la caries dental en los niños. Para la identificación de la caries dental se utilizó el método de inspección visual ICDAS.^{19,20} Posteriormente para clasificarlas, se utilizó la propuesta por Higashida que considerando el tejido afectado lo divide en: a) grado 1: afecta solo esmalte, b) grado 2: afecta esmalte y dentina y c) grado 3: afecta esmalte, dentina y pulpa.²¹ Durante el mismo examen se valoró la presencia o ausencia de fluorosis dental. Esta última se clasificó siguiendo las recomendaciones de la OMS, utilizando el índice de Dean considerando las siguientes categorías: sano, dudoso/cuestionable, muy

Tabla 1. Cuestionario de fuentes de consumo de agua.

Fuentes de consumo de agua		
Numero de identificador:		Fecha:
Nombre del alumno:		
Pregunta	Respuestas	
1.- ¿El agua que tomas, de donde la obtienes?	Llave del agua	
	Manantial	
	Purificadora 1	
	Purificadora 2	
2.- ¿Has consumido agua directamente de la llave?	Si	No
3.- ¿Cuántas veces a la semana?		
4.- ¿Has consumido agua de manantial?	Si	No
5.- ¿Cuántas veces a la semana?		
6.- ¿Has consumido agua embotellada/garrafón de alguna de las purificadoras?	Si	No
7.- ¿Cuándo se termina el agua que tomas principalmente, de donde consumes?	Llave del agua	
	Manantial	
	Purificadora 1	
	Purificadora 2	

leve, leve, moderado y severo/grave.^{22,23} Para la presente investigación se consideraron los incisivos superiores centrales y laterales, así como inferiores.

Todas las mediciones fueron realizadas por la misma persona, el investigador principal quien es licenciado en odontología y cuenta con experiencia en la detección y clasificación de lesiones de caries y de fluorosis, con la finalidad de disminuir los sesgos en la medición.

Previo a la evaluación se retiró la placa dentobacteriana con una gasa para mejorar la observación directa de las superficies dentales. Las observaciones se realizaron con luz natural, empleando un espejo plano y explorador dental infantil para facilitar la clasificación y determinar fluorosis dental considerando sus características clínicas como manchas blanquecinas y manchas de color café oscuro, deterioro, fragilidad y pérdida de la estructura dentaria así como lesiones bilaterales simétricas con un patrón horizontal de una parte a otra del diente.

Los procedimientos realizados en la presente investigación no conllevaron riesgos, ya que la participación fue anónima, voluntaria y confidencial. Se informó sobre el procedimiento y dándoles tiempo para consultarlo se realizó la firma de consentimiento informado por parte de los padres, por lo que se respetaron las consideraciones éticas postuladas en la Declaración de Helsinki, la ley general de salud y el manual de la CONBIOÉTICA.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se capturaron en una hoja de datos de Microsoft Excel® para posteriormente analizarse con los programas R v. 4.3.024 y Stata 13®. Se realizaron análisis estadísticos exploratorios

gráficos y no gráficos, para determinar la distribución de los datos.²⁵ Para conocer la diferencia estadística entre los niveles de fluoruros en las cuatro tomas de agua se realizó una prueba para la diferencia de varianzas ANOVA.²⁶ La selección de la prueba se basó en el cumplimiento de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos.²⁷ Con base en los resultados del análisis de varianza, se realizó la prueba de comparaciones de medias de Tukey,²⁸ para identificar diferencias entre las diferentes fuentes de agua. Para conocer la naturaleza de la relación entre la presencia de caries, la fluorosis y la fuente de agua por alumno se realizó un análisis de correspondencia múltiple. Este análisis estadístico permite establecer relaciones entre categorías, dada la incidencia de cada una, expresadas en tablas de contingencia, denominadas matriz de Burt.²⁹

Resultados

Primera etapa

En total se tomaron 52 muestras de las principales fuentes de abastecimiento de agua durante el periodo de 24 de octubre y el 16 de enero del 2023. Los valores más altos fueron los obtenidos en el agua de pozo con una media de 1,63 ppm, seguido por el agua de manantial con media de 1,47 ppm y los más bajos fueron los obtenidos del agua de las purificadoras 0,71 ppm y 0,74 ppm. El agua de las purificadoras se mantuvo dentro del rango permitido durante todo el periodo de estudio (Tabla 2).

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) evalúan las diferencias en las medias aritméticas de tres o más grupos

Tabla 2. Resultados de la medición de fluoruros en el agua de la Victoria. Octubre 2022- enero 2023.

Fecha de obtención de la muestra	Nivel de flúor obtenida de cada una de las fuentes (ppm)			
	Agua de manantial	Agua de pozo	Agua de la purificadora 1	Agua de la Purificadora 2
	$\bar{x} = 1,47$ $\theta = 0,19$	$\bar{x} = 1,63$ $\theta = 0,2$	$\bar{x} = 0,71$ $\theta = 0,03$	$\bar{x} = 0,74$ $\theta = 0,04$
24/10/2022	1,40	1,23	0,65	0,80
31/10/2022	1,32	1,45	0,70	0,77
07/11/2022	1,02	1,77*	0,70	0,68
14/11/2022	1,49	1,37	0,69	0,72
21/11/2022	1,61*	1,59*	0,75	0,72
28/11/2022	1,59*	1,75*	0,71	0,75
05/12/2022	1,60*	1,69*	0,73	0,70
12/12/2022	1,55*	1,72*	0,69	0,78
19/12/2022	1,17	1,63*	0,70	0,80
26/12/2022	1,58*	1,77*	0,69	0,75
02/01/2023	1,62*	1,80*	0,70	0,70
09/01/2023	1,66*	1,43	0,71	0,77
16/01/2023	1,53*	1,93*	0,78	0,71

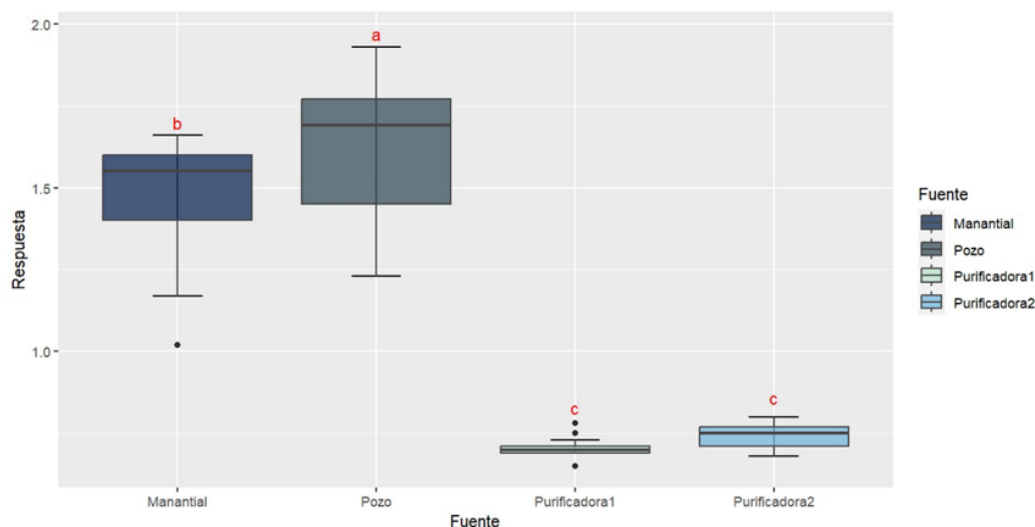
* Valor fuera de rango permitido por la NOM

Fuente: elaboración propia

y pueden ser consultados en la gráfica 1. En este estudio, se encontró significancia estadística entre las cuatro fuentes de agua con un valor F de 148,4 y un valor de P menor que 0,05. Estos resultados indican

que existen diferencias significativas entre las fuentes de agua, respecto a su contenido de fluoruros. La prueba de Tukey reveló que la fuente Pozo es la que presenta una mayor concentración de

Gráfica 1. Niveles de fluoruros en el agua de las diferentes fuentes ANOVA



iones de flúor, seguida del Manantial. Las purificadoras tienen la menor cantidad de iones de flúor; además no presentan diferencias estadísticas entre ellas (Gráfica 1).

Segunda etapa

Se incluyeron a un total de 64 alumnos de entre 8 y 12 años de edad (35 niñas y 29 niños). Las principales fuentes de consumo de agua reportadas por estos fueron: directamente de la llave o pozo $n=14$ (21,8%) del manantial $n=27$ (42,1%) y el resto de las purificadoras o embotellada $n=23$ (35,9%). Tomando en consideración que, la gran mayoría reportaron que han consumido agua de la llave por alguna necesidad o caso extraordinario 39 (60,9%).

La caries dental se presentó $n=47$ (73,4%) de los alumnos, y fue clasificada según el tejido afectado¹⁹ e como caries en el esmalte $n=25$ (39%), en esmalte y dentina $n=13$ (20,3%) y en esmalte, dentina y pulpa $n=9$ (14%).

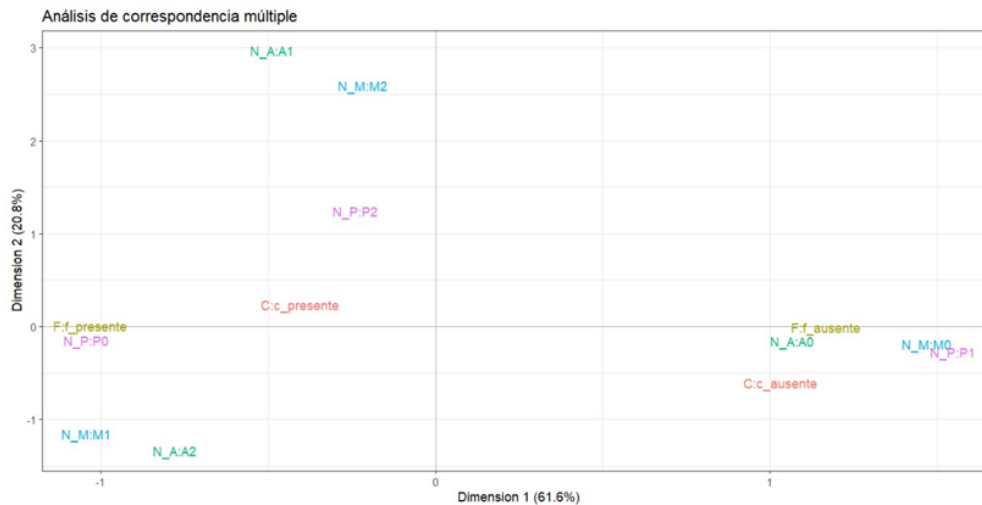
El número total de casos de fluorosis encontrados al hacer la inspección oral fue de $n=34$ (53,1%), estos se dividieron considerando la clasificación de Dean: 22 cuestionables $n=8$ (23,5%), muy leve $n=13$ (38,2%), leve $n=6$ (17,6%), moderado $n=4$ (11,7%) y severo $n=3$ (8,8%). El desglose de resultados puede ser consultado en la tabla 3.

Respecto al análisis multivariado (Gráfica 2) podemos apreciar tres grupos de variables claramente asociadas. El primer grupo lo conforman las variables: fluorosis y caries presente (f_presente) (c_presente) cuando el niño/a refiere no tomar agua de una purificadora (N_P:P0). Es decir, no tomar agua de la purificadora está relacionado con presentar tanto caries como fluorosis. La segunda asociación de variables es: fluorosis y caries ausentes (F:f_ausente) (C:c_ausente) cuando el niño/a refiere que no toma agua de la llave (N_A:A0) ni manantial (N_M:M0) pero si toma agua de la purificadora (N_P:P1). En otras palabras, cuando el niño no toma agua del manantial ni de la llave pero si

Tabla 3. Frecuencia de caries y fluorosis en la muestra de escolares

	Alumnos de sexto grado n= 20	Alumnos de quinto grado n= 15	Alumnos de cuarto grado n= 18	Alumnos de tercer grado n= 11	Total
Nivel de caries por profundidad					
Esmalte (1)	7	7	6	5	25
Esmalte, dentina (2)	6	2	3	2	13
Esmalte, dentina, pulpa (3)	3	3	2	1	9
Clasificación de fluorosis (DEAN)					
Normal	10	7	9	4	30
Cuestionable (1)	1	3	1	3	8
Muy leve (2)	4	3	3	3	13
Leve (3)	3	1	2	---	6
Moderado (4)	2	---	1	1	4
Severo (5)	---	1	2	---	3

Gráfica 2. Análisis multivariado de la fuente de agua y la presencia de caries y fluorosis dental.



toma agua de la purificadora la fluorosis y la caries están ausentes. ¿Entonces la caries dental solo se relaciona con la exposición a fluoruro?

Adicionalmente, logramos establecer dos relaciones interesantes mediante este análisis: la primera es que cuando un niño toma como primera opción el agua de

manantial (N_M:M1) su segunda fuente de consumo es el agua de la llave (N_A:A2). Y la segunda relación es que cuando un niño reporta que toma agua de la llave (N_A:A1) como primera opción su segunda opción será tomar agua de manantial (N_M:M2). Una mayor descripción puede ser consultada en la figura 2.

```
ej=read.csv("D:caries.csv", header= TRUE)
View(ej)

library(GDAtools)

tabla_Burt= burt(ej)
View(tabla_Burt)

library(ca)

res_acm<- mjca(ej, lambda="Burt")
res_acm

##
## Eigenvalues:
##      1      2      3      4      5      6      7      8
## Value 0.358994 0.120883 0.041061 0.031958 0.020664 0.006683 0.002139 0
## Percentage 61.64% 20.76% 7.05% 5.49% 3.55% 1.15% 0.37% 0%
##
## Columns:
##      C:c_ausente C:c_presente F:f_ausente F:f_presente N_A:A0 N_A:A1
## Mass 0.056250 0.143750 0.093750 0.106250 0.078125 0.040625
## ChiDist 0.846415 0.331206 0.724881 0.639601 0.732522 1.118598
## Inertia 0.040299 0.015769 0.049261 0.043466 0.041921 0.050833
## Dim. 1 1.032327 -0.403954 1.167905 -1.030504 1.064950 -0.488425
## Dim. 2 -0.608366 0.238056 -0.009737 0.008591 -0.153623 2.971080
##      N_A:A2 N_M:M0 N_M:M1 N_M:M2 N_P:P0 N_P:P1 N_P:P2
## Mass 0.081250 0.068750 0.087500 0.043750 0.100000 0.071875 0.028125
## ChiDist 0.699391 0.928741 0.759634 1.008887 0.666492 0.953253 1.147524
## Inertia 0.039743 0.059301 0.050491 0.044531 0.044421 0.065312 0.037035
## Dim. 1 -0.779778 1.467561 -1.043805 -0.218558 -1.044684 1.546785 -0.238464
## Dim. 2 -1.337825 -0.187149 -1.152056 2.598205 -0.150756 -0.276803 1.243406

plot(res_acm)
```

Figura 2. Valores y coordenadas del análisis de correspondencia múltiple.

Discusión

Los resultados de la presente investigación señalan la presencia de altos niveles de iones de flúor en el agua que consumen directamente de pozo y manantial en la comunidad de La Victoria. Estos niveles, están asociados con la presencia de caries y fluorosis en los alumnos de la escuela primaria de dicha comunidad.

Resulta relevante encontrar una relación entre el consumo de agua proveniente de los establecimientos conocidos como “purificadoras”, ya que esto puede señalar que los niños reconocen a las purificadoras locales como el principal proveedor de agua en su domicilio. Además, de que el consumo de agua de estas purificadoras esta estadísticamente relacionado con la ausencia de fluorosis y caries en los niños. Existen sin duda factores contextuales posiblemente socioeconómicos al respecto ya que el tomar agua de la llave o del manantial es gratis o de muy bajo costo, mientras que comprar agua a proveedores especializados pudiera señalar un mayor nivel de ingreso familiar. Esto ha sido señalado en investigaciones sobre determinantes sociales de la salud³⁰. Esto si bien excede los límites de la presente investigación, no debe de ser dejado de lado.

En México los niveles máximos de iones de flúor en agua son de 0,7 ppm estableciendo como límite máximo la concentración de 1,5 mg/L en abastecimientos públicos y privados, similares a los criterios establecidos por la OMS que marcan que la concentración de fluoruros en agua potable debe encontrarse entre 0,5 a 1,0 ppm.⁵ por lo que el nivel de iones de

flúor en el agua de manantial y pozo o llave puede estar produciendo un incremento en los números de casos de caries y fluorosis en los niños de la Victoria. Sobre todo en aquellos que acostumbran tomar agua del pozo o del manantial. Es importante señalar que la fuente de agua cambia según las necesidades inmediatas de los niños, y aunque algunos señalaron que su fuente de ingesta principal es el agua de las embotelladoras, algunas veces toman agua de la llave o del manantial por accesibilidad.

La fluorosis tiene una repercusión directa en los órganos dentales ocasionando fracturas o lesiones estructurales relacionadas con la exposición al ion flúor y la cantidad de líquido ingerido por cierta cantidad de tiempo. Sin embargo es necesario considerar que en cada paciente varían las dosis de consumo de agua, por lo tanto, igual el fluoruro ingerido y el nivel de lesión. En nuestro estudio encontramos tres casos de fluorosis dental severa, sin embargo ninguno de estos con fractura. La variabilidad en la cantidad de ingesta de fluoruro por otras fuentes como la pasta dental la sal, las bebidas, alimentos, así como diversos factores contextuales pueden de estar asociados a la severidad de la fluorosis en nuestra muestra.^{3,31-32}

Los resultados de la presente investigación concuerdan con otros reportados tanto en el Estado de Hidalgo, como en estados del norte de México. En un estudio realizado en el Estado de Querétaro la prevalencia de fluorosis severa en adolescentes fue de 37.1%,³² siendo de las más altas reportadas en México. Nuestros resultados presentan

una menor prevalencia, sin embargo es necesario considerar que nuestra muestra son escolares de menor edad, esto quizá este influyendo ya que investigaciones en adolescentes del Estado de Hidalgo reportan prevalencias similares a otros estados.¹³ Estudios realizados en adolescentes mostraron una mayor prevalencia de fluorosis leve y moderada¹³ en varones, por lo que futuras investigaciones deben considerar la variable género en niños menores.

Es importante considerar que los resultados obtenidos se basan en la medición exclusiva de los niveles de iones de flúor en el agua consumida, y que en la literatura establece que existen múltiples fuentes de ingesta de flúor que pueden estar relacionadas con la presencia de afecciones bucales.³¹⁻³²

Algunas de las limitaciones de nuestro estudio que deben considerarse son: la fluorosis dental es un proceso crónico, comienza desde el principio de la formación dentaria y se puede ver alterado cuando después del brote las piezas dentales están en contacto con altos niveles de fluoruros. Nuestro estudio tiene un diseño transversal, es decir, se realizó una exploración de salud bucal en los pacientes. Diseños longitudinales deben de ser considerados para establecer una asociación causa - efecto.

Otro aspecto que numerosas investigaciones, por su naturaleza, no han tratado es la inclusión de los menores no escolarizados. Es posible que estos sectores sean más pobres y

con menor acceso a medidas preventivas. Igualmente, es necesario señalar que en la escuela no se contaba con programas de prevención de caries con fluoruros tópicos y esto debería ser parte de una política integral de salud bucal.

Nuestros hallazgos señalan que la exposición a altos niveles de fluoruro en tempranas edades causó la fluorosis dental en los niños de Metepec, Hidalgo, Algo que puede concluirse debido a que en los niños que reportaron tomar agua con niveles permitidos de fluoruros la caries y la fluorosis dental estuvo ausente. Un análisis longitudinal que aborde a profundidad todas las piezas dentales (permanentes y no permanentes) permitiría obtener mayores conclusiones.

Los resultados de este estudio cuentan con sustento estadístico. Sin embargo, es fundamental considerar, en estudios posteriores, si variables conductuales y culturales tienen algún efecto sobre la prevalencia de fluorosis. Así mismo, nuestros datos se pueden aplicar a la zona de la colonia de la Victoria, Metepec, ya que se realizó un muestreo no probabilístico. Finalmente, consideramos que no existen suficientes estudios relacionados al agua y fluorosis en el estado y la región por lo que es necesario darle seguimiento a la investigación.

Los resultados de la presente investigación señalan:

- La prevalencia de caries dental se presentó en el 73,4% de los alumnos y de fluorosis fue de 53,1%

- La presencia de altos niveles de iones flúor en el agua que consumen directamente de pozo y manantial en la comunidad de La Victoria.
- Existen diferencias significativas entre las fuentes de agua, respecto a su contenido de iones de flúor. Los valores más altos fueron los obtenidos en el agua de pozo (que después se distribuye y es conocida como “agua de la llave”, seguido por el agua de manantial, y los más bajos fueron los obtenidos del agua de las purificadoras.
- Las principales fuentes de consumo de agua reportadas por estos fueron: del manantial 42,1% y el resto de las purificadoras o embotellada 35,9% y directamente de la llave o pozo 21,8%. Por lo que parece ser necesario informar a la población sobre los peligros de la ingesta de agua de manantial.

Las relaciones establecidas fueron:

- Tomar agua de la llave o del manantial esta relacionado con la presencia de caries y fluorosis.
- Se encontro una asociación entre la ausencia de fluorosis y caries cuando el niño/a refiere que no toma agua de la llave ni manantial pero si toma agua de la purificadora.
- Cuando un niño toma como primera opción de consumo el agua de manantial su segunda fuente de consumo es el agua de la llave.

- Cuando un niño reporta que toma agua de la llave como primera opción su segunda opción será tomar agua de manantial.

Con los resultados obtenidos sobre los niveles de iones de flúor en el agua que consumen los niños de la comunidad de La Victoria, Hidalgo se recomienda disminuir el consumo total de agua proveniente directamente del pozo, ya que los niveles de fluoruro que presentan, son superiores a los establecidos por la Secretaria de Salud. Basados en los resultados obtenidos con el análisis de los diversos puntos de consumo de agua de la comunidad, se recomienda apliamente ingerir agua purificada de las dos opciones que tiene la comunidad, ya que sus niveles de fluoruro registrado está dentro de los parámetros normales para así, evitar un daño evidente a futuro.

Se considera necesario implementar diversas acciones de salud publica en la comunidad, ya que el agua de manantial es la primera fuente de consumo de agua en los niños y esto esta relacionado con la presencia de fluorosis y caries dental. Se debe de instar a la población para que consuman agua con niveles permitidos de fluoruro. Además es necesario recalcar que como una revisión de la literatura sugiere⁸ deben de ser consideradas otras variables para el control y la prevención de la fluorosis dental.

Conclusiones

Los niveles de fluoruros en el agua de manantial, pozo de agua y disponible en

las llaves de agua de las casas es superior a lo establecido en la legislación mexicana. Además, existe una relación entre el nivel de iones de flúor en el agua y la presencia de caries y fluorosis dental en los niños estudiados.

Conflictos de intereses y financiación

Los autores declararon que no tener conflicto de interés. Para la presente investigación no hubo una fuente de financiación.

Abreviaturas y símbolos

NOM: Norma Oficial Mexicana

OMS: Organización Mundial de la Salud

mg: miligramos

L: Litro

ppm: partes por millón

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de las autoridades escolares, de los padres de familia y de todos los alumnos por su entusiasta participación.

Referencias

1. Organización Mundial de la Salud. Poner fin a las caries dental en la infancia; 2021. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/340445/9789240016415-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. DenBesten P, Wu L. Chronic fluoride toxicity: dental fluorosis. *Monogr Oral Sci.* 2011; 22: 81-96. doi:10.1159/000327028
3. Rivas Gutierrez J, Huerta Vega L. Fluorosis dental: metabolismo, distribución y absorción del fluoruro. *Rev ADM.* 2005;62(6):225-229. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2005/od056d.pdf>
4. Hernández Montoya V. Fluorosis y caries dental en niños de 9 a 11 años del Estado de Aguascalientes, México. *Rev Int Contam Ambient.* 2003;19(4):197-204. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37019405%0ACómo>
5. World Health Organization. WHO Guidelines for drinking-water quality. Health criteria and other supporting information. Published online 1996. Disponible en: https://www.who.int/water_sanitation_health
6. Secretaría de Salud. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. NOM-127-SSA1-1994.; 1994. Disponible en: <https://agua.org.mx/biblioteca/norma-oficial-mexicana-nom-127-ssa1-1994>
7. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-2020, Agua para uso y consumo humano. Control de calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua.; 2020.
8. Aguilar Díaz FC, Morales Corona F, Cintra Viveiro AC, De la Fuente Hernández J. Prevalence of dental fluorosis in Mexico 2005-2015: a literature review. *Salud Publica Mex Mex.* 2017;59(3):306-313. doi:<http://doi.org/10.21149/7764>
9. Vilvey LJ. Caries dental y el primer molar permanente. *Gac Médica Espirituana.* 2015;17(2):92-106. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1608-89212015000200011&script=sci_arttext&tlng=pt
10. Beltrán Valladares PR, Cocom Tun H, Casanova Rosado JF, Vallejos Sánchez AA, Medina Solís CE, Maupomé G. Prevalencia de fluorosis dental y fuentes adicionales de exposición a fluoruro como factores de riesgo a fluorosis dental en escolares de Campeche, México. *Rev Investig Clin.* 2005;57(4):532-539. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=6428>
11. Rodríguez Dozal S, Alarcón Herrera MT, Cifuentes E, Barraza A, Loyola Rodríguez JP, Sanin Chihuahua LH. Dental fluorosis in rural communities of Chihuahua, Mexico. *Fluoride.* 2005;38(2):143-150. Disponible en: <https://fluorideresearch.org/382/files/382143-150.pdf>
12. Alarcón Herrera MT, Martín Domínguez IR, Trejo Vázquez R, Rodríguez Dozal S. Well water fluoride, dental fluorosis, and bone fractures in the Guadiana Valley of Mexico. *Fluoride.* 2001;34(2):139-149. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Ignacio-Martin-Dominguez/publication/236153410_Well_water_fluoride_dental_fluorosis_and_bone_fractures_in_the_Guadiana_Valley_of_Mexico/links/00b7d51671645f2b08000000/Well-water-fluoride-dental-fluorosis-and-bone-fractures-in-the-Guadiana-Valley-of-Mexico.pdf
13. Rojas Vázquez B. Severidad de fluorosis dental en escolares de dos comunidades del Estado de Hidalgo, México. Published online 2013. Disponible en: <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000692050/3/0692050.pdf>
14. Gutiérrez M, Alarcón-Herrera MT. Fluoruro en aguas subterráneas de la región centro-norte de México y su

- posible origen. *Rev Int Contam Ambient.* 2022;38:389-397. doi:10.20937/rica.54307 Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992022000100119&script=sci_arttext
15. Adrián Ortega Guerrero M. Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México. *Rev Mex Ciencias Geol.* 2009;26(1):143-161. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s1026-87742009000100012&script=sci_arttext
 16. DenBesten PK. Biological mechanisms of dental fluorosis relevant to the use of fluoride supplements. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1999;27(1):41-47. doi:10.1111/j.1600-0528.1999.tb01990.x
 17. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Panorama Sociodemográfico de Hidalgo: Censo de Población y Vivienda 2020.; 2021. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197858.pdf
 18. Hanna Instrumentes. Colorímetro Checker® HC para fluoruro intervalo bajo. Manual de operación. Disponible en: <https://hannainst.com.mx/productos/colorimetros-checker/colorimetro-checker-hc-para-fluoruro-intervalo-bajo/>
 19. Fuertes Paguay MB, Carrera Guanga GL, Mariño Rodríguez MJ. (2023). Métodos para el diagnóstico de lesiones cariosas. *Rev Cient*, 102 (Sup 2), 1-13. <https://revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/4462/6046>
 20. Pitts, N. B., Ekstrand, K. R., ICDAS Foundation. (2013). International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) and its International Caries Classification and Management System (ICCMS)-methods for staging of the caries process and enabling dentists to manage caries. *Community dentistry and oral epidemiology*, 41(1), e41-e52.
 21. Higashida B. Caries dental. En: *Odontología Preventiva*. Mexico, D.F: Mc Graw-Hill; 2000. p 130. ISBN: 970-10-2317-X
 22. Dean, HT. Fluorine: Water-borne fluorides and dental health. In: Pelton WJ, Wisan JM. (eds), *Dentistry in Public Health*. Philadelphia: Saunders, 1949. 143-145. 44.
 23. Dean HT. Classification of mottled enamel diagnosis. *J Am Dent Assoc* 1934; 21: 1421-6. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1934.0220>
 24. R Core Team.(2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
 25. Morgenthaler, S. (2009). Exploratory data analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 1(1), 33-44. <https://doi.org/10.1002/wics.2>.
 26. Lakens, D., & Caldwell, A. R. (2021). Simulation-based power analysis for factorial analysis of variance designs. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 4(1), 2515245920951503. <https://doi.org/10.1177/2515245920951503>.
 27. Stahle, L., & Wold, S. (1989). Analysis of variance (ANOVA). *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 6(4), 259-272. [https://doi.org/10.1016/0169-7439\(89\)80095-4](https://doi.org/10.1016/0169-7439(89)80095-4).
 28. Keselman, H. J., & Rogan, J. C. (1977). The Tukey multiple comparison test: 1953-1976. *Psychological Bulletin*, 84(5), 1050. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.84.5.1050>.
 29. Mori, Y., Kuroda, M., Makino, N. (2016). Multiple Correspondence Analysis. In: *Nonlinear Principal Component Analysis and Its Applications*. SpringerBriefs in Statistics(). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0159-8_3.
 30. Marmot M, Bell R. Social determinants and dental health. *Advances in dental research*. 2011; 23.2: 201-206. Doi: 10.1177/0022034511402079
 31. Cruz CD, Celada CN, Sánchez BI, *et al.* Ingesta de fluoruro por alimentos y bebidas en niños de 4 a 72 meses. *Rev. ADM.* 2006;63 (2):69-73. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2006/od062e.pdf>
 32. Velez-León, Eleonor, *et al.* "Worldwide Variations in Fluoride Content in Beverages for Infants." *Children*. 2023; 10.12: 1896. <https://doi.org/10.3390/children10121896>
 33. Martínez-Mier, E. Angeles, *et al.* Fluoride intake from foods, beverages and dentifrice by children in Mexico. *Community dentistry and oral epidemiology*. 2003; 31.3: 221-230. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0528.2003.00043.x>
 34. Sánchez S, Pontigo AP, Heredia E, Ugalde JA. Dental fluorosis in adolescents of three small villages of Queretaro State. *Rev Mex Pediatría*. 2004;71(1):5-9. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2004/sp041b.pdf>

Recibido 13/03/24

Aceptado 31/08/25

Correspondencia: Laura Cristina Vargas López, correo: lau40_25@hotmail.com