

EFECTO DEL FLÚOR SOBRE LA ATENCIÓN Y LA MEMORIA EN
ESCOLARES CON FLUOROSIS DENTAL EN LA COMUNIDAD DE SAN
JOSÉ DE LA PEÑUELA, MUNICIPIO DE COLÓN, QUERÉTARO

L.O. MARA NATALIA MILLA
HERNÁNDEZ

2019



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

EFECTO DEL FLÚOR SOBRE LA ATENCIÓN Y LA MEMORIA EN
ESCOLARES CON FLUOROSIS DENTAL EN LA COMUNIDAD DE
SAN JOSÉ DE LA PEÑUELA, MUNICIPIO DE COLÓN, QUERÉTARO

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el grado de la

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEUROMETABOLISMO

Presenta:

L.O Mara Natalia Milla Hernández

Dirigido por:

Dr. Nicolás Camacho Calerón

Co-Director:

Dra. Gabriela Hernández Puga

Querétaro, Qro. Octubre 2019



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina
Maestría en Ciencias en Neurometabolismo

“EFECTO DEL FLÚOR SOBRE LA ATENCIÓN Y LA MEMORIA EN ESCOLARES
CON FLUOROSIS DENTAL EN LA COMUNIDAD DE SAN JOSÉ DE LA
PEÑUELA DEL MUNICIPIO DE COLÓN QUERÉTARO”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de la
Maestría en Ciencias en Neurometabolismo

Presenta:

Lic. En Odont. Mara Natalia Milla Hernández

Dirigido por:

Dr. Nicolás Camacho Calderón

Co-dirigido por:

Dra. Gabriela Hernández Puga

Dr. Nicolás Camacho Calderón
Presidente

Dra. Gabriela Hernández Puga
Secretario

Dr. Rubén Abraham Domínguez Pérez
Vocal

Dr. Julián Valeriano Reyes López
Suplente

Dr. Germán González Pérez
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Octubre 2019
México



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE MEDICINA
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NEUROMETABOLISMO

**EFFECTO DEL FLÚOR SOBRE LA ATENCIÓN Y LA MEMORIA EN
ESCOLARES CON FLUOROSIS DENTAL EN LA COMUNIDAD DE
SAN JOSÉ DE LA PEÑUELA DEL MUNICIPIO DE COLÓN
QUERÉTARO.**

ALUMNA: L.O. MARA NATALIA MILLA HERNÁNDEZ

DIRECTOR: DR. NICOLÁS CAMACHO CALDERÓN
CO-DIRECTORA: DRA. GABRIELA HERNÁNDEZ PUGA

RESUMEN

El flúor (F) es un elemento químico usado para la prevención de caries en la infancia. La fluorosis dental (FD) es la evidencia clínica de una ingesta o aplicación excesiva. Recientemente, se ha demostrado su efecto sistémico, particularmente en el sistema nervioso central (SNC). En estudios *in vitro* e *in vivo* sus efectos son neurotóxicos durante el desarrollo. En humanos, existe correlación entre el efecto negativo del F y el coeficiente intelectual mediante pruebas clinimétricas que evidencian desempeño bajo en las funciones de atención y memoria en general, sin evaluación específica de estas áreas. La principal fuente de consumo de F es el agua con un límite determinado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 0.7ppm. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del flúor sobre el desempeño en las áreas de atención y de memoria en escolares con FD en una comunidad rural con F en el agua superior a lo permitido. **Material y Métodos:** Estudio transversal descriptivo en escolares de 6 a 12 años, de sexo indistinto, con FD y residentes de una comunidad de Colón, Qro. Los niveles de F son de 1.0-5.58 ppm F en el pozo que distribuye el agua. La población con FD se clasificó con la escala de Dean y el índice comunitario de fluorosis dental (ICF). Se evaluaron las funciones cognitivas con la prueba clinimétrica *Neuropsí* para atención y memoria, y como prueba complementaria para el coeficiente intelectual la prueba *Shibley-2.*, que evalúa la inteligencia cristalizada y fluida. Se obtuvieron muestras únicas de orina de cada participante para determinar fluoruria con método potenciométrico de ion selectivo. Protocolo aprobado con consentimiento informado y firmado por padre o tutor. **Resultados:** De 337 niños de ambos sexos evaluados, 199 tenían FD. Esto permitió determinar el ICF de 1.132, mayor a lo permitido por la normatividad sanitaria (0.6), que comprueba que la comunidad tiene un riesgo sanitario de FD, aunado a ello más de la mitad de los escolares obtuvo un desempeño por debajo del promedio en la prueba para atención y memoria, así como una asociación positiva entre la presencia de FD con la subprueba de detección de dígitos y la subprueba de vocabulario, esta relación positiva indicó que a mayor grado de FD mejora el desempeño cognitivo. Los resultados de la fluoruria indicaron una cuantificación promedio de 2.089 ± 0.819 ppm F una cifra por encima de lo permitido (1.5 ppm F) y esta obtuvo una asociación positiva con la subprueba de detección de dígitos, cubos en regresión y reconocimiento de caras. **Conclusiones:** la comunidad se encuentra en riesgo sanitario debido a la alta presencia de fluorosis tanto dental como sistémica, dicha patología se está asociando a daños a nivel del SNC, principalmente con las áreas de atención y memoria. Es fundamental la continúa vigilancia de los pozos de agua potable para éste tipo de zonas endémicas para procurar la calidad de vida de los oriundos.

Palabras clave: Flúor, Fluorosis Dental, Atención y Memoria, Neurotoxicidad en el desarrollo.

SUMMARY

Fluoride (F) is an element used for the prevention of caries in childhood. Dental fluorosis (FD) is the clinical evidence of excessive intake or application. Recently it has been demonstrated that it can cause systemic effects, particularly in the central nervous system (CNS). The effects are neurotoxic during development, this has been demonstrated in experiments in vivo and in vitro. In humans, there is a correlation between the negative effect of F on an IQ score through clinimetric tests, that shows low performance in attention and memory functions in general. Still today there has not been a specific evaluation of these areas. The main source of F consumption is water, and the limit determined by the World Health Organization (WHO) is no more of 0.7 ppm F. The objective of this study was to determine the effect of F on the performance in attention and memory in schoolchildren with FD in a rural community with an exceeding of F in what is allowed. **Material and methods:** Descriptive cross-sectional study in schoolchildren from 6 to 12 years old, of indistinct sex, with FD and residents of a community from Colón, Qro. F levels in water consumption are from 1.0-5.58 ppm F. The population with FD was classified with the Dean scale and the community index of dental fluorosis (IFC). Cognitive functions were evaluated with the clinimetric test of attention and memory Neuropsi, and the tests of Shipley-2 as a complementary test for the IQ, which evaluates crystallized and fluid intelligence. Unique urine samples were obtained from each participant to determine F, this quantification was made by potentiometric selective ion method. Protocol approved with informed consent and signed by the parents. **Results:** 199 of 337 children were diagnosed with FD. This allowed us to determine the IFC with a result of 1.132 greater than what is allowed by sanitary regulation (0.6), this shows that the community has a health risk of FD, coupled with this, more than half of them obtained below average performance in the test for attention and memory, in addition to this, a positive association was found between the presence of FD with the digit detection subtest, this positive relationship indicated that a greater degree of FD improves cognitive performance. F in urine samples indicate an average quantification of 2.089 ± 0.819 ppm F, above the allowable value (1.5 ppm F) and this obtained a positive association with the sub-test of digit detection, regression cubes and face recognition. **Conclusions:** The community is in health risk due to the high presence of both FD and systemic fluorosis; this pathology is being associated with damage to the CNS mainly with the attention and memory areas. The continuous monitoring of drinking water Wells for this type of endemic areas is essential to ensure the quality of life of the native people.

Keywords: fluoride, Dental Fluorosis, Attention and Memory, Developmental Neurotoxy.

DEDICATORIAS

Dedico el presente trabajo principalmente a todo aquel estudiante del área de Odontología que tenga interés en llevar a cabo la profesión a un nivel integral en combinación con otras áreas de la ciencia y decirles que se animen a generar más proyectos de investigación para que el mundo sea más consciente acerca de que la cavidad oral se involucra con muchas otras áreas del conocimiento.

A la comunidad en dónde estuve colaborando, esperando que la presente información les pueda ser útil para mejorar su salud y su calidad de vida.

A todos los profesionales de la salud que están en busca de respuestas, sepan que los estudios descriptivos nos dicen mucho sobre la epidemiología y nos brindan información actualizada sobre las poblaciones.

También quiero dedicarles este trabajo a mis padres, quienes siempre me han apoyado incondicionalmente y que haga lo que haga siempre me dejan saber que están muy orgullosos de mi.

Finalmente a mis tutores y sinodales, sin los cuales no hubiera sido posible este bonito proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al CONACYT por haberme brindado la oportunidad de ser becada para obtener un grado académico más, ya que sin su apoyo nada de esto hubiera sido posible.

A los proyectos FOPER porque gracias a su financiamiento logré adquirir el equipo para hacer las mediciones de flúor en el laboratorio.

A mi tutor, el Dr. Nicolás Camacho Calderón por su paciencia, su amabilidad, por siempre tomar en cuenta mis opiniones, mis decisiones y por confiar siempre en mí.

A la Dra. Gabriela Hernández Puga por toda su calidez humana, su apoyo incondicional y sobre todo su sabiduría, porque siempre me ha apoyado con tanta dedicación que me siento en deuda con ella.

A la comunidad de San José de la Peñuela, tanto a los padres de familia como a los niños que fueron muy colaboradores, a los maestros que me apoyaron desde el principio hasta el final, siempre se preocuparon de que yo tuviera un lugar para trabajar, no tengo palabras para agradecer todo lo que representa para mí su comunidad, de verdad gracias.

Al Dr. Alfredo Rigalli quien me permitió viajar hasta su laboratorio en Argentina y enseñarme con total desinterés todo lo que él sabe sobre flúor y por enseñarme a cuantificarlo y a todos sus estudiantes que se convirtieron en mis compañeros de trabajo y amigos.

A los becarios y pasantes que me estuvieron apoyando ya que yo sola no hubiera logrado sondear a tantos niños, a José Luís, Fernanda y principalmente a Arely quien me apoyó hasta el final y a quien admiro con mucho cariño y le deseo que siga su etapa formativa con mucho éxito.

Finalmente al amor de mi vida Gustavo, que es la persona sin la cual definitivamente esta investigación no hubiera tenido lugar porque me alentó desde un inicio a hacer los exámenes de ingreso, me daba mi lugar y mi espacio para estudiar, me daba porras para seguir y hasta me consiguió un auto para viajar a la comunidad una vez a la semana, y yo sé que cualquier cosa que necesité y sigo necesitando él se preocupa de que no me falte, gracias amor, soy muy afortunada de que seas mi pareja.

A todos gracias.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
Resumen	iv
Summary	v
Dedicatorias	vi
Agradecimientos	vii
Índice	viii
Índice de figuras	x
Índice de cuadros	xi
I. Introducción	1
II. Antecedentes Científicos	2
II.1 Aspectos generales del flúor	2
II.2 Epidemiología	2
II.3 Metabolismo del flúor	5
II.4 Fluorosis dental	5
II.5 Efectos del flúor sobre el Sistema Nervioso Central	6
II.6 Alteraciones neurometabólicas asociadas al flúor	7
A) El flúor aumenta el estrés oxidativo en las células nerviosas	7
B) El flúor aumenta la respuesta neuroinflamatoria en células de la microglía	8
C) El flúor disminuye la expresión de algunos receptores muscarínicos	8
D) Fragmentación de los microtúbulos en los axones de las neuronas	9
E) Alteración de la captación de glucosa en las células del Sistema Nervioso Central	9
F) El flúor modifica el volumen de las células hipocampales	10
II. 7 Alteraciones en las funciones mentales superiores debido a la ingesta crónica de flúor	10
G) El flúor disminuye el coeficiente intelectual	10
H) Efectos del flúor sobre la atención	11
I) Efecto del flúor sobre la memoria	11
II.8 Mecanismos fisiopatológicos	12
III. Fundamentación teórica	13
II.1 Justificación	13
IV. Hipótesis	15
V. Objetivos	15
V.1 General	15
V.2 Específicos	15
VI. Metodología	16
VI.1 Tipo de investigación	16
VI.2 Población o unidad de análisis	16
VI.3 Técnicas, instrumentos y procedimientos	17

	J) Determinación de la presencia de fluorosis dental	17
	K) Estimación de la población con fluorosis dental	17
	L) Determinación de la cantidad de ppm F en el agua potable de la región	18
	M) Cuantificación de flúor en muestras de orina	18
	N) Evaluación de la Atención y la Memoria	18
	O)Evaluación de coeficiente intelectual	19
	P) Determinación de otros hábitos y factores de riesgo relacionados a la ingesta de flúor	20
	VI.4 Análisis estadístico	20
	VI.5 Consideraciones bioéticas	21
	VI.6 Financiamientos	21
	VII. Resultados	22
	VII.1 Características demográficas y poblacionales	22
	VII.2 Distribución de acuerdo al género y la edad	23
	VII.3 Cuantificación de flúor en las muestras de agua de la comunidad	24
	VII.4 Determinación de la presencia de fluorosis dental	24
	VII.5 Estimación de la población con fluorosis dental a través del índice comunitario de fluorosis dental	26
	VII.6 Cédula de recolección de la información	26
	VII.7 Evaluación del desempeño cognitivo a través del test clinimétrico Neuropsi y su asociación con la presencia de fluorosis dental	34
	VII.8 Evaluación del desempeño cognitivo a través del test clinimétrico Shipley-2 y su asociación con la presencia de fluorosis dental	39
	VII.9 Cuantificación de flúor en las muestras de orina	45
	VII.10 Cuantificación de flúor en muestras de orina y su asociación con las pruebas clinimétricas Neuropsi y Shipley.2	46
	VII. Discusión	51
	IX. Conclusiones	63
	X. Propuestas	64
	XI. Bibliografía	65
	XII. Anexos	73

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PÁGINA
II.1	Concentración de flúor en los mantos freáticos a nivel mundial	3
II.2	Mapa geográfico del estado de Querétaro y del municipio de Colón	4
II.3	Clasificación de la fluorosis dental	6
II.4	Modelo causal de la intoxicación por flúor	12
VII.5	Ubicación geográfica de la comunidad de San José de la Peñuela	22
VII.6	Distribución de los escolares por grupos de edad	23
VII.7	Distribución de los sujetos con y sin fluorosis dental	25
VII.8	Resultados generales de la prueba Neuropsi	36
VII.9	Subprueba de detección de dígitos del test Neuropsi	38
VII.10	Resultados totales de la prueba Shipley-2	40
VII.11	Distribución del desempeño de las subpruebas de abstracción 1 y 2 del test Shipley-2	42
VII.12	Distribución y asociación del desempeño de la subprueba de vocabulario del test Shipley-2	44
VII.13	Distribución del promedio general de las fluorurias de los escolares	45
VII.14	Distribución de la fluoruria para la comparación entre grupos de acuerdo al grado de fluorosis dental	46
VII.15	Correlación del desempeño de la subprueba cubos en progresión del test Neuropsi con la cuantificación de flúor en orina	47
VII.16	Correlación del desempeño de la subprueba de detección visual del test Neuropsi con la fluoruria	48
VII.17	Correlación del desempeño de la subprueba de cubos en regresión del test Neuropsi con la fluoruria	49
VII.18	Correlación del desempeño de la subprueba de reconocimiento de caras del test Neuropsi con la fluoruria	50

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PÁGINA
VII.1	Concentración de flúor en el agua potable de la comunidad	24
VII.2	Distribución de los escolares de acuerdo al grado de fluorosis dental	25
VII.3	Índice comunitario de fluorosis dental	26
VII.4	Distribución por antigüedad respecto al lugar de nacimiento y el tiempo de residencia	27
VII.5	Distribución de los escolares respecto a los hábitos que se relacionan directamente con la ingesta de flúor	29
VII.6	Distribución de los escolares respecto a la utilización de servicios de agua para consumo en el hogar	30
VII.7	Distribución de los escolares respecto a su salud desde el momento de la concepción hasta la actualidad	33

I. INTRODUCCIÓN.

El flúor es el elemento más electronegativo de la tabla periódica, esta peculiaridad hace que nunca se le pueda encontrar de forma libre en la naturaleza, por lo que siempre se le encuentra unido a otros elementos, en los vertebrados se une principalmente a huesos y dientes (Perumal *et al.*, 2013). Debido a esta capacidad de unión, en la actualidad el Centro de Control y Prevención de Enfermedades (CDC) lo recomienda ampliamente para el cuidado de la salud oral ya que es un poderoso agente anticariogénico, al unirse a los prismas del esmalte confiere una propiedad de dureza que dificulta la degradación ácida por parte de las bacterias que producen la caries y su uso es simple y económico (CDC, 2001).

El flúor se encuentra ampliamente distribuido en nuestro planeta, ya que es el décimo tercer elemento más abundante de la corteza terrestre, por lo que muchas áreas geográficas lo contienen de forma natural en sus sustratos, de manera que los mantos freáticos que transitan por suelos ricos en flúor acarrearán al elemento en su camino y finalmente pueden llegar a ser ingeridos por las poblaciones que dependen en buena parte de estas fuentes acuíferas (CDC, 2012).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que se pueden consumir cantidades por debajo de $<0.7\text{ppm F}$ de forma sistémica para que el flúor actúe como un buen preventivo de la salud oral (OMS, 2003) sin embargo en México se permite un consumo de hasta 1.5 ppm F (SESEQ 2007), si el flúor es ingerido por encima de estas concentraciones puede generar daños a la salud. Dentro de las patologías más evidentes clínicamente se encuentra la fluorosis dental y estudios más recientes demuestran que también puede causar daños a nivel del Sistema Nervioso Central (Dec *et al.*, 2016).

Hoy en día más de 25 países en el mundo lidian con comunidades que tienen en sus abastecimientos de agua potable concentraciones endémicas por encima de la concentración permitida y no se ha determinado el alcance de los estragos que puede causar a la salud (Peckham & Awofeso, 2014).

II. ANTECEDENTES CIENTÍFICOS.

II.1 ASPECTOS GENERALES DEL FLÚOR.

El flúor (F) es un gas halógeno altamente electronegativo, por lo que tienen alta afinidad para combinarse con otros elementos, como el sodio y el calcio; una vez ingerido en el cuerpo humano, se deposita en los tejidos duros como huesos y esmalte dental y se elimina principalmente por la orina. Cuando es consumido en bajas dosis, <0.7ppm según la OMS, puede ser benéfico para la prevención de procesos cariosos, ya que funciona como una barrera que cubre la superficie del esmalte dental, además que ayuda a su remineralización (OMS, 2003).

En el año de 1985 la Secretaría de Salud Pública ideó una estrategia sencilla para lograr que el F llegase a la población, a través de la fluoración la sal de mesa de consumo y la determinó como una acción preventiva masiva y prioritaria (SESEQ 2003).

II.2 EPIDEMIOLOGÍA.

El F es un elemento distribuido ampliamente en la naturaleza, sin embargo, su concentración varía de acuerdo a la región y se ha documentado que es un problema de salud oral en más de 25 países (Mukherjee & Kumar, 2018). La ingesta excesiva de fluoruros (compuestos que contienen flúor ya sea orgánicos o inorgánicos) en cantidades mayores a 0.7ppm, puede causar principalmente fluorosis dental (FD) en segundo lugar fluorosis esquelética y en tercer lugar daño al SNC (Valdez *et al.*, 2010). Tanto la FD, como la fluorosis esquelética, son consideradas como enfermedades tóxicas crónicas, incluso la segunda, puede llegar a causar parálisis y fracturas óseas (Liu *et al.*, 2015). En México, de acuerdo con estudios geológicos, en algunas áreas su concentración excede los niveles permitidos para el humano (Brindha & Elango, 2011) (Fig II. 1).

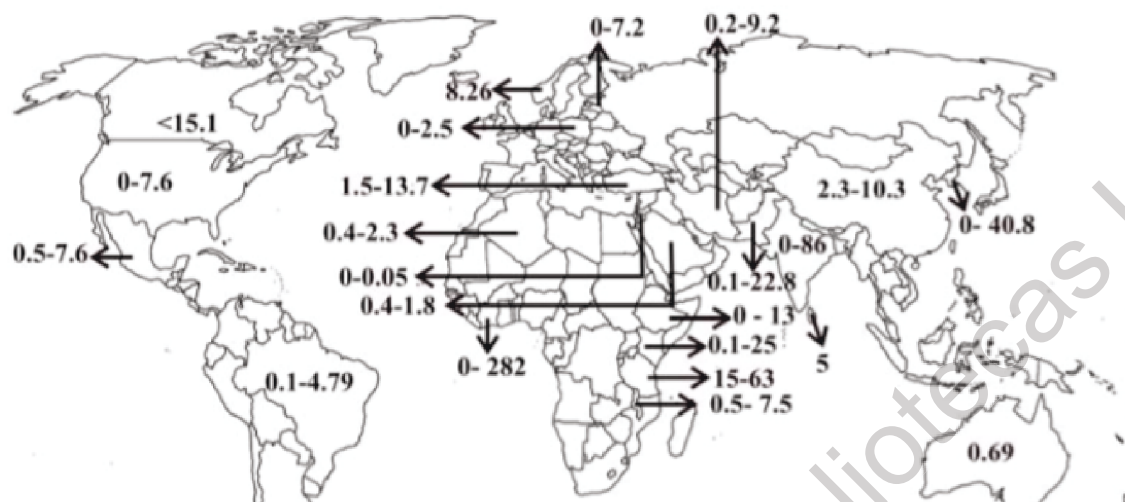


Figura.II. 1 Concentración de flúor en los mantos freáticos a nivel mundial. En la república mexicana se cuenta con un rango de 0.5 - 7.6ppm de ion F en el agua potable.
 Fuente: Brindha & Elango 2011.

En la República Mexicana, de acuerdo con la información del año 2015, los estados con mayores concentraciones de F registrados en el agua potable fueron; Chihuahua de 3.00 - 6.00ppm, San Luis Potosí con 4.54ppm, Hidalgo con 3.07ppm y Querétaro de Arteaga con 1.9ppm (Aguilar et al., 2017).

El estado de Querétaro ha sido considerado como un área con concentraciones aceptables de F en el agua para consumo humano; sin embargo, se han reportado casos de FD en diferentes comunidades rurales (SESEQ, 2018).

Dentro de este contexto, el municipio registrado con la más alta concentración de F en el agua potable es Colón, con niveles de 0.06 – 5.58ppm (Véase Fig.II. 2). Este dato corresponde a la comunidad de San José de la Peñuela que la posiciona en el lugar con mayor cantidad de F en el agua de abastecimiento potable en el estado (SESEQ 2006) (Fig. II. 3).

Querétaro
División municipal

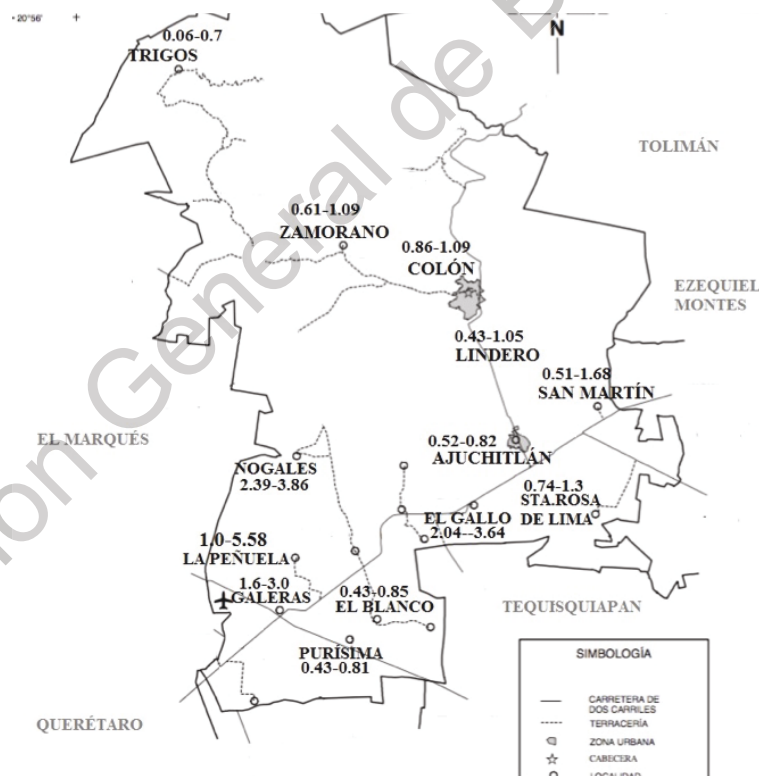
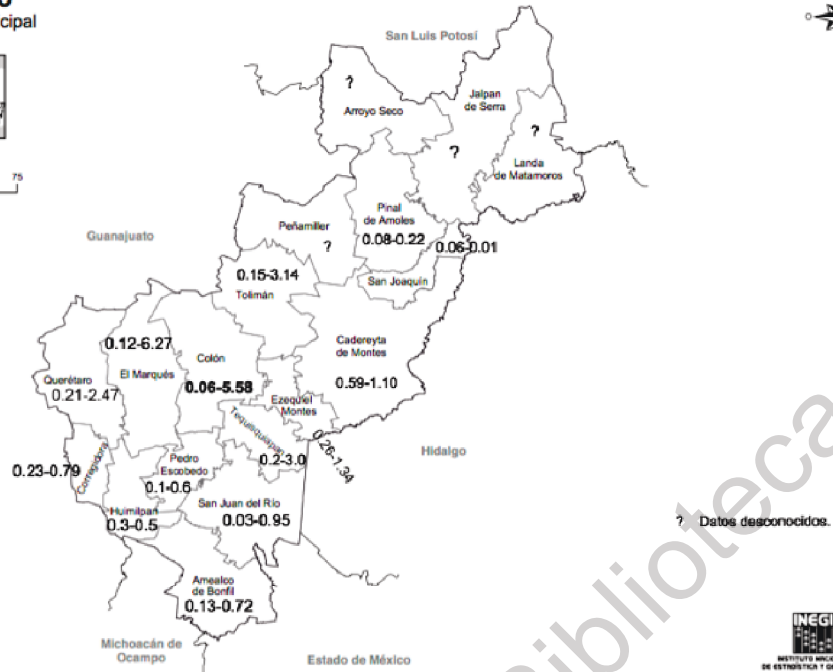
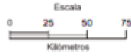


Figura. II.2. Mapa geográfico del municipio de Colón, Qro. Se muestra el rango del contenido de flúor en los posos de las comunidades (rango en ppm). La comunidad de la Peñuela tiene el rango

más alto (1.0 – 5.58ppm) Fuente: datos obtenidos de la SESEQ, 2006 y mapa del municipio de Colón obtenido del INEGI, Marco Geoestadístico Municipal 20.

II.3 METABOLISMO DEL F.

Cuando el F ingresa al organismo a través de la ingesta oral del agua, es absorbido en el estómago en un 20-25 %, traspasando las membranas biológicas en forma de ácido fluorhídrico (HF) a través de un gradiente de pH yendo del compartimiento más ácido hacia el más alcalino; el otro 70-75% se absorberá en el intestino delgado, en donde pasa como F iónico y gracias a su radio atómico pequeño traspasa las membranas biológicas por difusión pasiva (Nopakun & Messer, 1990). De esta forma ingresa al torrente sanguíneo que utiliza como compartimiento por un breve tiempo de 20-60min, para después almacenarse en su gran mayoría (90-95%) en los tejidos duros (huesos y dientes), el restante 5% aproximadamente se depositará en otros tejidos como son: riñón, hígado, pulmones, vaso, lengua, músculo, glándula salival, diafragma, corazón, piel, grasa y cerebro (Rabelo & Milton; 2011). La cantidad siempre dependerá de la ingesta y de los cambios que se produzcan en los depósitos del plasma sanguíneo (Lupo & Rigalli., 2015). En el cerebro las concentraciones son bajas (<0.1%), no obstante existen estudios tanto en animales como en humanos en donde se ha demostrado que puede causar alteraciones en el SNC (Choi *et al*, 2015). Finalmente, de todo el F que se ingiere, aproximadamente el 60% en adultos y el 45 % en niños será excretado a través de la orina (Whitford, 1996).

II.4 FLUOROSIS DENTAL.

La FD corresponde al desarrollo incompleto o detenido, número de células inadecuado o por debajo de lo normal del esmalte, inducida químicamente debida a la ingesta de F; esta hipoplasia puede ser apenas visible a niveles inferiores a 1ppm de F en el agua corriente; con cantidades más altas, los daños al esmalte resultante se hacen cada vez más evidentes (Dean 1932).

En la fase pre-eruptiva de los órganos dentarios la adición de F aumenta la concentración de ese ion en la malla cristalina, sustituyendo en los cristales del

esmalte algunos defectos y deficiencias de los iones de calcio e hidroxilo, lo que produce el crecimiento de cristales de flúor apatita (Aguilar et al., 2016). El F desplaza al ion hidroxilo de la molécula de apatita y ocupa su lugar; como resultado, hay mayor riqueza del esmalte en cristales fluorados, re-estructurando los cristales de hidroxapatita, convirtiéndolos en fluorhidroxapatita. Cuando los niveles óptimos se exceden, particularmente antes de los ocho años aparecen efectos adversos, los cuales conocemos como FD (Rivas & Huerta 2015).

Según la OMS (1997) para estimar el grado de FD al que se encuentra expuesto un individuo, se puede diagnosticar a través del índice de Dean, (anexo II) y se representa con códigos que van del 0 (sano) al 5 (severa) (fig.4), los cuales indican el grado de severidad de las fluorosis (Sapp., 2006).



Figura.II.3 Clasificación para la fluorosis dental de acuerdo al índice de Dean, la clasificación va de 0-5, siendo 0 el estado más leve y 5 el más severo. Fuente: modificado del manual de fluoruros de la SESEQ (2003).

II.5 EFECTOS DEL FLÚOR SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.

La barrera hematoencefálica es una estructura de gran importancia para el SNC ya que favorece el ingreso de nutrientes y moléculas señal y evita el ingreso de compuestos dañinos, por ello se le considera una barrera semipermeable y en este sentido el F logra atravesarla por difusión simple debido a su pequeño radio atómico, aunado a ello también es capaz de traspasar la barrera placentaria (Lee et al., 1992), Esta situación permite que el F se almacene en el tejido cerebral

desde el momento de la concepción (Sharma *et al.*, 2009), debido a esto los individuos que se encuentran en desarrollo son más susceptibles a los efectos del F, en parte porque su sistema inmunológico está en proceso de desarrollo y su capacidad para identificar agentes extraños es limitada, y por las características de la barrera hematoencefálica, que en ese periodo es discretamente más permeable que en la etapa adulta (Needham *et al.*, 2011).

II.6 ALTERACIONES NEUROMETABÓLICAS ASOCIADAS AL FLÚOR

Algunas de las alteraciones bioquímicas y fisiológicas relacionadas a la ingesta de F son; aumento del estrés oxidativo, neuroinflamación, disminución de receptores muscarínicos, ruptura de los microtúbulos, disminución de la glucosa neuronal y alteración del volumen de células hipocampales (Dec *et al.*, 2017). Estos efectos se traducen en una influencia tóxica sobre el metabolismo y fisiología de las neuronas y la glía que da lugar a trastornos en los procesos relacionados con el desempeño cognitivo (Valdez *et al.*, 2010) como veremos a continuación.

A) El flúor aumenta el estrés oxidativo en las células nerviosas.

Shuhua *et al* (2012), encontraron que la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la peroxidación lipídica, desempeñan un papel importante en la patogénesis de la toxicidad crónica por F. En su estudio se reveló que éste elemento puede estimular la activación de las células microgliales y que además disminuye la actividad de la superóxido dismutasa (SOD) significativamente, observando también un aumento en las concentraciones de malondialdehído (MDA), ROS y O₂, en comparación con los controles (concentración de 5 a 20 mg F/L). En otro estudio, donde se expusieron ratas en periodo prenatal y posnatal a una concentración de 20 mg F/L, se observó una concentración mayor de F en el suero y cerebro tan sólo en el día 14 de vida, que reveló también, una disminución de la actividad de la SOD y una mayor intensidad de la peroxidación lipídica, en los cerebros de los animales de experimentación (Samanta *et al.*, 2016). Cuando el estrés oxidativo es severo se puede producir la muerte celular; y en los casos

más extremos, a la necrosis, lo que evidentemente dañaría la población de neuronas en el SNC con un déficit funcional.

B) El flúor aumenta la respuesta neuroinflamatoria en células de la microglía

Diversos estudios han demostrado que la exposición de ratas adultas al F de forma crónica, provoca la activación de la microglía en el hipocampo y la corteza cerebral, dando inicio a un estado inflamatorio a través de la síntesis de citosinas proinflamatorias como: IL-1B, IL-6 y TNF- (concentración de 60 y 120 mg F/L) (Yan *et al.*, 2016). El papel del sistema inmunológico en las respuestas inflamatorias es muy importante para proteger al SNC de algún daño, pero si la respuesta es descontrolada o se produce en exceso, los daños pueden ser severos, como en el caso de sujetos con la enfermedad de Alzheimer, en los que se han encontrado respuestas neuroinflamatorias elevadas (Ying *et al.*, 2015); lo que representa una alteración en las funciones superiores primarias como el aprendizaje y la memoria.

C) El flúor disminuye la expresión de algunos receptores muscarínicos.

Los receptores M1 y M3 son receptores muscarínicos para acetilcolina abundantes en el SNC, la disminución de éstos receptores ha demostrado que tienen amplia relación con los déficits en la memoria y el aprendizaje (Poulin *et al.*, 2010). Dong *et al.* (2015), encontraron, según lo determinado a través de Western Blot, que los niveles de estos receptores disminuyeron significativamente en un 49% para M1 y un 72% para M3, en ratas adultas con presencia de FD en comparación con los controles; es importante mencionar que las ratas evaluadas en éste estudio fueron la descendencia de madres con ingesta crónica de F y fueron evaluadas 10 meses después de su nacimiento, durante este periodo se les continuó administrando la misma dosis de F permanentemente; al momento de la evaluación ya presentaban FD (concentración de F en el agua de bebida, 50ppm). Lo que relaciona el hecho de que padecer FD puede ser un factor de riesgo para

presentar daños a nivel del SNC, en específico con estos receptores que están ampliamente relacionados con los procesos de aprendizaje y memoria.

D) Fragmentación de los microtúbulos en los axones de las neuronas.

Niu *et al* (2015), hallaron degeneraciones axonales y dendríticas en ratas con FD como manifestaciones neurológicas, en los animales expuestos al F se degeneraron los axones y las dendritas al disminuir la expresión de heterodímeros de Tuba 1 y Tuba 2, los microtúbulos presentaron fragmentación discreta y se doblaron lo que ocasionó que perdieran su elasticidad, se localizaron a lo largo del axón dando como resultado una mala transmisión de la señal. Sus hallazgos sugieren que las lesiones de los microtúbulos también podrían ser una causa importante para la neurodegeneración observada en seres vivos con fluorosis.

E) Alteración en la captación de la glucosa en las células del sistema nervioso central.

La glucosa constituye la principal fuente de energía para las neuronas (Gibbs, 2016). Las cantidades bien proporcionadas y equilibradas de glucosa en un organismo influyen significativamente en el correcto funcionamiento de las funciones cognitivas y numerosos análisis han confirmado que los trastornos en el metabolismo de ésta pueden ser la causa de la muerte de las neuronas (Smith *et al.*, 2011). Se ha observado una disminución en el uso de la glucosa en las ratas expuestas al F a una concentración en el agua de bebida entre 50 - 100mg F /L. También existe una disminución en el receptor GLUT1 (principal responsable de la captación de glucosa en SNC), en la corteza cerebral y el hipocampo (Jiang *et al* 2014). Sin la cantidad de combustible adecuada, las redes neuronales no ejercerán su actividad de forma habitual, lo que puede reflejar un bajo desempeño en algunos procesos cognitivos.

F) El flúor modifica el volumen de las células hipocampales.

El volumen celular es un aspecto muy importante para la homeostasia durante la actividad de las neuronas. Lee *et al* (2016), investigaron el mecanismo del cambio de volumen que se producía por la ingesta de F a través de cortes de hipocampo de ratas y ratones mediante la técnica de registro de señal óptica intrínseca, que les permitió medir el volumen intracelular y extracelular. Se encontró que la aplicación de F indujo una reducción en el volumen intracelular de las neuronas hipocampales en las regiones CA1 y CA3, dando como resultado cambios en el metabolismo neuronal. El hipocampo es una estructura ampliamente relacionada con el aprendizaje, es por ello que estos estudios podrían explicar porqué las funciones mayormente afectadas debido a la ingesta crónica del F, tienen mayor impacto sobre las funciones mentales superiores como la atención, la memoria y al aprendizaje.

II.7 ALTERACIÓN EN LAS FUNCIONES MENTALES SUPERIORES DEBIDO A LA INGESTA CRÓNICA DE FLÚOR

Se ha observado que los individuos que habitan en zonas endémicas con niveles por encima de lo permitido, presentan niveles de coeficiente intelectual disminuido en comparación con sujetos en poblaciones que residen en áreas con niveles en el rango o por debajo de lo permitido, en base a esto se ha reportado que las áreas cognitivas con el desempeño más bajo, son las de atención, memoria y aprendizaje (Choi *et al* ., 2012) como se describe a continuación.

G) El flúor disminuye el coeficiente intelectual.

Se ha comprobado que existe una relación entre el coeficiente intelectual (CI) y la exposición al F. Por ejemplo, en el estudio de Abbas *et al* (2015), hallaron que el CI general de niños expuestos a niveles altos de F en el agua potable (2.41ppm de F) y que tenían FD, fueron significativamente más bajos que los de un área con bajo contenido de F (0.19 ppm F en el agua potable). También encontraron que a mayor índice de FD, menor era el desempeño en las pruebas

de inteligencia (Ravens Coloured Progressive Matrices). En otra investigación, se evaluó el CI en niños de comunidades en las que la exposición al F era elevada (4-12 ppm) y se detectó un CI significativamente menor en comparación con aquellos que vivían en comunidades con concentraciones cercanas a 0.91 ppm (Zhao *et al.*, 1996).

H) Efectos del flúor sobre la atención.

Bashash *et al.*, (2018) examinaron la asociación entre la exposición prenatal al F y los síntomas asociados con el trastorno de atención e hiperactividad (TDAH). Evaluaron a madres e hijos de nacionalidad mexicana que habitaban en una región con niveles por arriba de lo permitido (2.89 ppm F en el agua potable) a través de las escalas de Conners (CRS-R) para las madres y la prueba de rendimiento continuo de Conners (CPT-II) para los niños. Encontraron una puntuación significativa en la falta de atención, pero no así en los resultados relacionados con la hiperactividad en estas pruebas. Por otro lado, en animales de experimentación se ha visto que los que son expuestos a dosis crónicas por encima de 1.5ppm F, presentan menor atención en la fase de entrenamiento para la prueba del laberinto de Morris (Liu *et al.*, 2014). Aunado a ello, otras investigaciones realizadas con sujetos expuestos crónicamente al F como consecuencia de la contaminación industrial, reportaron que los individuos presentaban dificultad para concentrarse, fatiga y malestar general (Ryczel, 2006).

I) Efecto del flúor sobre la memoria.

En un estudio piloto en China, se evaluó el CI de una población con niveles endémicos de F (0.57-11.5 ppm). Esta investigación incluyó datos de varias mediciones neuropsicológicas como indicadores del CI, la concentración de F en orina y la prevalencia y severidad de la FD como indicadores de la exposición al F. ACOMODAR ESTE PÁRRAFO En sus hallazgos más relevantes destaca la asociación entre la FD moderada y severa con la subprueba de lapso de dígitos WISC-R, este tipo de subpruebas se han utilizado para evaluar la memoria a corto

plazo y la memoria de trabajo (Choi et al., 2015). En estudios en ratas se ha demostrado que los animales con exposición crónica al F presentan un desempeño inferior en el tiempo de latencia de escape, número de veces que cruzan la plataforma y tiempo de permanencia significativamente más bajo en la prueba del laberinto de Morris, en comparación con los controles, lo que indica una disminución en la capacidad de aprendizaje espacial y la memoria en ratas con fluorosis (Ting et al., 2015).

II.8 MECANISMOS FISIOPATOLÓGICOS.

El principal factor de riesgo para la salud humana es la ingesta de agua potable con cantidades por encima de 1.5ppm por un tiempo prolongado (Fig.II. 5). (Juárez et al., 2002).

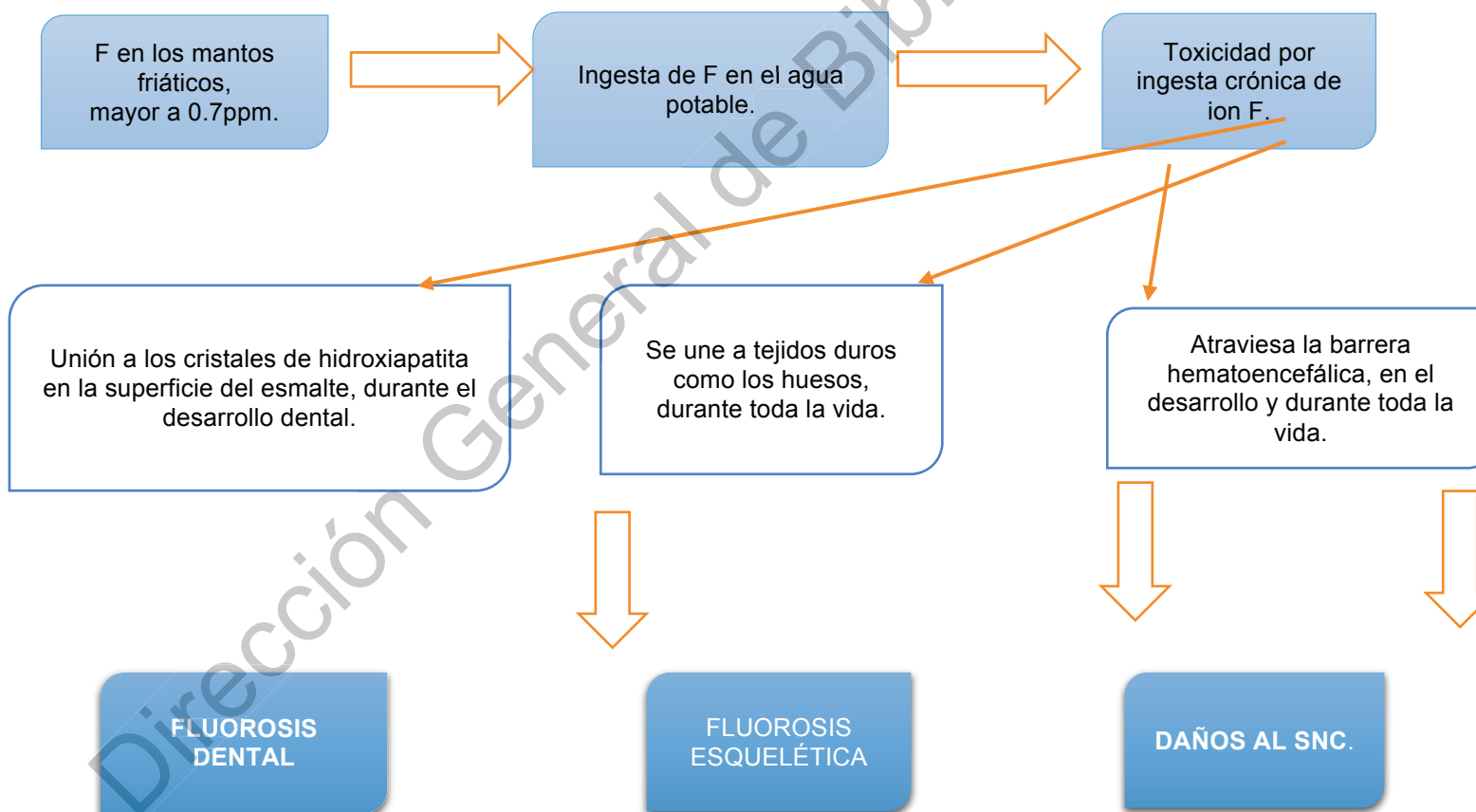


Figura . II. 4. Modelo causal de la intoxicación por flúor. Fuente: modificado del Manual para Uso de Fluoruros de la República Mexicana, SESEQ, 2003.

Los recursos hídricos que contienen mayores cantidades de éste ion son los que se encuentran localizados en zonas montañosas o en áreas con depósitos geológicos de origen marino, que tengan restos de suelos volcánicos y que estén en áreas del semidesierto. Existen rocas que tienen minerales con el fluoruro como la apatita y la fluorita. La meteorización de estas rocas y la infiltración de la lluvia a través de ella aumentan la concentración de fluoruro en las aguas subterráneas; el F que se encuentra en alta concentración en las cenizas volcánicas es fácilmente soluble en agua y es otra fuente natural (Brindha & Elango., 2011).

En México, aproximadamente el 6% de la población es afectada por el flúor debido al consumo de agua subterránea, llegándose a encontrar concentraciones de hasta 6.8ppm en agua potable, que son cifras muy por arriba de lo permitido que son 0.7-1.5ppm (Aguilar et al., 2015).

Otro factor relevante, es que la prevalencia de FD aumenta en individuos que residen a más de 1,900m de altitud. La mayor parte de la población vive en altitudes cercanas o superiores al nivel crítico de los 2,000 m, esto tiene implicaciones para la salud por lo que es importante su difusión en El sector salud (Maupomé et al., 2007).

III. JUSTIFICACIÓN.

El exceso de fluoruros en las fuentes hídricas es un problema de salud pública, que representa un riesgo para las poblaciones y la salud humana, particularmente la dental; sin lugar a dudas, el agua es elemental para la vida, aunque debe de tener ciertas propiedades que le permitan el calificativo de saludable de tal manera que su función fundamental es la hidratación y permitir procesos bioquímicos elementales para la vida humana, animal y vegetal; por lo tanto, es un derecho a su acceso que sea saludable y libre de elementos contaminantes.

Hoy en día, la industrialización y los riesgos de contaminantes en los mantos acuíferos derivados de los procesos industriales y de la actividad humana, no sólo

los de tipo microbiológico, sino todos aquellos elementos químicos derivados de la transformación de otros elementos, se están depositando en los mantos acuíferos y freáticos que contaminan el agua; es de interés señalar que se encuentran elementos como los metales pesados, y gases, como es el caso del flúor.

En nuestro país está permitido que el agua para consumo humano contenga como máximo 0.7ppm de flúor; sin embargo, varios estados de la República Mexicana tienen niveles más altos; uno de ellos es el estado de Querétaro que tiene registrado hasta el año de 2015, una concentración de 1.9ppm (F. Aguilar et al., 2017). Con estos niveles es posible que se presente la fluorosis dental, daños esqueléticos y efectos sobre el SNC. Estos últimos efectos, aún falta por determinarse fehacientemente.

Los efectos más notables pueden presentarse durante el desarrollo y el crecimiento, en particular en los cambios en la dentición tanto temporal como permanente. Los niños tienen mayor susceptibilidad, en particular los de edad escolar por los cambios que se presentan en la dentición, el crecimiento óseo y cerebral.

En el estado de Querétaro, uno de los municipios con mayor prevalencia de fluorosis dental es el municipio de Colón, que está localizado en el noroeste del estado, a una altitud de 1900 m s. n. m. En este municipio se encuentra la comunidad de San José de la Peñuela, con un registro promedio del ion F en el agua potable de 3.37ppm; la más alta registrada de todos los municipios de Querétaro.

Esta condición es relevante desde el punto de vista epidemiológico como clínico ya que además de los efectos visibles en la cavidad oral, es relevante el determinar los efectos señalados en la literatura sobre el sistema nervioso central en los escolares, particularmente en las áreas de la atención y la memoria.

La Secretaría de Salud, acorde con los lineamientos internacionales de la salud oral y en particular en los países emergentes, se aplica la norma oficial NOM- 013-

SSA2-2006, que indica la aplicación de fluoruros como parte de los programas de prevención anticaries, incluso en zonas de alta exposición al F.

Dado que es una política en salud oral, sería deseable que se particularizara esta acción en áreas donde se tenga conocimiento que la población infantil presenta fluorosis dental a fin de evitar mayor daño al órgano o dentario.

Para ello, es imprescindible que mediante la determinación del F y sus efectos en esta población expuesta al F en forma crónica y constante, permita modificar las acciones sanitarias oficiales con el respaldo de una investigación.

IV. HIPÓTESIS.

La ingesta de agua con concentración de flúor mayor a 0.7 ppm, la presencia de fluorosis dental y la fluoruria mayor a 1.5 ppm F, tienen una asociación significativa con las funciones de atención y memoria, en los escolares.

V. OBJETIVO GENERAL.

Determinar una asociación entre la fluorosis y la atención y la memoria en escolares de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Querétaro.

V.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Identificar el pozo de distribución de agua de consumo humano de la comunidad.
- Cuantificar la concentración de F del pozo de agua potable de la comunidad.
- Establecer el índice comunitario de fluorosis (IFC).
- Determinar las funciones de atención y memoria.

- Cuantificar la concentración de F en la orina de los escolares (fluoruria).
- Determinación de otros hábitos y factores de riesgo relacionados a la ingesta de F.
- Determinar la asociación entre la FD y la atención y la memoria de los escolares.

VI. METODOLOGÍA.

VI.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Con un diseño de estudio epidemiológico, transversal y descriptivo, cuyo objetivo es determinar la relación entre la presencia de fluorosis sistémica, evidenciado clínicamente por la FD, y su efecto sobre la atención y la memoria en los escolares de una comunidad con niveles endémicos dentro del estado de Querétaro. El periodo de estudio fue de julio 2017 a julio 2019. El trabajo de campo se realizó directamente en la comunidad y los ensayos bioquímicos en el laboratorio de Biomedicina de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.

VI.2 POBLACIÓN

Escolares sanos de 6 a 12 años, de sexo indistinto, inscritos en la escuela pública de la comunidad de San José de la Peñuela. La comunidad de San José de la Peñuela en el municipio de Colón, Querétaro, México, está ubicada en las coordenadas: longitud, -100.15 y latitud, 20.6417. La localidad se encuentra a una altura de 1990 m s. n. m. Esta comunidad está abastecida por sólo un pozo de agua en el que según la jurisdicción sanitaria #2 del estado cuenta hasta el 2015 con un rango de 1.0 – 5.58 ppm F. Esta concentración puede variar entre las épocas de estío y de lluvias.

Los criterios de inclusión involucraron que los niños presentaran FD, estar inscrito en la escuela primaria y participar en la aplicación de las pruebas psicométricas, el sexo fue indistinto. Se obtuvo el consentimiento informado y firmado por el padre o tutor, así como de las autoridades escolares locales, y se excluyeron a todos aquellos sujetos con enfermedades crónicas, presencia de alguna discapacidad

mental, que no estuviesen de acuerdo en firmar el consentimiento informado o que sus muestras o pruebas fueran insuficientes y/o no estuvieran bien completadas.

VI.3 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS

J) Determinación de la presencia de fluorosis dental.

Se inició la investigación, con aprobación de las autoridades escolares y sanitarias de la Jurisdicción Sanitaria II, SESEQ. Los padres estuvieron de acuerdo en acudir a una sesión informativa sobre el proyecto y en caso de otorgar el consentimiento informado se procedería a realizar los componentes de la investigación.

La investigadora principal, realizó la exploración oral habitual para evaluar la presencia de FD a través del índice de Dean (Veáse Anexo II), basándose en los dos dientes más afectados, si los dos dientes no se encontraban afectados por igual se registró el grado correspondiente al menos afectado de ambos, aunque es posible diagnosticar la FD en los dientes temporales, para fines de éste estudio únicamente se tomaron en cuenta los dientes permanentes para el diagnóstico, aún en denticiones mixtas, con un kit de 1x4 básico y con luz natural, se realizó un odontograma de forma individual y se tomó registro de imagen mediante fotografías intraorales para el diagnóstico de la patología como uno de los criterios de inclusión básico.

K) Estimación de la población con fluorosis dental.

Se estimó el porcentaje general de escolares que padecían FD a través del ICF (anexo III); para estimar el riesgo al que se encuentra expuesta esta población con respecto a esta patología.

L) Determinación de la cantidad de ppm de F en el agua potable de la región.

La determinación de ppm de F en el agua potable se llevo a cabo en primera instancia a través del reporte oficial de la concentración de F en el agua de la región y de la comunidad de San José de la Peñuela en el municipio de Colón, Qro. proporcionado directamente por la jurisdicción sanitaria #2; posteriormente fue verificado mediante el método potenciométrico de ion selectivo (ISE) de acuerdo a la NMX-AA077-SCFI-2001 (ANEXO VI)

M) Determinación de F en la orina.

A los niños que obtuvieron el consentimiento informado se les solicitó la recolección de la primera orina de la mañana de los escolares en un recipiente estéril para la muestra de orina; previa sesión informativa para su recolección y entrega a la investigadora principal. Se les entregó una hoja impresa con estas recomendaciones como recordatorio. Una vez que se entregaron por la mañana por los niños las muestras de orina, se congelaron a menos 5 °C para su análisis posterior a través del método potenciométrico para ión selectivo.

N) Evaluación de la atención y la memoria.

Se evaluó la atención y la memoria a través del test psicométrico Neuropsi (anexo IV). Este instrumento explora la atención y la memoria, permite evaluar las siguientes áreas:

- Orientación.
- Atención y concentración.
- Funciones ejecutivas.
- Memoria de trabajo.
- Memoria verbal y visual (inmediata y demorada).

Cada una de estas áreas incluye varias subpruebas que cubren distintos aspectos de ese dominio cognitivo. Los *ítems* utilizados en esta prueba están adaptados a la frecuencia de ocurrencia y relevancia para la población hispanohablante. Se obtiene una interpretación cuantitativa del puntaje total y

datos cualitativos de cada una de las subpruebas. Esta prueba permite obtener un puntaje global y además un puntaje por separado para las funciones de atención, funciones ejecutivas y de memoria.

Los puntajes globales normalizados del total de la prueba, así como de las dos subescalas, tienen una media de 100 y una desviación estándar de 15, lo que permite clasificar la ejecución del sujeto en un nivel normal alto (116 – en adelante), normal (85 – 115), con alteraciones leves (70 – 84) o con alteraciones severas (69 - o menos).

O) Evaluación del coeficiente intelectual grupal.

De acuerdo con lo reportado en la literatura, es importante realizar otras pruebas de apoyo para explorar estas funciones cognitivas, por lo que se aplicó la prueba de inteligencia de *Shipley-2*.

Esta prueba evalúa de manera breve y eficaz la inteligencia en niños, adolescentes y adultos, mediante la determinación de dos tipos de inteligencia (fluida y cristalizada), que proporcionan una estimación rápida de la inteligencia general. Determina mediante subpruebas verbales y no verbales algún deterioro cognitivo.

Se compone de tres subpruebas:

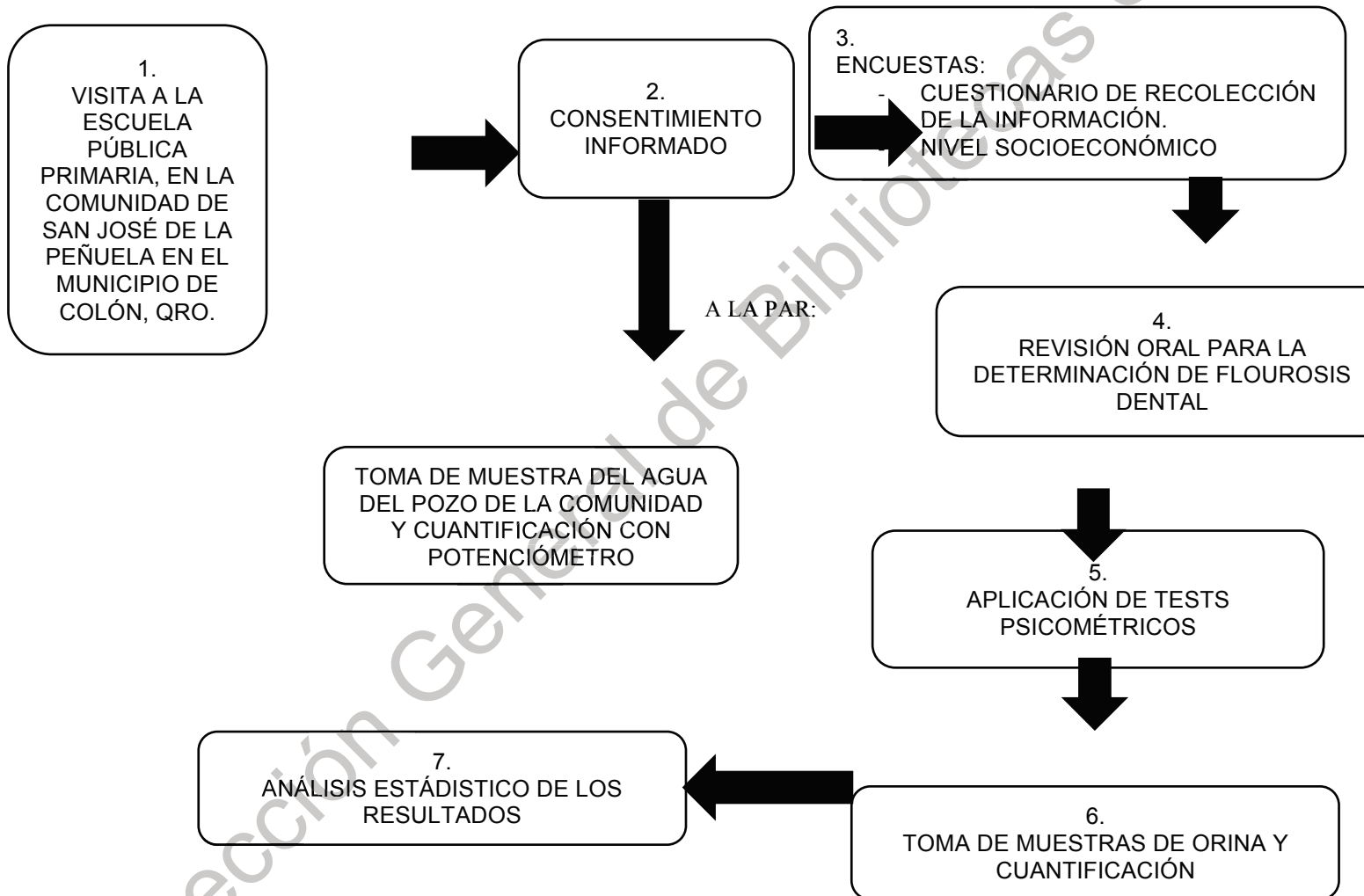
- Vocabulario (mide habilidades cristalizadas).
- Abstracción (mide habilidades fluidas).
- Bloques (mide habilidades fluidas).

Por medio de las subpruebas se amplía el alcance de la evaluación y se obtienen puntuaciones combinadas. Esta prueba puede ser aplicada de forma individual o grupal. Una vez obtenido el puntaje éste se normaliza de acuerdo a la edad y los años de estudio, permitiendo valorar al sujeto en 7 clasificaciones; superior (<130), muy por encima del promedio (120-129), por encima del promedio (110-119), promedio (90-109), por debajo del promedio (80-89), muy por debajo del promedio (70-79) y bajo (>70).

P) Determinación de otros hábitos y factores de riesgo relacionados a la ingesta de F.

A través de la cédula de recolección de la información (véase anexo I).

PROCEDIMIENTO.



V1.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La información generada de la revisión clínica y de los estudios derivados de las determinaciones del F en las muestras de orina, se analizó mediante estadística descriptiva para obtener las medidas de tendencia central y de

dispersión (media, desviación estándar, promedio, rango y porcentajes de acuerdo al tipo de variable). Posteriormente, un análisis bivariado para las variables de FD y fluoruria, en la que se realizó la prueba de correlación de Rho Spearman. Se utilizaron los paquetes estadísticos de *GraphPad Prism 7* y *SPSS statistics*.

VI.5 CONSIDERACIONES BIOÉTICAS.

En este proyecto de investigación se han considerado los aspectos éticos emitidos en la Ley General de Salud en materia de investigación en seres humanos. Asimismo, lo emitido en la Declaración de Helsinki y de Tokio con su enmienda de Corea en 2008.

Por ser un estudio observacional se considera que el riesgo es mínimo de acuerdo al artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación. Cumple con los requisitos de los artículos 13, 14, 15 y 16 de dicho reglamento. La información generada será para fines académicos y se utilizará bajo los principios de la privacidad de la información y su uso es con fines académicos. Fue evaluado a y avalado por el Comité de Bioética y del Consejo de Investigación y Posgrado de la FMUAQ.

Se entregó un reporte técnico final a las autoridades de la comunidad relacionadas con la salud bucal (Jurisdicción Sanitaria No. 2, SESEQ, SJR, Qro.).

A los padres de los niños participantes se les entregó el estado de salud oral y recomendaciones. Se solicitó consentimiento informado del padre o tutor y del participante (Véase anexos).

VI.6 FINANCIAMIENTO.

Dado que el Programa de la Maestría en Neurometabolismo pertenece a un programa PNPC-CONACYT, se tuvo el apoyo individual de CONACYT y mediante financiamiento interno a través de la convocatoria institucional FOPER 2018.

VII. RESULTADOS

VII. 1. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y POBLACIONALES.

La comunidad de San José de la Peñuela se encuentra ubicada al sur de la cabecera municipal, perteneciendo a la zona del semidesierto Queretano. De acuerdo con los datos del INEGI hasta el 2010, cuenta con aproximadamente 2,392 habitantes de los cuales 1,128 son mujeres y 1,120 son hombres (clave INEGI 220050031), sin embargo, en las entrevistas con los pobladores mencionan que su población ha aumentado hasta llegar aproximadamente a los 4,000 habitantes, se está a la espera del siguiente censo en el año 2020. Su nivel de marginación es medio con un grado de rezago social muy bajo. Respecto a su hidrografía, cuenta con una única fuente de distribución de agua que llega a la comunidad por la zona noroeste, aunado a ello la comunidad se encuentra a unos 2000 m s. n. m (fig. VII. 5).

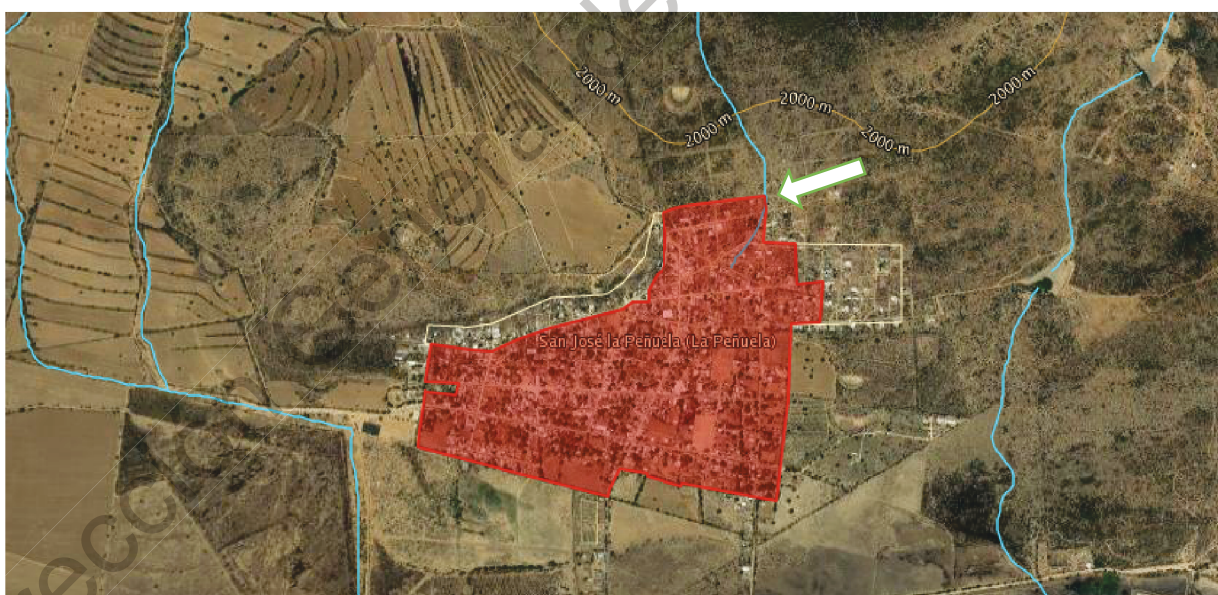


Figura VII. 5. Ubicación Geográfica de la comunidad de San José de la Peñuela, Colón, Querétaro, la flecha señala la ubicación de la única fuente de distribución de agua potable, las cuencas hidrográficas están en color azul y el área roja delimita el terreno total de la comunidad.

El universo de estudio estuvo conformado por los escolares de la única escuela primaria pública que hay dentro de la comunidad, la escuela Prof. Ricardo Rivas Maldonado con clave: 22DPR0246B turno matutino y vespertino con un número total de alumnos de 356, total de personal 14 y total de grupos 12.

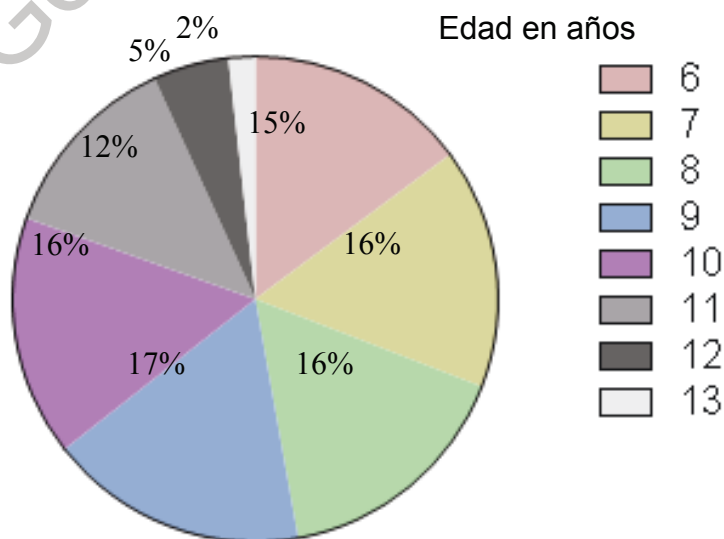
En la primera visita al realizar la plática informativa con los padres de familia, toda la comunidad estuvo de acuerdo en que se les realizara la revisión clínica para el diagnóstico de FD a todos los alumnos inscritos en ambos turnos, matutino y vespertino; sin embargo para continuar con las pruebas clinimétricas y la recolección de las matrices biológicas sugirieron que se continuara a través del consentimiento informado.

VII. 2. DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO AL GÉNERO Y LA EDAD.

La escuela actualmente cuenta con 337 alumnos los cuales 163 (48%) son mujeres y 174 (51%) son hombres, con lo cual se puede deducir que se tiene una población homogénea con excepción de los sujetos con 12 y 13 años quienes representan las edades con menor prevalencia, finalmente la edad promedio de la población de estudio fue de 8 años, los grupos de edad fueron homogéneos (Fig. VII.6).

Figura VII. 6. Distribución de los escolares por grupos de edad

n = 337



VII. 3. CUANTIFICACIÓN DE FLÚOR EN LAS MUESTRAS DE AGUA DEL POZO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD

De acuerdo con los datos proporcionados por la jurisdicción sanitaria #2 de la Secretaría de Salud Pública del Estado de Querétaro, hasta el año 2006 se cuenta con un registro de 0.06-5.58 ppm de F en el agua del pozo que distribuye a la comunidad, dicha concentración rebasa lo permitido de acuerdo a la OMS (0.7ppm de F) y a la NOM-201-SSA1-2002 (1.5mg/L para F). Hasta el momento se han tomado dos muestras en diferentes épocas a través del tiempo que ha durado el estudio, la cuantificación se llevó a cabo a través del método potenciométrico de ion selectivo según la NMX-AA-077-SCFI-2001. Las muestras arrojaron un puntaje promedio de 2.18 ppm F, por encima de lo permitido (1.5ppm) según la NOM-127-SSA1-1994 (Cuadro VII.1).

Cuadro VII. 1.

Concentración de flúor en el agua potable de la comunidad

FECHA DE TOMA DE MUESTRA	CUANTIFICACIÓN POR DUPLICADO (ppm)	PROMEDIO (ppm)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (ppm)
21/Junio/2018	2.10-2.18	2.14	0.08
15/Mayo/2019	2.19-2.25	2.22	0.06
TOTAL		2.18	

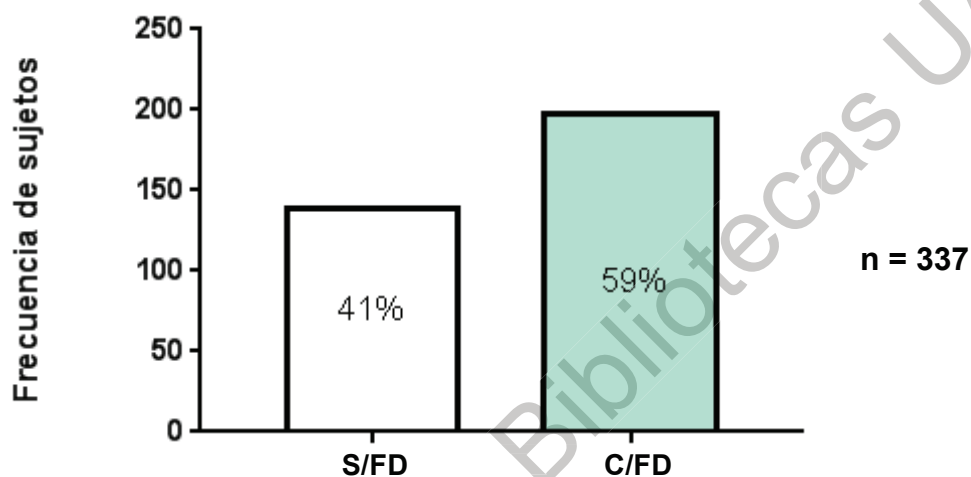
Fuente: Resultados de la cuantificación a través del método potenciométrico de ion selectivo según la NMX-AA-077-SCFI-2001

VII. 4. DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE FLUOROSIS DENTAL.

En la figura VII.7 y el cuadro VII.2, se muestra la exploración oral que se llevó a cabo en los escolares para el diagnóstico de FD de acuerdo al índice de

Dean, más de la mitad presentaron algún grado de FD (59%), respecto a esto los grados con mayor prevalencia son en primer lugar, fluorosis cuestionable (grado 1) y en segundo lugar fluorosis moderada (grado 4).

Figura VII. 7 Distribución de los sujetos sin fluorosis (S/F) vs con fluorosis (C/F)



Fuente: Cédula de recolección de datos del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”. 2018.

Cuadro. VII. 2. Distribución de los escolares de acuerdo al grado de fluorosis dental.

<i>n=337</i>		
FLUOROSIS DENTAL	Frec.	%
Grado 0	138	41
Grado 1	53	36
Grado 2	35	24
Grado 3	37	25
Grado 4	50	34
Grado 5	24	16

Fuente: Cédula de recolección de datos del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”. 2018.

VII. 5. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN CON FLUOROSIS DENTAL A TRAVÉS DEL ÍNDICE COMUNITARIO DE FLUOROSIS DENTAL.

Para extrapolar el verdadero riesgo que representa éste padecimiento, se calculó el ICF, el cual de acuerdo con la secretaría de Salud Pública, no debe de rebasar las 0.6 unidades, y nuestra comunidad obtuvo un ICF de 1.132, casi el doble de lo que señala la Secretaría (cuadro VII.3). Por lo tanto la comunidad de San José de la Peñuela se encuentra en riesgo de salud pública debido al padecimiento de FD.

Cuadro VII. 3.

Índice comunitario de fluorosis dental.

			n=337
FLUOROSIS DENTAL	FRECUENCIA	PONDERACIÓN	(FREC)(PONDERACIÓN)
Sano	138	0	0
Cuestionable	53	0.5	26.5
Muy leve	35	1	35
Leve	37	2	74
Moderada	50	3	150
Severa	24	4	96
Total	337		381.5

$$\text{ICF} = \text{SUMA DE PONDERACIONES} / \# \text{ DE SUJETOS} = \mathbf{1.132}$$

Fuente: Cédula de recolección de datos del proyecto "Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.", 2018.

VII. 6. CÉDULA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Como se mencionó anteriormente, 146 padres o tutores estuvieron de acuerdo en que se les realizara el diagnóstico de las pruebas clinimétricas, la

fluoruria y la cédula de recolección de la información, respecto a esto, el cuadro VII. 4 representa la distribución de los individuos de acuerdo al tiempo que llevan habitando en la comunidad tanto madres como hijos, y demuestra que la gran mayoría ha permanecido desde la concepción hasta la actualidad dentro de la comunidad. Aunado a ello el análisis estadístico arrojó una asociación positiva significativa Rho Spearman de .402* $p = \leq 0.05^*$, entre el tiempo que llevan las madres habitando en la comunidad y la presencia de FD en la descendencia y $=2.78 + 0.2 \cdot x$, R^2 lineal = 0.057.

Cuadro VII. 4.

Distribución por antigüedad respecto al lugar de nacimiento y el tiempo de residencia.

n=146

Preguntas	Respuestas	
	Sí	No
¿Su hijo/a nació en Querétaro?	95% (n=138)	5% (n=8)
¿La madre habitó aquí durante su embarazo?	82% (n=120)	18% (n=26)
¿La madre ha vivido aquí toda su vida?	45% (n=65)	55% (n=81)
¿Su hijo/a ha vivido aquí toda su vida?	87% (n=127)	13% (n=19)

Fuente: Cédula de recolección de datos del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”, 2018.

De acuerdo con los datos recabados, la mayoría de los escolares nació en el estado de Querétaro (95%) y la gran mayoría ha permanecido en la comunidad desde el momento de su concepción (82%) hasta la actualidad (87%).

La segunda parte del cuestionario de recolección de la información (cuadro VII.5) se enfoca en conocer aquellos hábitos que pueden relacionarse con la ingesta de F por algunas vías alternas al consumo de agua potable.

Se puede resaltar que el hábito de ingerir la pasta al momento del cepillado dental es muy bajo (5%) y por lo tanto no es significativo, además cabe agregar que la mayoría de los escolares tiene un pobre hábito de higiene dental ya que en su mayoría 53% se lava los dientes únicamente 2 veces al día. Así mismo la marca de pasta dental más utilizada es la de "Colgate". Por otro lado la mayoría de los individuos (80%) agrega una cantidad necesaria (sin abuso en el consumo) de sal a sus alimentos y la marca más utilizada es la de "La fina". Respecto a la ingesta de agua el 37% de los escolares ingiere alrededor de 3 a 4 vasos de agua al día.

Cuadro VII. 5.

Distribución de los escolares con respecto a los hábitos que se relacionan directamente con la ingesta de flúor.

n=146

Preguntas	Respuestas				
	Sí		No		
¿Su hijo/a se lava los dientes?	98% (n=143)		2% (n=3)		
¿Cuántas veces al día se los lava?	Una vez 32% (n=46)	2 veces 53% (n=77)	3 o más 13% (n=19)		
¿Ha observado si su hijo/a se come la pasta dental?	5% (n=7)		95% (n=139)		
Normalmente, ¿qué marca de pasta dental utilizan?	Colgate 91% (n=133)	Crest 5% (n=7)	Otra 4% (n=6)		
¿Qué cantidad de sal le agrega a la comida?	Más de lo necesario 5% (n=8)	Lo necesario 80% (n=118)	Poca o casi nada 15% (n=20)		
¿Qué marca de sal utilizan?	La fina 95% (n=138)	Diconsa 0.6% (n=1)	Otra 4.4% (n=7)		
¿Cuántos vasos de agua toma su hijo/a al día?	Menos de 2 21% (n=31)	De 3 a 4 37% (n=54)	De 5 a 6 19% (n=28)	De 7 a 8 18% (n=26)	Más de 9 5% (n=7)

Fuente: Cédula de recolección de datos del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”, 2018.

Otras de las preguntas se enfocan en conocer cuánta sal consumen y qué marca es la que más se utiliza. El 80% afirma que consume una cantidad necesaria (sin abuso en el consumo) y la marca más utilizada con un 95% es “La fina”. Por último observamos que los escolares en su mayoría (37%) consumen alrededor de 3 a 4 vasos de agua al día.

En el cuadro VII. 6 se muestra la utilización de los servicios de agua para consumo humano en el hogar. Principalmente los habitantes utilizan el agua para servicios generales (lavar, bañarse, uso del WC, riego, etc.) directamente del servicio que distribuye la toma corriente a cada hogar (llave 91%). Se puede notar que el 69% de los sujetos utilizan el agua de la llave para cocinar y en primer lugar 66% bebe agua embotellada o de garrafón y en segundo lugar 31% beben el agua directamente de la llave.

Cuadro VII. 6.

Distribución de los escolares con respecto a la utilización de servicios de agua para consumo humano en el hogar.

Preguntas	Respuestas				
	Llave	Pipa	Pozo	Presa o bordo	Embotellada
¿De dónde toman el agua para los servicios generales?	91% (n=133)	3% (n=4)	6% (n=9)	0% (n=0)	No aplica
¿De dónde toman el agua para beber?	31% (n=45)	0.6% (n=1)	2% (n=3)	0% (n=0)	66% (n=97)
¿De dónde toman el agua para cocinar?	69% (n=101)	1% (n=2)	2% (n=3)	0% (n=0)	27% (n=40)

Fuente: Cédula de recolección de datos del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”, 2018.

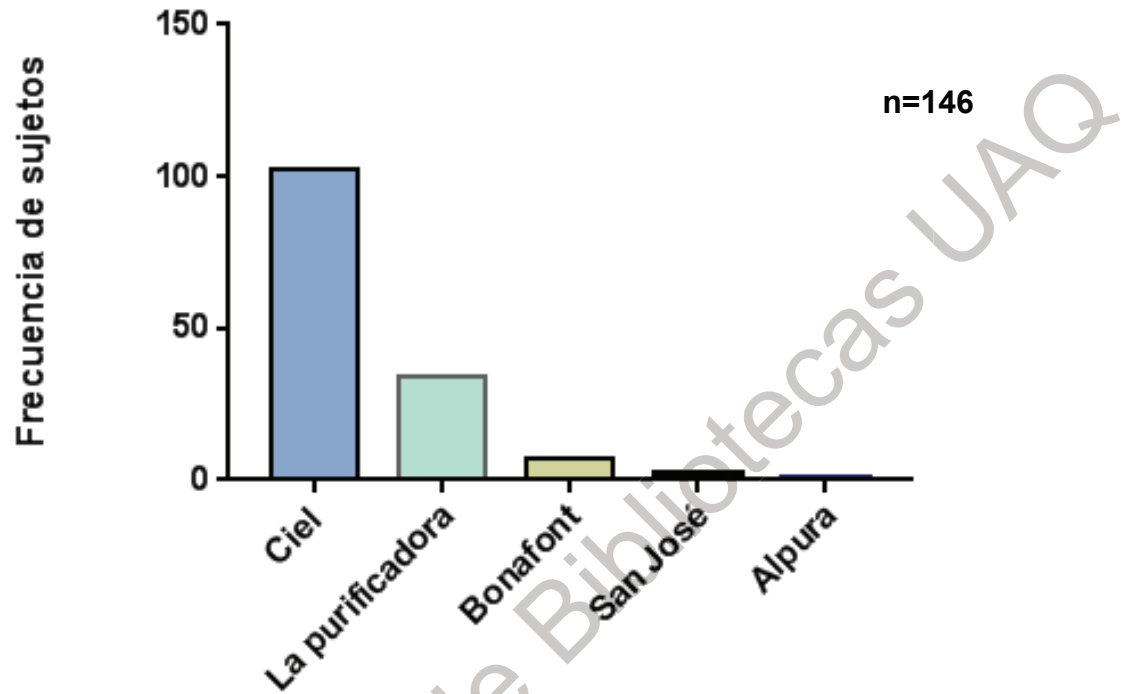
Prácticamente el 100% de la comunidad accede al agua de la llave, la cual proviene de un única fuente ya que sólo existe un pozo de distribución. Con esto nos aseguramos de que la gran mayoría de individuos se encuentren expuestos a la misma concentración de F en su fuente hidrológica. El 91% de los habitantes utiliza el agua de la llave para servicios generales.

También observamos que más de la mitad (69%) utilizan el agua de la llave para cocinar con lo cual se ingiere una cantidad importante de F en el agua que se utiliza para éste servicio.

Respecto a las principales fuentes de agua para beber el 66%, más de la mitad, ingiere agua embotella o de garrafón, pero también un buen porcentaje 35% utiliza el agua de la llave para beber. También se decidió realizar una búsqueda de las marcas más utilizadas y se supo que la más consumida pertenece a la marca "Ciel" y en segundo lugar a la purificadora, que no es más que una caseta de relleno de garrafones que se encuentra también dentro de la comunidad.

La figura VII.8 muestra las principales marcas de agua embotellada o de garrafón que utilizan los habitantes de la comunidad, 101% de los individuos consume la marca "Ciel" y en segundo lugar 39% de los sujetos consume el agua de la purificadora, un abastecimiento de agua filtrada para relleno de garrafas que se encuentra dentro de la comunidad, en menor cantidad 3% consume el agua "Bonafont", 2% "San José" y 1% la marca de "Alpura".

Figura VII. 8. Marcas de agua de garrafón más utilizadas entre los habitantes de San José de la Peñuela



Fuente: Cédula de recolección de datos del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”, 2018.

En el último bloque del cuestionario se explora la salud de los escolares desde la etapa prenatal, el nacimiento hasta la edad que tienen actualmente. Y observamos que ninguno de los 146 participantes tiene alguna enfermedad crónica, padece alguna alergia o presenta alguna enfermedad incapacitante. Estos datos son muy claros debido a que desde el momento de la plática informativa en la que se invitó a los padres de familia a que participaran, se les mencionó con claridad los criterios de inclusión y exclusión. Para objeto de ésta investigación era muy importante que los escolares no presentaran alguna enfermedad debido a que podía repercutir directamente en el desempeño de las pruebas cognitivas.

El cuadro VII. 7 muestra los datos de salud de los sujetos desde el momento de la concepción hasta la actualidad, ninguno de los sujetos presenta

alguna enfermedad crónica, alergias o enfermedad incapacitante ni se encuentra ingiriendo ningún tipo de medicamento, con lo que se estima que el 100% de los escolares de la muestra se encuentran aparentemente sanos. Sólo el 14% tuvo dificultades al nacer, 5% no nacieron con un peso adecuado y 13% fueron pretérmino o postérmino, cabe mencionar que estos sujetos fueron descartados para efectos de este estudio.

Cuadro VII. 7.

Distribución de los escolares respecto a su salud desde el momento de la concepción hasta la actualidad.

n= 146

Preguntas	Respuestas	
	Sí	No
¿Su hijo/a padece alguna enfermedad crónica, alergias o alguna enfermedad incapacitante?	0% (n=0)	100% (n=146)
¿Su hijo/a toma algún medicamento?	0% (n=0)	100% (n=146)
¿Tuvo dificultades durante el embarazo de su hijo/a?	14% (n=20)	86% (n=126)
¿Su hijo nació en el tiempo natural de 9 meses?	87% (n=127)	13% (n=19)
¿El peso al nacer de su hijo fue de entre 2.5 a 4.0kg?	95% (n=139)	5% (n=7)

Fuente: Cédula de recolección de datos del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”, 2018.

Por otro lado sólo 14 % de las madres tuvieron dificultades durante el embarazo de su hijo/a, dentro del cuestionario se colocó un espacio para que de existir alguna dificultad la mencionaran y en el análisis de las 20 participantes que respondieron positivamente se encontró que 9 de ellas tuvieron amenaza de

aborto, 8 preclamsia y las cuatro restantes tuvieron, circular de cordón, infección de vías urinaria y recién nacido post término respectivamente.

De los 146 sujetos que habían aceptado participar, 27 fueron descartados debido a que tuvieron dificultades durante el parto y bajo peso al nacer, aunado a ello 22 sujetos no desearon continuar con la entrega de las muestras de orina por lo que se respetó esta decisión, y para finalizar, de las matrices entregadas 12 fueron descartadas por aspecto macroscópico inadecuado y 6 por volumen insuficiente para la lectura a través del método potenciométrico de ion selectivo, la muestra quedó constituida por 79 escolares.

VII. 7. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO COGNITIVO A TRAVÉS DEL TEST CLINIMÉTRICO NEUROPSÍ Y SU ASOCIACIÓN CON LA PRESENCIA DE FLUOROSIS DENTAL.

La prueba Neuropsi, fue la herramienta principal para la evaluación de la atención y la memoria, una de las ventajas de la prueba es que nos permite evaluar estas dos funciones por separado y también con una puntuación total de la prueba, pero además podemos obtener datos de cada una de las 29 subpruebas (12 para atención + funciones ejecutivas y 17 para memoria), a continuación, se presentan los resultados generales y los de las subpruebas con los resultados más significativos.

En la figura VII. 8 se muestran los puntajes totales de la prueba Neuropsi dividido por grupos de acuerdo al grado de FD. En cada uno de los totales la línea roja representa el puntaje promedio de la prueba (85 puntos).

El gráfico A fig. VII.8 muestra el puntaje total del área de atención y funciones ejecutivas dividido por grupos de acuerdo al grado de FD, el 51% de los obtuvieron una puntuación por debajo del promedio, lo que indica que al menos la mitad de los escolares con FD (n= 41) tienen alteraciones leves en las funciones de atención, por otro lado G4 fue el único grupo en el cual la media logró

sobrepasar el punto de corte; los datos se muestran como la media y la desviación estándar; (G = grado de fluorosis dental) G0 87.08 ± 24.24 , G1 75.85 ± 16.84 , G2 78.5 ± 17.53 , G3 77.16 ± 20.28 , G4 91.56 ± 17.83 , G5 82.44 ± 24.94 , se realizó un análisis de correlación no paramétrico de Rho Spearman y no se encontraron asociaciones significativas.

Respecto a la parte de la evaluación de las funciones generales de la memoria (Fig. VII. 8 gráfico B), 54% (n= 43) del total de los escolares evaluados presentaron un desempeño por debajo del promedio aunado a ello la media de todos los grupos se encuentra por debajo del punto de corte, con excepción del grupo G5 con una media exactamente sobre éste, lo que significa que más de la mitad de los sujetos presenta alteraciones de leves a severas en la funciones relacionadas con la memoria Los datos a seguir se muestran como la media y la desviación estándar; G0 81.83 ± 14.68 G1 73.85 ± 16.13 G2 77.5 ± 14.75 G3 75.05 ± 21.63 G4 81.13 ± 23.48 G5 85.67 ± 27.79 , se realizó un análisis de correlación no paramétrico de Rho Spearman y no se encontraron asociaciones significativas.

Por último en el total de la prueba completa (Fig. VII.8 gráfico C) el 59% de los 79 sujetos obtuvieron una puntuación por debajo del promedio, lo que indica que más de la mitad de los escolares con FD (n= 47) tienen alteraciones leves en las funciones de atención y memoria, aunado a ello la media de todos los grupos se encuentra por debajo del punto de corte; los datos se muestran como la media y la desviación estándar; (G = grado de fluorosis dental) G0 80.58 ± 18.46 , G1 71.31 ± 15.28 , G2 74.3 ± 15.45 , G3 72.32 ± 19.54 , G4 82.06 ± 22.87 , G5 81.89 ± 30.06 , podemos apreciar que a partir de G1 en adelante los promedios comienzan a elevar su desempeño, sin embargo esto no incluye al grupo G1, por ello se realizó un análisis de correlación no paramétrico de Rho Spearman pero no se encontraron asociaciones significativas.

Figura VII.8. Distribución de los desempeños totales de la prueba Neuropsi dividido por grado de fluorosis dental

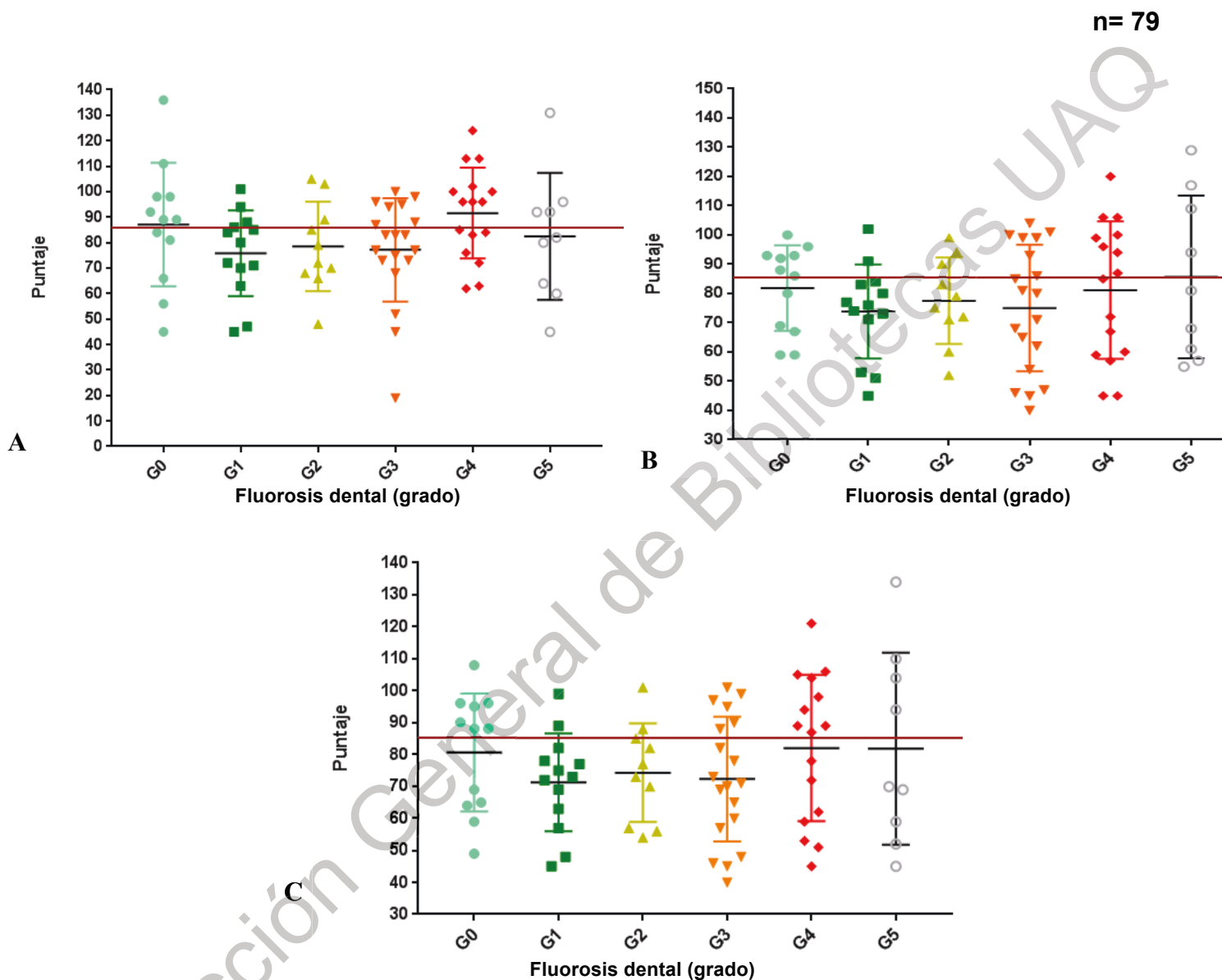


Fig.VII.8 Resultados generales de la prueba Neuropsi, (A) atención + funciones ejecutivas, (B) Memoria y (C) total de la prueba. Los resultados se muestran como la media \pm la desviación estándar. La línea roja representa el puntaje promedio de la prueba (85 puntos).

Fuente: hoja de resumen del desempeño individual de la prueba Neuropsi del proyecto “ Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”, 2018.

Ahora se presentan los resultados de las subpruebas del Neuropsi con los datos más significativos. La figura VII. 9 grafica la subprueba de detección de dígitos que pertenece a la parte que evalúa las funciones de atención, en la cual, los escolares obtuvieron una puntuación promedio de 7.3, la prueba tiene un valor máximo 10 puntos, ninguna de las medias de los grupos logró alcanzar el puntaje máximo, sin embargo el desempeño más alto correspondió a los del grupo G5; los datos se muestran como la media y la desviación estándar; G0 7.33 ± 2.01 G1 5.84 ± 1.86 G2 7.3 ± 1.49 G3 7.68 ± 2.26 G4 7.62 ± 2.41 G5 8.33 ± 0.86. debido a que se logra apreciar una ascendencia en las medias a partir de G0 hasta G5, se realizó una prueba de correlación no paramétrica de Rho de Spearman y se encontró una asociación positiva significativa de .267* $p = \leq 0.05^*$, que indicó que a mayor grado de FD el desempeño cognitivo era superior $y = 6.58 + 0.3 * x$, R^2 lineal = 0.057.

Figura VII.9. Distribución y asociación del desempeño en la subprueba de detección de dígitos (área de atención) de la prueba Neuropsi* en relación con la fluorosis dental

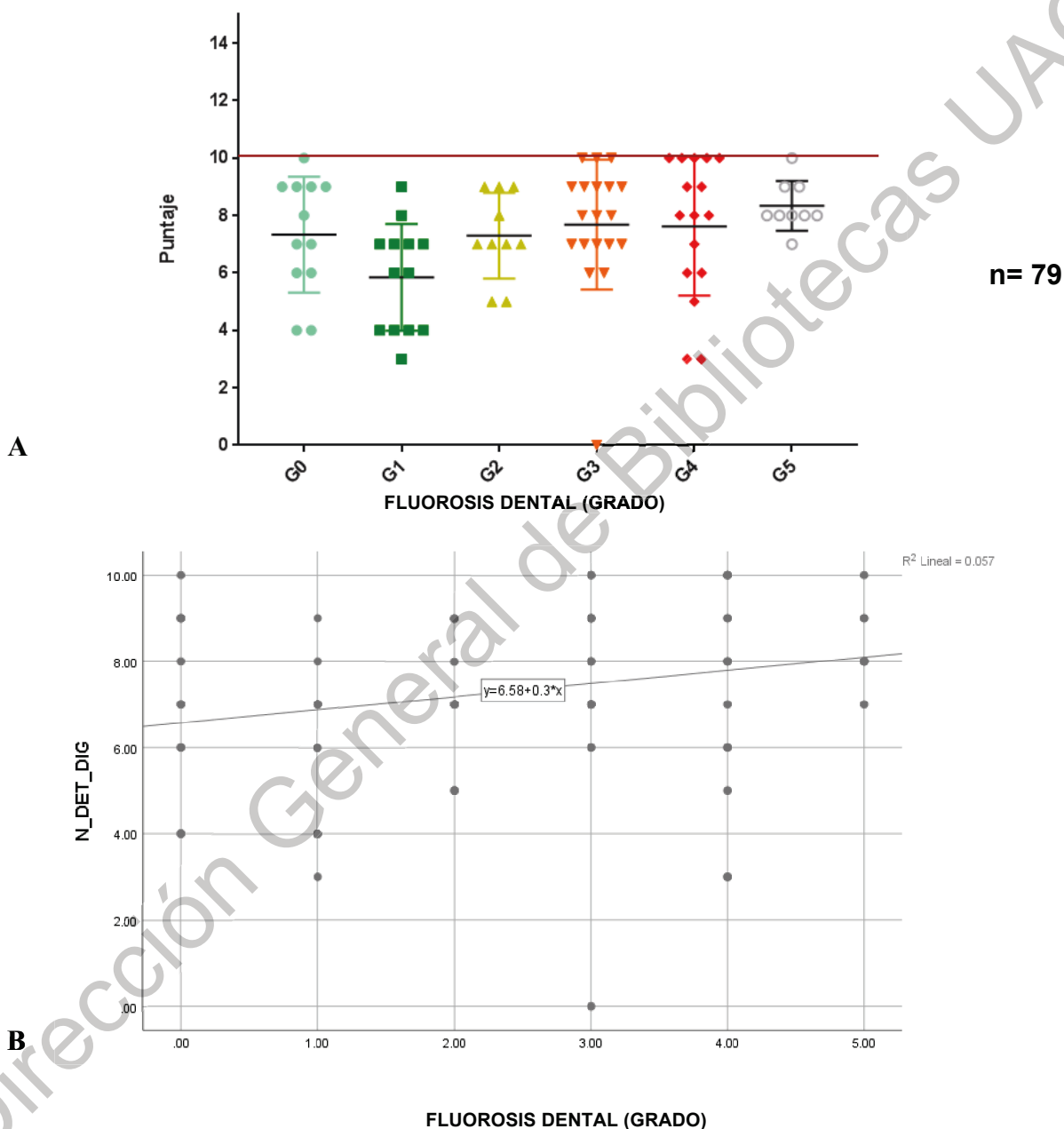


Fig. VII.9 Subprueba de detección de dígitos (A) gráfica de distribución, los resultados se muestran como la media \pm la desviación estándar (B) gráfica de asociación, $y = 6.58 + 0.3 \cdot x$; R^2 lineal = 0.057, coeficiente de correlación de $.267^*$ $p \leq 0.05^*$.

a. La línea roja representa el puntaje máximo de la subprueba.

Fuente: hoja de resumen del desempeño individual de la prueba Shipley-2 del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón. Qro.”. 2018.

VII. 8. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO COGNITIVO A TRAVÉS DEL TEST CLINIMÉTRICO SHIPLEY-2 Y SU ASOCIACIÓN CON LA PRESENCIA DE FLUOROSIS DENTAL.

A continuación se presentan los resultados de las áreas de evaluación de la prueba Shipley-2; primeramente se muestran los 2 totales generales (Combinación A y B) y posteriormente se muestran sus subpruebas; abstracción 1, abstracción 2 y vocabulario.

En la figura VII.10 gráfico A, se muestra el desempeño de la combinación A, que evalúa habilidades cristalizadas mas habilidades fluidas en modo verbal en la cual solamente el 27% (n=21) de los escolares con presencia de FD obtuvieron una puntuación por debajo del promedio y la media de los promedios de todos los grupos sobrepasó el punto de corte, los datos se muestran como la media y la desviación estándar G0 102.3 ± 16.63 , G1 98.85 ± 24.6 , G2 97.9 ± 13.56 , G3 97.32 ± 17.36 , G4 101 ± 19.92 , G5 115.7 ± 15.57 , sin embargo nuevamente se observó un ascenso en la distribución de los puntajes, pero en el análisis estadístico no se encontró ninguna asociación significativa. Y por otro lado, el gráfico B, muestra el desempeño de los escolares en la combinación B de la prueba clinimétrica Shipley-2 que evalúa habilidades cristalizadas y fluidas, pero en modo no verbal, en dicha evaluación únicamente el 28 % (n=22) obtuvieron un puntaje por debajo del promedio de manera que las medias de todos los grupos sobrepasaron el punto de corte, los datos a seguir se muestran como la media y la desviación estándar; G0 102.1 ± 16.73 , G1 98.15 ± 18.91 , G2 95.5 ± 19.2 , G3 97.53 ± 13.64 , G4 102.3 ± 22.89 , G5 111.9 ± 19.8 , la línea roja representa el puntaje promedio de la prueba (90 puntos), no se encontró ninguna asociación significativa.

Figura VII. 10. Distribución del desempeño de la combinación A y B (vocabulario + abstracción) del test clinimétrico Shipley-2* dividido por grado de fluorosis dental

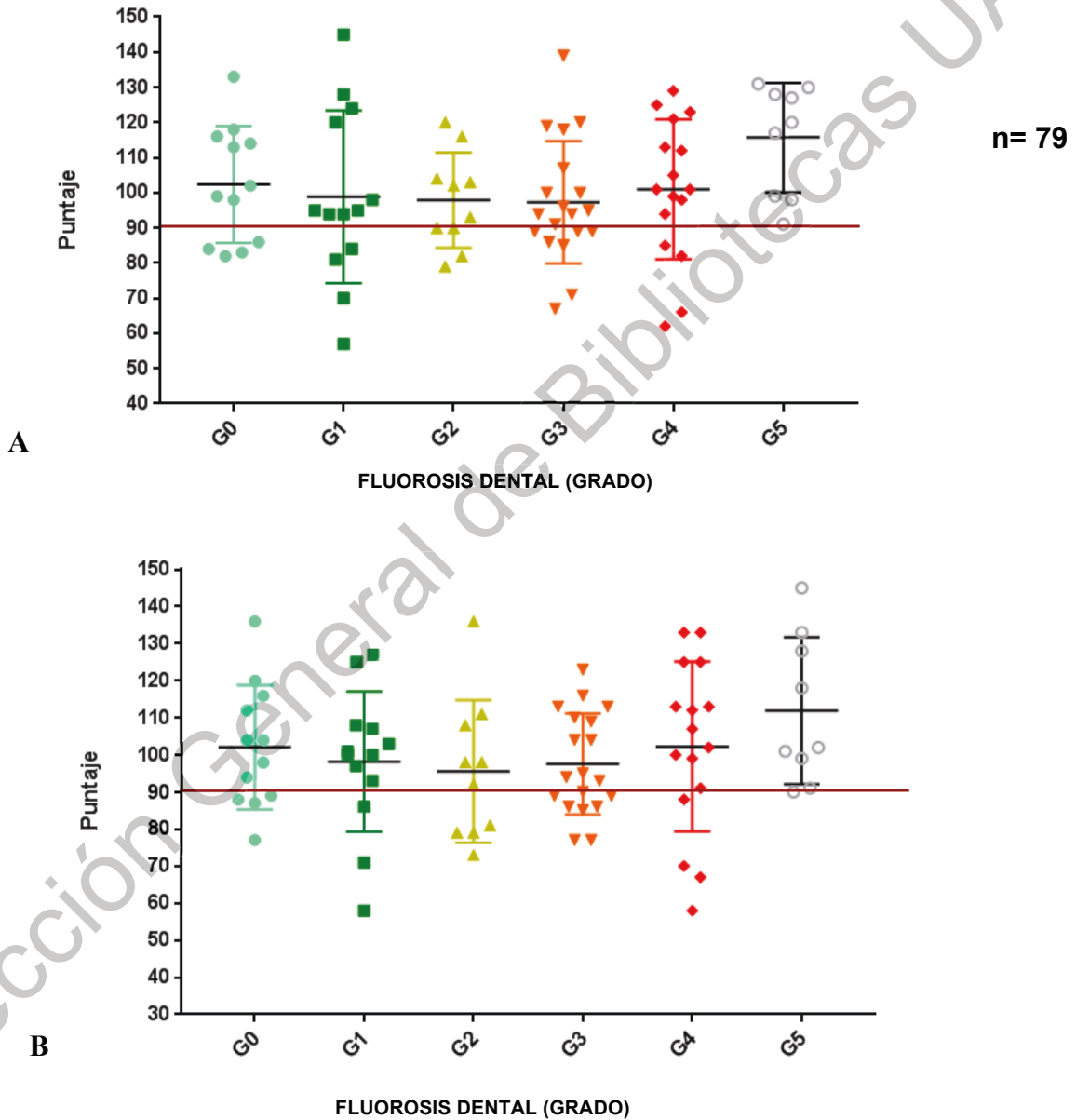


Fig. VII. 10. Totales de la prueba Shipley-2. (A) combinación a, (B) combinación b.

a. la línea roja representa el puntaje promedio de la prueba que es de 90 puntos

Fuente: hoja de resumen del desempeño individual de la prueba Shipley-2 del proyecto “ Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José

Como ya se ha mencionado anteriormente, el test clinimétrico de Shipley-2 tiene la cualidad de evaluar las habilidades fluidas a través de dos subpruebas de abstracción, la primera (Abstracción 1) requiere de habilidades de lectura y escritura, y la segunda (Abstracción 2) no requiere de esto, de esta forma se logra obtener dos evaluaciones de una misma habilidad pero desde diferente perspectiva.

Respecto a esto, la figura VII. 11 gráfico A, muestra los resultados del desempeño en la subprueba de Abstracción 1, en la cual 47 % (n=37) de los escolares obtuvieron un puntaje por debajo del punto de corte (90 puntos), únicamente el grupo G4 mantuvo su media por encima, G1 y G2 permanecieron por debajo y G0, G4 y G5 se posicionaron exactamente sobre el promedio, los datos se muestran como la media y la desviación estándar G0 90.75 ± 12.53 , G1 87.77 ± 12.81 , G2 87.8 ± 6.74 , G3 91.89 ± 10.09 , G4 89.69 ± 10.52 , G5 89.89 ± 8.78 . La gráfica B, por otro lado muestra el desempeño de los escolares en la subprueba de Abstracción 2, en ella, el 63 % (n=49) obtuvieron menos de 90 puntos, esto indica que más de la mitad de los sujetos con fluorosis dental tienen un desempeño por debajo del punto de corte de la prueba, aunado a ello en los primeros estadios de la patología el desempeño comienza a descender y conforme avanza el grado de FD el desempeño mejora en puntuación, los datos se muestran como la media y la desviación estándar G0 92.83 ± 11.95 , G1 87.46 ± 7.88 , 84.7 ± 9.05 , G3 85.47 ± 9.25 , G4 90.69 ± 11.91 , G5 88.89 ± 9.57 .

Figura VII. 11. Distribución del desempeño de la subpruebas de abstracción 1 y 2 del test clinimétrico Shipley-2* dividido por grado de fluorosis dental

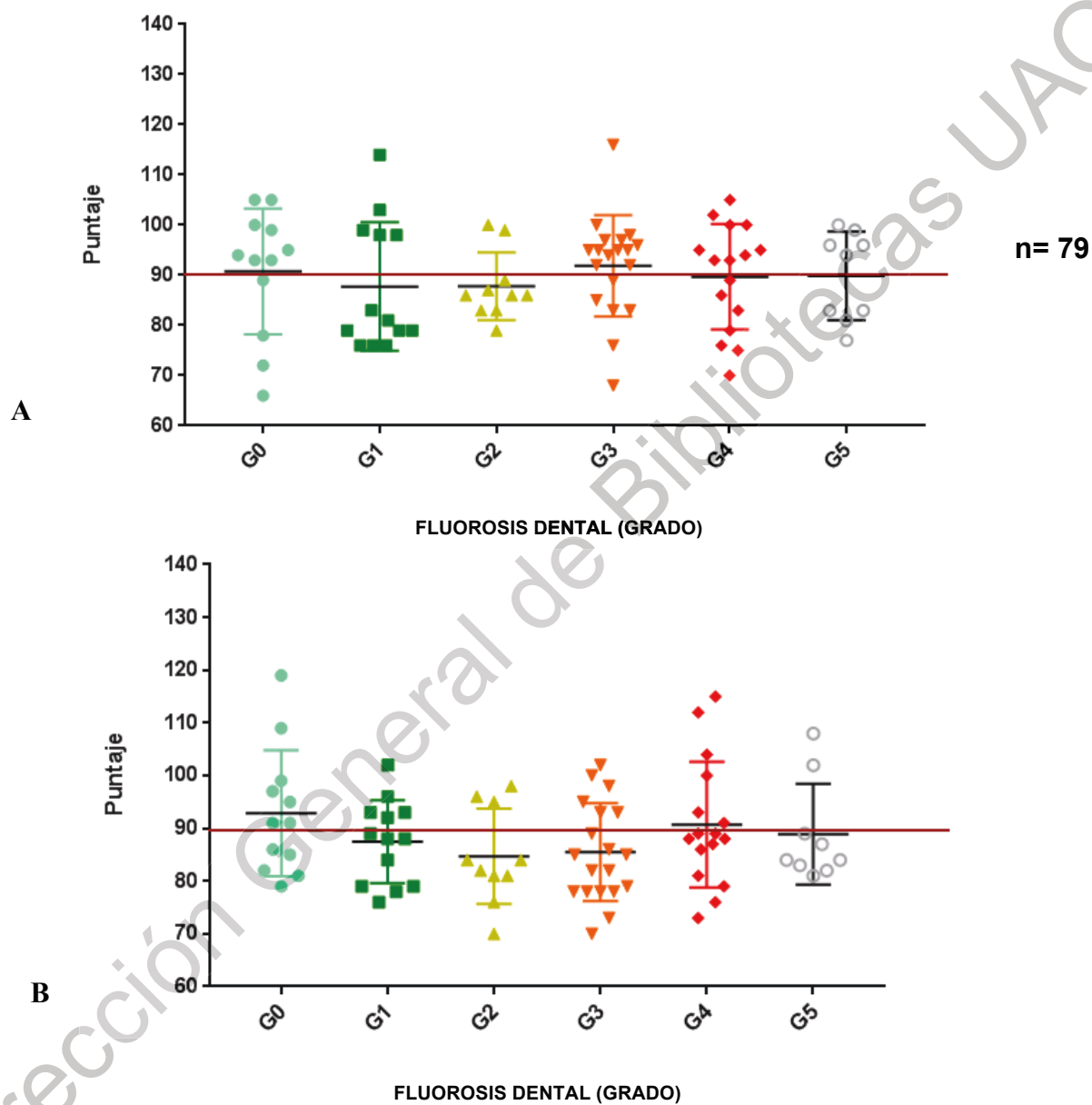


Fig. VII. 11 Subpruebas de abstracción. (A) abstracción 1, (B) abstracción 2.

a. La línea roja representa el punto de corte

Fuente: hoja de resumen del desempeño individual de la prueba Shipley-2 del proyecto “ Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José

Con respecto al resultado de la subprueba de vocabulario de Shipley-2, en la figura VII. 12, se muestra el desempeño que corresponde a ésta, en la cual el 25 % (n=28) de los sujetos obtuvo un puntaje por debajo del promedio, en esta ocasión únicamente el grupo G2 mantuvo su media por debajo del punto de corte y los grupos con la FD más severa (G3,G4 y G5) sobrepasaron los 90 puntos de manera ascendente, los datos se muestran como la media y la desviación estándar G0 91.5 ± 9.43 , G1 91.92 ± 14.07 , G2 85.9 ± 3.95 , G3 93.16 ± 12.92 , G4 95.13 ± 12.14 , G5 106.7 ± 14.2 ; aunado a ello se encontró la existencia de una asociación significativa de $.298^{**}$ donde $p = \leq 0.01^{**}$, sugiriendo que a mayor grado de fluorosis dental el desempeño es más óptimo, se utilizó la prueba no paramétrica de Rho Spearman $y = 88.03 + 2.26$, $R^2 \text{ lineal} = 0.083$.

Figura VII. 12. Distribución y asociación del desempeño de la subprueba de vocabulario (habilidades cristalizadas) del test clinimétrico Shipley-2* dividido por grado de fluorosis dental

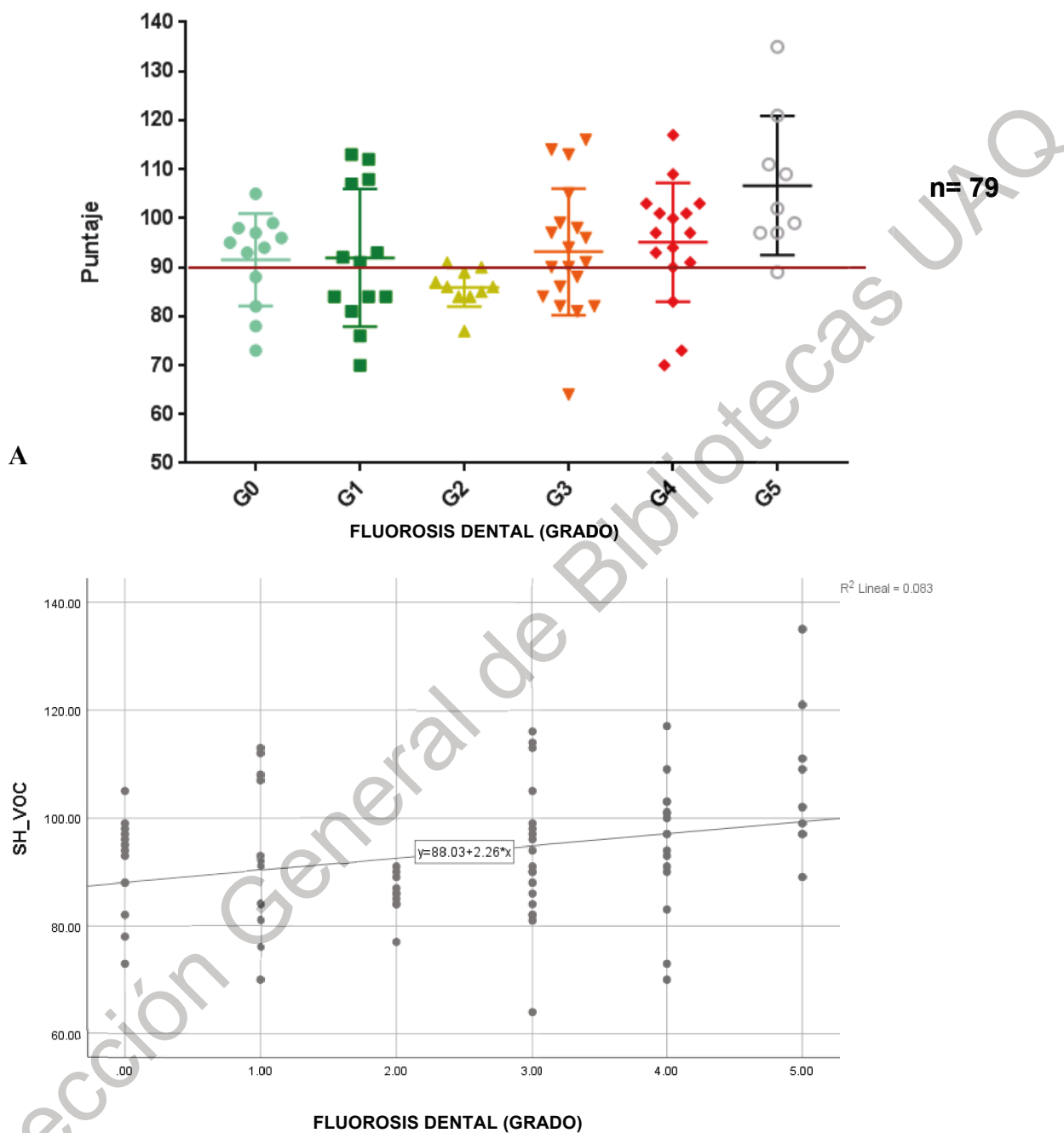


Fig. VII.12. Subprueba de Vocabulario, Shipley-2. (A) distribución dividio por grado de FD, (B) dispersión de la asociación positiva Spearman Rho.

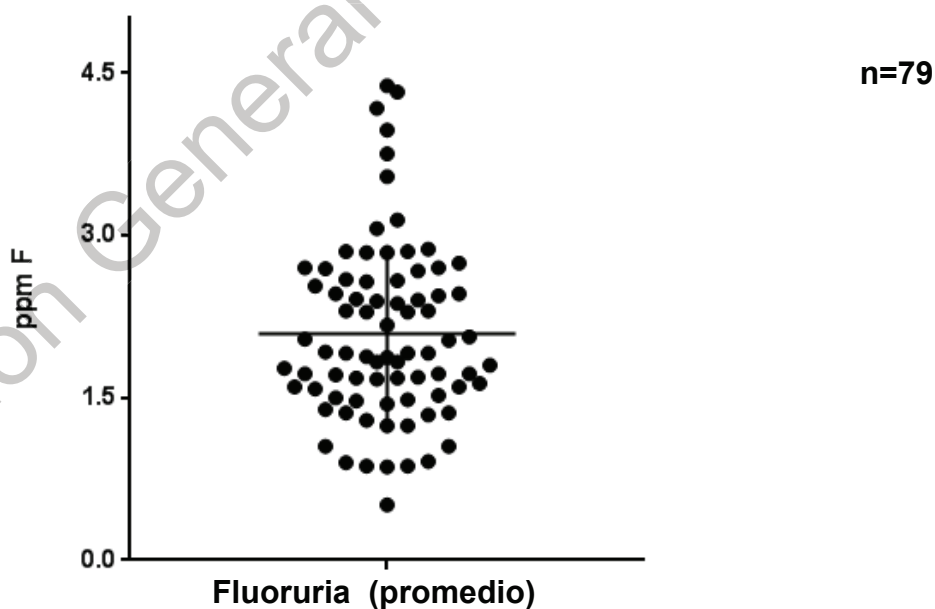
Fuente: hoja de resumen del desempeño individual de la prueba Shipley-2 del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”, 2018.

VII. 9. CUANTIFICACIÓN DE FLÚOR EN MUESTRAS DE ORINA (FLUORURIA)

Los resultados de la cuantificación de flúor en la orina de los escolares, mostraron que en promedio los escolares tienen una cantidad de 2.089 ± 0.819 ppm F una cifra por encima de lo permitido (1.5 ppm F) figura VII.13, aunado a ello se sacaron los promedios de esta cuantificación divididos por grado de FD y que podemos apreciar en la figura VII.14, se realizó una ANOVA de una vía para saber si existía alguna diferencia entre los grupos, se realizó el test de Brown-Forsthe con un resultado de $P= 0.419$, así como un test de Bartlett's y se obtuvo un valor de $P = 0.108$, debido a lo cual no se encontró ninguna diferencia significativa en la distinción entre grupos, $p= \leq 0.05^*$ y $p= \leq 0.01^{**}$.

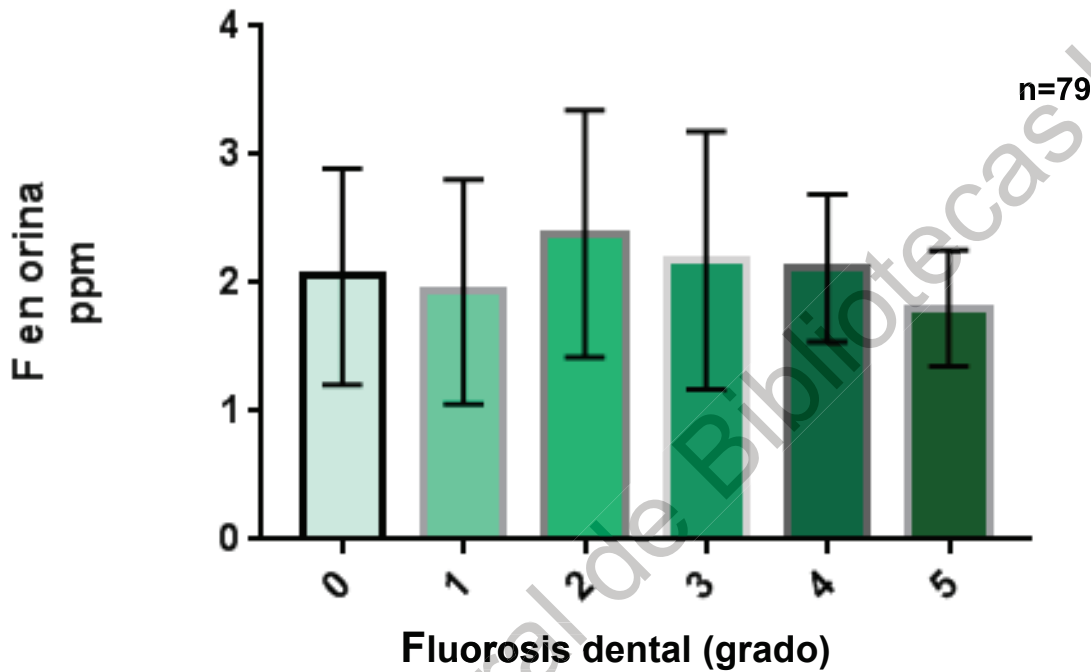
Así mismo se realizó una prueba no paramétrica de Spearman y no se encontró ninguna asociación significativa entre la presencia de FD y la fluoruria.

Figura VII. 13. Distribución del promedio general de las fluorurias de los escolares



Fuente: bitácora de la cuantificación a través de el método potenciométrico de ion selectivo (ISE) de acuerdo a la NMX-AA077-SCFI-2001

Figura VII. 14. Distribución de la fluoruria para la comparación entre grupos de acuerdo al grado de fluorosis dental



Fuente: bitácora de la cuantificación a través de el método potenciométrico de ion selectivo (ISE) de acuerdo a la NMX-AA077-SCFI-2001

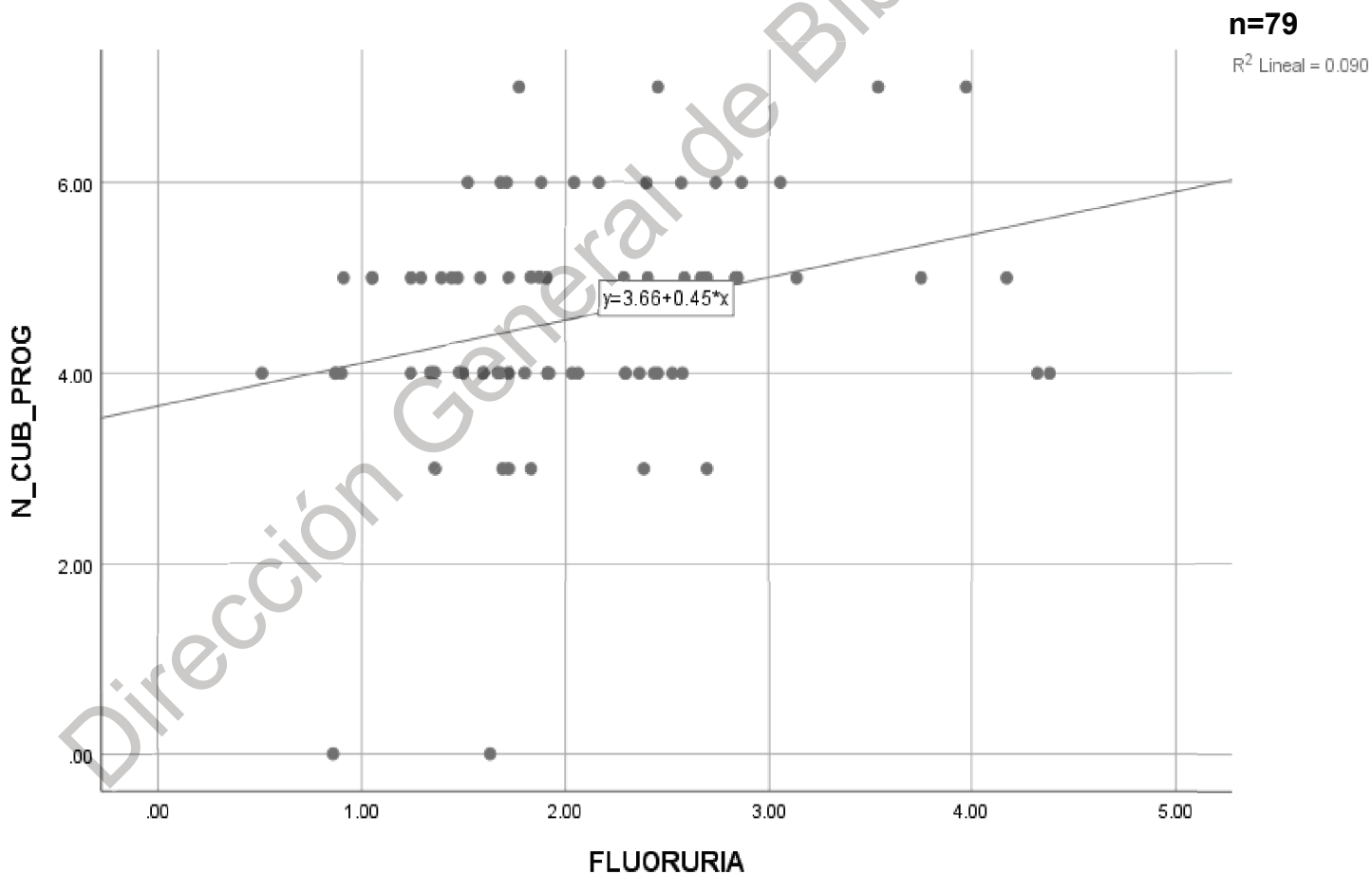
VII. 10. CUANTIFICACIÓN DE FLÚOR EN MUESTRAS DE ORINA (FLUORURIA) Y SU ASOCIACIÓN CON LAS PRUEBAS CLINIMÉTRICAS NEUROPSI * Y SHIPLEY-2*

La cuantificación de las muestras de orina arrojó algunas asociaciones significativas con respecto al desempeño en las pruebas clinimétricas, para llevar esto a cabo se realizó una prueba de correlación no paramétrica de Rho Spearman, las pruebas estadísticas no arrojaron ninguna asociación significativa entre la fluoruria y el desempeño de la prueba Shipley-2, pero no así para la

prueba Neuropsi, en la cual se hallaron 4 correlaciones significativas de las subpruebas de este test clinimétrico.

De tal forma que en la figura VII.15 se muestra la primera correlación, que corresponde la subprueba de cubos en progresión (N_CUB_PROG) que es parte del área de la prueba que evalúa las funciones de atención y funciones ejecutivas, tiene un puntaje máximo de 9 puntos, y en promedio los escolares obtuvieron una calificación de 4.59; con respecto a la fluoruria, se obtuvo una asociación significativa positiva de .301** $p = \leq 0.01^{**}$, $y = 3.66 + 0.45 \cdot x$, $R^2 \text{ lineal} = 0.090$.

Figura VII. 15. Correlación del desempeño de la subprueba cubos en progresión del test clinimétrico Nuropsi*, en relación con la cuantificación de flúor en la orina de los escolares (fluoruria)

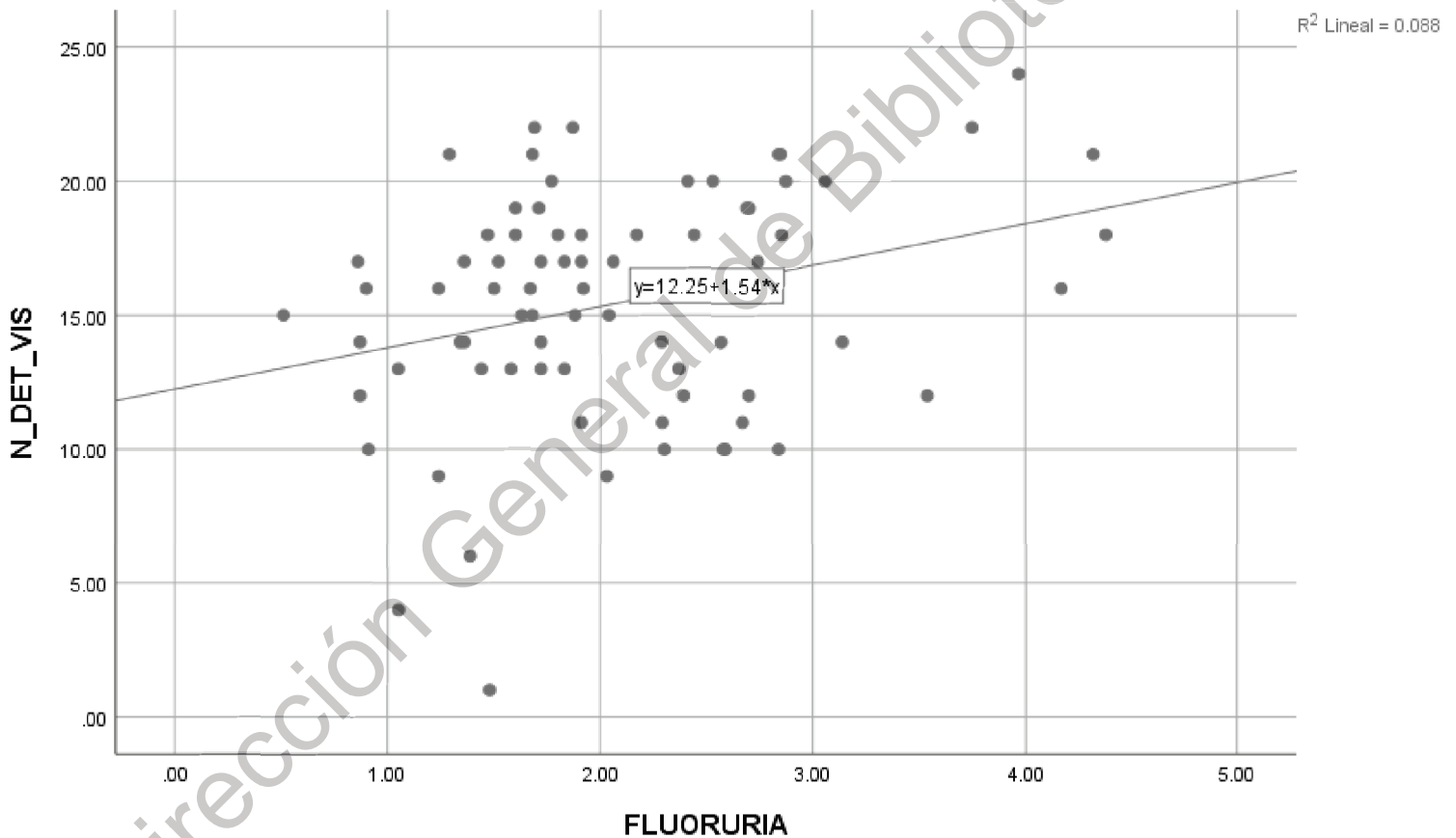


Fuente: bitácora de la cuantificación a través de el método potenciométrico de ion selectivo (ISE) de acuerdo a la NMX-AA077-SCFI-2001 y *hoja de resumen del desempeño individual de la prueba Shipley-2 del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”, 2018.*

La figura VII. 16 muestra la correlación entre la subprueba de detección visual (N_DET_VIS) del test clinimétrico neuropsi, en relación con la fluoruria, la asociación fue significativa positiva con un valor de $.253^* p= \leq 0.05^*$, $y = 12.25 + 1.54*x$, R^2 lineal= 0.088. Esta prueba también corresponde al área que evalúa las funciones de atención y funciones ejecutivas, en la cual el puntaje máximo es de 24 puntos y los escolares obtuvieron en promedio 15.46 puntos.

Figura VII. 16. Correlación del desempeño de la subprueba de detección visual del test clinimétrico Nuropsi*, en relación con la cuantificación de flúor en la orina de los escolares (fluoruria)

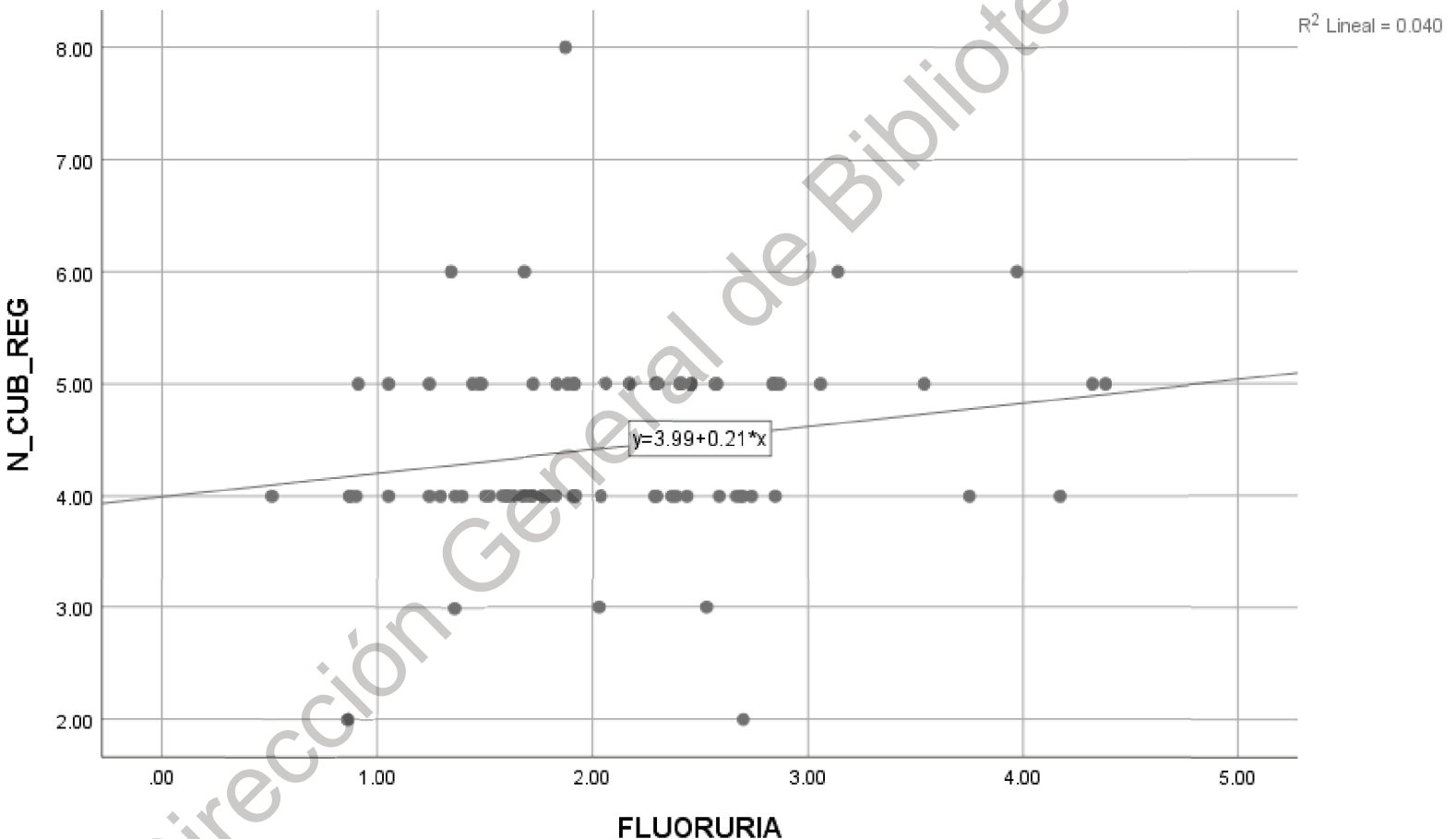
n=79



Fuente: bitácora de la cuantificación a través de el método potenciométrico de ion selectivo (ISE) de acuerdo a la NMX-AA077-SCFI-2001 y hoja de resumen del desempeño individual de la prueba Shipley-2 del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”, 2018.

La subprueba de cubos en regresión (N_CUB_REG) que es parte del área que evalúa las funciones de memoria, tiene un puntaje máximo de 8 puntos, y en promedio los escolares obtuvieron una calificación de 4.43; con respecto a la fluoruria, se obtuvo una asociación significativa positiva de $.234^* p= \leq 0.05^*$, $y = 3.99 + 0.21*x$, R^2 lineal= 0.040 (figura VII.17).

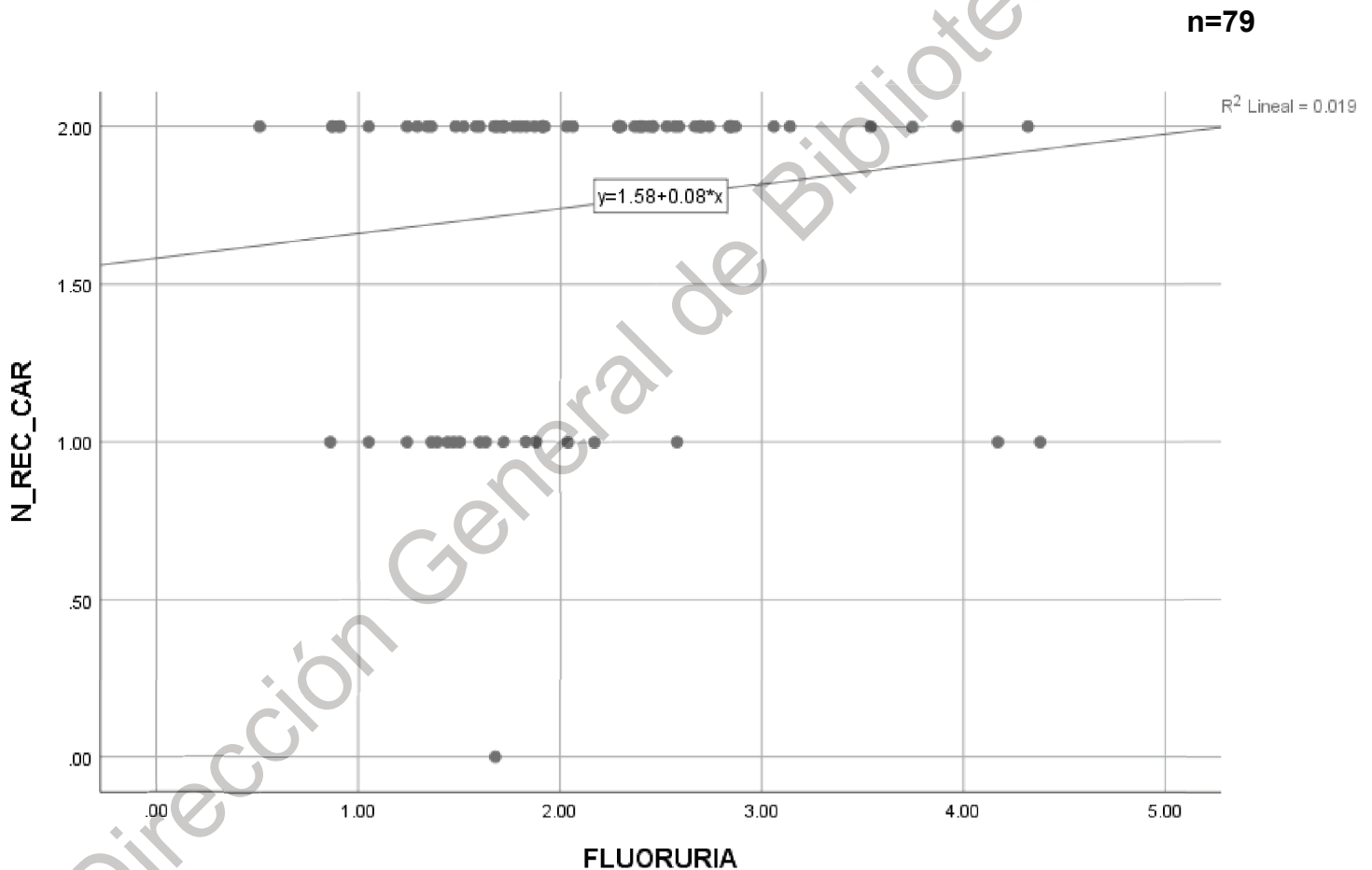
Figura VII. 17. Correlación del desempeño de la subprueba de cubos en regresión del test clinimétrico Nuropsi*, en relación con la cuantificación de flúor en la orina de los escolares (fluoruria) n=79



Fuente: bitácora de la cuantificación a través de el método potenciométrico de ion selectivo (ISE) de acuerdo a la NMX-AA077-SCFI-2001 y hoja de resumen del desempeño individual de la prueba Shipley-2 del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”, 2018.

La figura VII.18 muestra la correlación entre la subprueba de reconocimiento de caras (N_REC_CAR) del test clinimétrico neuropsi, en relación con la fluoruria, la asociación fue significativa positiva con un valor de $.231^* p = \leq 0.05^*$, $y = 1.58 + 0.08 * x$, R^2 lineal = 0.019. Esta prueba también corresponde al área que evalúa las funciones de memoria, en la cual el puntaje máximo es de 2 puntos y los escolares obtuvieron en promedio 1.7 puntos.

Figura VII. 18. Correlación del desempeño de la subprueba de reconocimiento de caras del test clinimétrico Nuropsi*, en relación con la cuantificación de flúor en la orina de los escolares (fluoruria)



Fuente: bitácora de la cuantificación a través de el método potenciométrico de ion selectivo (ISE) de acuerdo a la NMX-AA077-SCFI-2001 y hoja de resumen del desempeño individual de la prueba Shipley-2 del proyecto “Efecto del flúor sobre la atención y la memoria en escolares con fluorosis dental de la comunidad de San José de la Peñuela del municipio de Colón, Qro.”, 2018.

VII. DISCUSIÓN

El agua es un elemento fundamental para los diferentes procesos biológicos de un organismo, para la especie humana representa un recurso limitado y por lo tanto valioso. No solo debe estar presente y ser accesible para todas las personas sino que debe de poseer características físico-químicas deseables de manera que su consumo sea saludable de acuerdo con la OMS (2007).

En el 2015, se cita que el 71% de la población mundial tenía acceso a un consumo de agua potable y segura, es decir sin contaminantes biológicos o químicos. Acorde con los Objetivos del Milenio, el 6.1 cita que el acceso sea universal y a un precio asequible libre de cualquier contaminante. Destacan los organismos que causan diarrea en la población, sin embargo existen otros a los que no se les ha prestado la suficiente atención y no se han considerado en las políticas públicas y de salud que permitan lograr parte de los Objetivos del Milenio, como es el caso del F (WWW.OMS)

En México, se ha estimado que 6 millones de personas están expuestas al F y que de éstos, el 35% corresponde a la población infantil, uno de los grupos más vulnerables a los efectos neurotóxicos al F por sus características de desarrollo y de posibles efectos en estructuras que aún no están completamente desarrolladas desde el punto de vista funcional (Brindha & Elango, 2011).

En este estudio se determinó si existe una asociación con respecto a las funciones de atención y memoria en los escolares que nacieron y permanecieron expuestos al F en un área con niveles endémicos (0.6-5.58 ppm) en el agua de abastecimiento humano dado que han estado expuestos a niveles superiores a los 0.7ppm sugeridos como máximo permisible para la salud humana según la OMS (2007) y que presentan como evidencia clínica FD.

Estos eventos están relacionados con el desarrollo de las estructuras del cerebro que se inicia en la tercera semana de gestación y la maduración de las funciones cerebrales superiores y continúa hasta la adolescencia (Selevan, 2000). Por lo tanto, la exposición prenatal y en los primeros años de vida puede tener efectos adversos sobre el SNC que pueden manifestarse años después, particularmente en la etapa escolar, que se reflejan como problemas en la atención, la memoria, el aprendizaje, el bajo coeficiente intelectual e incluso el bajo rendimiento escolar, independientemente de otros factores relacionados con estas funciones cognitivas (Choi *et al.*, 2015). Se sabe que una ingesta excesiva o crónica de este elemento se puede hacer manifiesta clínicamente por la FD y en situaciones de cronicidad, en el sistema óseo y nervioso central (Li *et al.*, 2015).

Diversos estudios han demostrado que parte de los efectos del F sobre el SNC es la disminución de algunas funciones cognitivas como el coeficiente intelectual y las áreas de atención y memoria (Choi *et al.*, 2015). No existe algún estudio que haya realizado pruebas que se enfoquen únicamente en la evaluación de estas áreas; aunado a que no se ha realizado ningún estudio en relación con el F en la población Queretana con las características de exposición crónica y alta en los últimos años, hasta ahora sólo se han identificado a las poblaciones que consumen agua con una concentración mayor a la permitida de acuerdo a los estándares internacionales, pero incluso estos datos no se han actualizado desde el 2005 (SESEQ 2007).

En términos generales, esta población obtiene el agua de consumo humano del pozo disponible, al igual que en otras comunidades en el estado, y su contenido en este elemento varía de acuerdo a las condiciones geológicas y profundidad del manto freático. Es importante conocer la situación demográfica de la región ya que de acuerdo con Brindha *et al.* (2001), si una región se encuentra situada a más de 1,900 m s n. m, posee un alto riesgo de contener F en niveles elevados en sus mantos freáticos, como es el caso de la comunidad de San José de la Peñuela, Querétaro, que se encuentra ubicada justo a 2,000 m s n. m de acuerdo a los datos del INEGI (Fig. VII.5). Además, la comunidad dispone de una

única fuente de distribución de agua potable, por lo que se infiere que prácticamente toda la comunidad se encuentra expuesta a la misma concentración del elemento, al menos la mayor parte por su consumo doméstico.

El dato de la concentración del F reportado en esta investigación corresponde al año 2005, y dado que tiene fluctuaciones de acuerdo a la época del año, es posible que esta cifra no sea representativa durante el año, por lo que se asume en la época de lluvia, la concentración puede ser mayor dado el arrastre por las rocas en los mantos freáticos (Mukherjee & Umesh., 2018). Es de notar que dada la mayor instalación de empresas de la transformación, el agua contenga otros elementos contaminantes que coadyuvan a que se eleve su concentración (Selvam, 2015). Debido al tiempo que duró la investigación se logró realizar dos tomas de muestra del pozo para su cuantificación en dos tiempos distintos (cuadro VII.1), una en Junio del 2018 (2.10-2.18 ppm F) y otra en Mayo del 2019 (2.19-2.25 ppm F) y la concentración promedio de estas fue de 2.18 ppm F, que aunque no correspondió con el registro de la SESEQ del año 2005 (0.06-5.58 ppm F) aún se mantiene por encima del rango permitido según la NOM-201-SSA1-2002, esto refuerza la importancia de mantener en constante vigilancia las fluctuaciones de F y la salud de los habitantes.

Soto *et al*, (2004) informaron que las regiones con más de 1.5 ppm F en agua, como es el caso de San Luís Potosí, México, presentan una prevalencia de 30 a 100% de FD, dato que concuerda con los resultados de esta investigación, en la que el 59% de los escolares presentó algún grado de FD. Además, el Sistema de Epidemiología para Enfermedades Orales (SIVEPAB) también informó de un aumento en la prevalencia de este padecimiento, especialmente en los grupos de edad mas jóvenes (menores de 25 años).

Al no existir ningún tipo de registro o sondeo de la cantidad de población que padece FD en la comunidad, este estudio logró aportar dicho dato y al considerar que los 337 escolares revisados representan casi el 10 por ciento (8.4%) de la población total de la comunidad, es posible afirmar que existe un severo problema de fluorosis.

Para extrapolar el verdadero riesgo que representa éste padecimiento, se calculó el ICF (figura VII.7), el cual de acuerdo con la Secretaría de Salud, no debe de rebasar las 0.6 unidades, y esta comunidad tiene un ICF de 1.132, casi el doble de lo que señala la parte oficial, por lo tanto, la comunidad de San José de la Peñuela se encuentra en riesgo sanitario relacionado con problemas en la cavidad oral y probablemente con las comentadas sobre el efecto en SNC.

El origen de este equilibrio se definió con base en los estudios de Dean en 1954 en relación con la concentración de fluoruro en los suministros de agua, la presencia de caries y la FD. Dean identificó los puntos de corte en el ICF de 0.4 y 0.6 como críticos. Estos equivalen a 1.3 y 1.6 ppm de F en el agua; sin embargo, en países como los Estados Unidos de América se adoptó 1.0 ppm F como nivel permisible para programas de fluoración del agua. En este sentido, México emitió oficialmente la NOM-201-SSA1-2002, en la que se acepta un límite permisible de 1.5 ppm F en el agua para consumo humano.

A pesar de haberse aprobado y acordado por las diferentes instancias los límites de concentración, aún existe el problema de la FD por lo que suponemos que la concentración rebasa en mucho lo establecido y los efectos no se han dimensionado realmente. Esto resulta relevante debido a que la FD es una enfermedad que no sólo afecta las estructuras dentarias, y no puede ser enmarcada solamente por los estomatólogos debido a las afecciones dentarias que puede producir, pues en muchas ocasiones es el primer signo de que la persona ha estado expuesta en forma crónica a niveles elevados de F en el agua de consumo cotidiano (Beltrán *et al.*, 2005).

Debe de particularizarse la cantidad de agua que contenga más de los niveles permitidos en cada población, así como en cada sujeto, ya que existen variables que no se han considerado para los efectos secundarios, no sólo en la cavidad oral sino en el SNC de acuerdo con los reportes internacionales (Grandjean & Landrigan., 2014).

Con respecto a la gravedad de la FD, si separamos únicamente a los sujetos que presentan dicho padecimiento (n=146), es de notar que el porcentaje en las formas más graves (moderadas y las severas) alcanzaron el 50%, lo cual es alto (cuadro VII.2). Estas cifras son mayores en los estados con concentraciones de F en el agua mucho más elevados como son Chihuahua (3.00-5.99 ppm F) y San Luís Potosí (4.54 ppm F), en los cuales se tienen registros de que las formas moderadas más las severas comprenden el 71.2 y 100%, respectivamente (Aguilar et al 2016). Se debe de considerar que en estos estados los niveles de F en el agua son más altos que en el nuestro y que esta diferencia puede no sólo radicar en la concentración de F, sino en otros factores individuales y de exposición.

En contraparte con estas observaciones, en países como Etiopía (4.1-8.5 ppm F) la prevalencia de FD moderada más la severa representó el 74% (Rango Et al 2014).

No hay duda de que la población mexicana de esta zona tiene un serio problema de salud pública debido a la presencia de la FD, por el hecho de tener factores que la promueven como es la altura al nivel del mar, factores genéticos, tipo de agua para beber o cocinar y el consumo de bebidas embotelladas e incluso el bajo consumo de calcio en su dieta. Si bien es cierto que es multifactorial, quizá el factor desencadenante sea la concentración de F y la calidad del agua local.

De los efectos que tiene el F es en el SNC en áreas que involucran la memoria, aspectos cognitivos de acuerdo lo reportado en la literatura. En esta investigación, se evaluó el efecto del F sobre estas áreas mediante las puntuaciones en diferentes pruebas neuropsicológicas.

La prueba Neuropsi reveló datos relevantes, en principio, en el resultado total de la prueba al menos la mitad de los escolares (51%) presentaron un desempeño por debajo del promedio (figura VII.8), 54 % permanecieron debajo del punto de corte en la parte de atención + funciones ejecutivas y 59 % en el área de memoria, siendo ésta última la que presentó el puntaje más bajo. Por otro lado se

observa una tendencia en el gráfico de distribución, que indica que a mayor grado de FD, mejor es el desempeño cognitivo, es por ello que se decidió realizar una prueba de correlación de Spearman Rho, pero no se encontró ningún dato significativo. A pesar de esto, sería importante indagar porqué existe una prevalencia de más del 50% para el pobre desempeño en estas pruebas en los escolares que padecen FD.

En particular para la prueba Neuropsi, el dato más relevante fue que se encontró una asociación significativa y positiva de $.267^*$ $p = \leq 0.05^*$ en la subprueba de detección de dígitos, que indicó que a mayor grado de FD el desempeño cognitivo era superior $y = 6.58 + 0.3 \cdot x$, R^2 lineal = 0.057. La subprueba de detección de dígitos consiste en leer una serie de dígitos y pedirle al sujeto que cada vez que escuche un dos e inmediatamente un cinco, deberá dar un golpe en la mesa, por lo que pone a prueba la atención del sujeto. Nuestros resultados arrojan que los individuos en las fases más tempranas de la patología oral presentan una actividad menor en relación a los que presentan las fases más avanzadas de la patología, sin embargo únicamente el 12% logró llegar al puntaje máximo de la prueba (10 puntos), lo que sugiere que pese a que el desempeño mejora conforme avanza el estadio de la patología, en general los sujetos con FD no logran alcanzar el puntaje máximo en esta subprueba de atención.

Los resultados demuestran que hay un déficit en las funciones de memoria y especialmente en las de atención.

Así mismo se presentó una asociación entre la presencia de FD y el desempeño cognitivo mediante la prueba de inteligencia *Shipley- 2* (figura VII.10). Esta prueba se divide en tres sub-pruebas: vocabulario (figura VII.12), abstracción y bloques (figura VII. 11); la primera evalúa inteligencia cristalizada y las dos últimas, inteligencia fluída.

Hay 5 estudios en niños en los que se han aplicado pruebas similares a la que se utilizó en ésta investigación para evaluar neurotoxicidad. Cuatro de ellos se realizaron en China, donde la exposición al F fue a través del carbón utilizado

como combustible doméstico para cocinar y a través del agua para consumo humano con concentraciones de este elemento de 2 a 4.5 ppm F (Choi *et al.*, 2015). En su estudio Liu *et al.*, (2000) refieren que la proporción de niños con valores de CI menor a 90 puntos (valor normal entre 90 y 110) residentes en zonas con F en agua mayor a 3.15 y 2.4 ppm F fue del 45%.

En un estudio realizado en el estado de San Luís Potosí en la República Mexicana, encontraron que el 52% de los sujetos que habitaban en un área con alta exposición (7.3 ppm F) obtuvieron un resultado por debajo del promedio (90 puntos) en la prueba de CI *Weshler* versión revisada y estandarizada para México (*WISC-RM*) (Rocha, 2005). La evidencia de validación concurrente muestra que la prueba *Shipley- 2* correlaciona fuertemente con otras pruebas psicométricas como la *WISC-RM*, mediante el análisis de factores, el análisis de reactivos y el análisis de escalas respaldan la estructura del este instrumento. A partir de nuestros datos se demostró que 63% los escolares con FD presentaron un desempeño por debajo del promedio en la sub-prueba de bloques para inteligencia fluida.

La inteligencia fluida es aquella capacidad del individuo para adaptarse a una nueva tarea y para determinar cómo resolverla sin aprendizaje previo, la disminución o pérdida de éste tipo de inteligencia puede corresponder a diversas variables como son: envejecimiento, alcoholismo, accidentes cerebrales y sustancias tóxicas (Geary, 2005). En este último sentido es la presente investigación en la que se ha documentado en países asiáticos esta relación del F como efecto tóxico en las funciones cognitivas. Dado que existen diferencias entre las poblaciones y de individualidad, se ha observado que al inicio de esta patología, el desempeño cognitivo disminuye y conforme avanza el grado de exposición al F y severidad de la misma, éste mejora en puntuación (Veáse Fig XIII.10).

Estos cambios parecen obedecer a un mecanismo de homeorresis como respuesta a una adaptación a la entrada del F al organismo y a su distribución, quizá selectiva por parte de los individuos expuestos al F en forma crónica. De los resultados de esta investigación, pareciera que no corresponden con lo reportado

por autores asiáticos como es el caso de los estudios realizados en China como en la India (Choi Et al, 2015 y Abbas Et al, 2015), en los que a mayor grado de severidad de FD los sujetos demostraban menor desempeño en las pruebas cognitivas; es menester recordar que tanto las pruebas neuropsicológicas, como las características de la población, la geografía de la zona, la dieta, los hábitos y costumbres de la región así como los factores genéticos, hacen que los resultados obtenidos en estas pruebas sean distintos. Al no encontrar estudios realizados en el país, no hay forma de comparar estos hallazgos en población mexicana y que difiere con la población asiática.

De acuerdo con los datos recabados en la cédula de recolección de la información (cuadro VII.4) sobre la distribución por antigüedad respecto al lugar de nacimiento y el tiempo de residencia, la mayoría de los escolares nació en el estado de Querétaro (95%) y ha permanecido en la comunidad desde el momento de su concepción (82%) hasta la actualidad en que se entrevistaron (87%). Esto es importante porque los estudios en humanos han demostrado una relación directa entre las concentraciones séricas de fluoruro de la sangre venosa materna y la sangre del cordón umbilical, lo que indica que la placenta, denominada barrera placentaria, no lo es como tal ya que sí permite el paso transplacentario del F hacia el feto (Shen y Taves, 1974).

En un estudio experimental realizado por Liu et al, (2014), demostró que la exposición al F puede tener efectos adversos en el desarrollo fetal neurológico y entre los cambios se manifiestan alteraciones cognitivas del comportamiento durante la vida adulta. Mullenix *et al.* (1995) encontraron que el F se acumula en los tejidos cerebrales de rata después de exposiciones a niveles altos y de tiempo prolongados, estos investigadores han especulado que la acumulación en el hipocampo podría explicar los efectos sobre la atención, la memoria y el aprendizaje. Esto es interesante porque pareciera haber selectividad del F en ciertos tejidos cerebrales y que afectan funciones específicas.

El hecho de que los escolares han permanecido en una región donde han consumido agua con concentraciones elevadas de F, explica los efectos que se

manifiestan sobre el órgano dentario que es más lábil al elemento debido a su fijación y esto se demuestra clínicamente por la alta prevalencia de FD. En una comunidad en la que se demostró tener un ICF por encima de los permitido indica que el sujeto a permanecido expuesto en forma crónica al elemento y que se requiere de la interacción de otros factores para que se manifiesten los efectos tardíos a nivel cerebral en funciones cognitivas específicas mediante del desempeño en las pruebas clinimétricas.

Además del agua como medio para la ingesta excesiva de F, se exploraron aquellas fuentes secundarias que se relacionan directamente con la ingesta del elemento (cuadro VII.5) como es el hábito de ingerir la pasta dental a través del cepillado dental; solamente 7 individuos (5%) contestaron que sí, lo que indica que la ingesta accidental al momento de cepillado es muy baja dentro de estos escolares. De acuerdo con Mukherjee y Singh (2018), la cantidad de F que se puede ingerir a través del hábito del cepillado es muy baja y relativa; en cambio mencionan que las fuentes antropogénicas más relevantes pertenecen al uso de compuestos fluorados en la industria como son el uso de fertilizantes en la agronomía. Así, el hábito de cepillado dental no representa un riesgo relevante hasta el momento, aunque no se debe desestimar que el uso de pastas y colutorios pueda repercutir de forma negativa en la ingesta de éste elemento ya que la mayoría de los dentífricos están por encima de 1000 ppm F, cifra muy alta en su composición permitida comercialmente, debido a que se ha demostrado que cantidades por debajo de lo referido no tiene un efecto protector a nivel tópico para la prevención de la caries dental (González, 1998). Una ingesta de los dentífricos de forma continua, aún cuando fuera en pequeñas cantidades, estaría aportando F en mayor proporción o equivalente a la ingesta de agua con F mayor de lo permitido.

En esta situación, esta población de escolares tiene un hábito de cepillado medianamente pobre, porque en su mayoría (53%) los niños se cepillan los dientes solamente 2 veces al día.

La estimación de la ingesta adecuada de fluoruros por la población requiere

mucho más investigación ya que es un elemento que forma parte de la tierra y por lo tanto de las fuentes de agua para uso humano y animal. Desde el punto de vista odontológico, la aplicación tópica debe permanecer de acuerdo a la norma oficial y a las políticas de salud, pero es necesario controlar la frecuencia, las presentaciones, la concentración y las técnicas de las aplicaciones. Su uso debe ajustarse en situaciones como: niños pequeños, especialmente en menores de dos años, cuando el control de la deglución es mucho más débil que en otras etapas por el desarrollo neurológico del niño; esto implica una ingesta accidental que debe evitarse ya que podría causar alteraciones tempranas y como se ha citado previamente pudiera comprometer estructuras del SNC.

Otra fuente de F que es de uso doméstico y cotidiano, es la sal de mesa. El 80% consume una cantidad necesaria (sin abuso en el consumo) y la marca más utilizada con un 95% es “La fina”. Es importante señalar que en esta comunidad solamente se pueden conseguir dos marcas registradas de sal: “La fina” y “Diconsa” y ninguna de estas dos marcas contiene compuestos fluorados, sólo compuestos yodados de acuerdo a la etiqueta nutrimental.

En 1981 la Secretaría de Salud realizó la fluoración de la sal a nivel nacional en la República Mexicana como una acción preventiva global y prioritaria. Con base en información internacional, la Secretaría de Salud decretó que en las áreas geográficas con cantidades de F por encima de lo permitido en el agua de consumo humano no debería distribuirse sal de mesa flourada, sólo yodada. Esto concuerda con esta comunidad, en la que debido a que los niveles de F se encuentran elevados no hay venta de sal flourada y por lo tanto ésta fuente alterna de ingesta no representa un riesgo.

En general, los escolares consumen alrededor de 3 a 4 vasos de agua al día (37%). Acorde con lo recomendado por salud, los niños de 6 a 12 años deben de consumir alrededor de 1.6 – 1.8 L/d (Iglesias et al. 2010). Al considerar que un litro de agua equivale aproximadamente a 4 vasos de agua de 250 ml, los niños de la comunidad en su mayoría están consumiendo alrededor de 1.0 L/d, lo que indica que están consumiendo una cantidad de agua menor a la recomendada

acorde a su edad. Debemos evaluar la posibilidad de que aún cuando se consumen pocas cantidades de agua, si la fuente hídrica en cuestión contiene niveles elevados de F, no es necesario ingerirla en mayor cantidad ya que los efectos se presentan tempranamente como la FD.

En esta comunidad, prácticamente el 100% accede al agua de la llave que proviene de la única fuente que es un pozo de distribución de agua en la comunidad (cuadro VII.6). La mayoría de los individuos están expuestos a la misma concentración de F al provenir de su fuente hidrológica. El 91% de los habitantes utiliza el agua de la llave para servicios generales.

Se observó que más de la mitad (69%), utilizan el agua de la llave para cocinar con lo cual se ingiere una cantidad importante de F en el agua que se utiliza para los alimentos; cabe citar que el F al ser altamente recombinante puede permanecer en los alimentos que hayan estado expuestos con agua flourada (Ryczel, 2006).

Otra de las prácticas comunes es la ingesta de agua embotellada de diferentes marcas comerciales que también puede diferir en su contenido; el 66%, ingiere agua embotella o de garrafón como agua de uso; sin embargo, el 35% toma agua directamente de la llave.

En general, el agua embotellada o de garrafón no está exenta de tener F, quizá en cantidades diferentes, mayor de lo permitido a las registradas en el pozo de la comunidad. En el caso de la embotelladora "Aga", se determinó en 6 productos embotellados que contenían niveles de F por encima de lo permitido en una planta de la sucursal en Querétaro, que además de proveer refrescos dentro del estado, también surtía en el estado de San Luis Potosí y gracias al estudio que realizaron las autoridades sanitarias, prohibieron la distribución de dicha marca hasta que regulasen sus productos con las cantidades adecuadas (Ortíz et al. 2015).

Con base en este antecedente, se hizo una búsqueda de las marcas más

utilizadas por la comunidad (figura VII. 8). La más consumida es de la marca “Ciel” y “La Purificadora”, que no es más que una caseta de relleno de garrafones que se encuentra dentro de la comunidad, y tampoco se garantiza que los filtros de este abastecimiento de relleno sean los adecuados para permitir que el agua que surte se encuentre con niveles óptimos de F.

En el último bloque del cuestionario se explora la salud de los escolares desde la etapa prenatal (cuadro VII.7), el nacimiento hasta la edad que tienen actualmente. Se observó que ninguno de los 146 participantes tenía alguna enfermedad crónica, padecía alergia o presentaba alguna enfermedad incapacitante. Para el propósito de ésta investigación era muy importante que los escolares no presentaran alguna enfermedad debido a que podía repercutir directamente en el desempeño de las pruebas cognitivas.

Sólo el 14 % de las madres tuvieron dificultades durante el embarazo de su hijo/a; en 20 participantes respondieron que 9 de ellas tuvieron amenaza de aborto, 8 pre-eclamsia y las cuatro restantes tuvieron: circular de cordón, infección de vías urinaria y un recién nacido post término, respectivamente.

En un estudio de cohorte realizado por Bashash et al. (2017) determinaron la asociación de la exposición prenatal al F con el desarrollo neurocognitivo de la descendencia; encontrando que la mayor exposición prenatal al F se asoció con puntuaciones más bajas en las pruebas de función cognitiva de la descendencia entre los 4 y 6-12 años. No mencionan si hubo algún registro de problemas durante el embarazo en las participantes ya que sólo utilizaron las muestras de orina y las pruebas de desempeño cognitivo para su análisis.

Pese a que en la población de estudio los problemas durante el parto no fueron significativos, sería conveniente indagar porqué en los pocos casos en los que sí lo hubo, el problema más recurrente fue la amenaza de aborto.

Diversos estudios han demostrado que la exposición a tóxicos ambientales durante las primeras etapas del desarrollo pueden manifestarse durante la etapa

prenatal o al nacimiento (abortos espontáneos, malformaciones etc.), durante la niñez (cáncer, asma, efectos neurológicos, entre otros) o en la etapa de adultos (cáncer, enfermedades del corazón etc.) (Selevan et al, 2000).

Un ejemplo de ello fue un estudio de seguimiento de 436 niños expuestos a Pb desde la etapa fetal, donde se demostró que los niños hasta a la edad de 4 años presentaban los efectos mas severos sobre las habilidades cognitivas; una de las características de las madres de los niños que participaron en el estudio, fue que la mayoría vivió en la comunidad durante el embarazo, lo que podría explicar el efecto tan marcado observado en esos niños, y que respalda también el hecho de que una buena parte de nuestros sujetos de estudio ha permanecido en la comunidad desde la etapa prenatal (Schnaas et al, 2000).

Con base en los registros que se tienen hasta el 2006 de la concentración de F de 0.6-5.58 ppm en el agua para consumo humano, es muy probable que estemos ante una situación en la que más de 4,000 habitantes se encuentren expuestos a una cantidad F por encima de lo permitido de acuerdo con la NOM-012-SSA1-1993.

Es evidente que la comunidad tiene un marcado problema de salud pública dado por el índice de ICF de 1.132; no solamente por el problema estético que representa para la persona en su cavidad oral, sino también porque las pruebas confirman que existen puntuaciones significativas y que podría estar causando daños al SNC generando problemas en el desempeño cognitivo y a pesar de que no se ha establecido el alcance de este efecto es necesario establecer estos efectos fehacientemente en el SNC en población mexicana expuesta a los altos niveles de F.

IX. CONCLUSIONES

- En nuestro territorio, el flúor en cantidades por encima de 1.5 ppm en el agua de consumo humano, es capaz de generar una alta prevalencia de FD y flurorua >1.0 ppm F.

- La comunidad tiene un riesgo sanitario debido al padecimiento de FD.
- Existe una asociación significativa entre la FD y las funciones de atención en la subprueba detección de dígitos del test Neuropsi, que pertenece al tipo de atención sostenida.
- Existe una asociación significativa entre la fluoruria y las funciones de atención en las subpruebas de detección visual y cubos en progresión del test Neuropsi que evalúan atención selectiva y concentración.
- Existe una asociación significativa entre la fluoruria y la memoria en las subpruebas de cubos en regresión (memoria de trabajo) y reconocimiento de caras (memoria de trabajo no verbal) del test Neuropsi.
- Por lo tanto hay una asociación entre la FD, la fluoruria >1.0 ppm F y la concentración de F en el agua de consumo humano >0.7 ppm con las funciones de atención y memoria. Lo que confirma la hipótesis.
- Al inicio de la patología el desempeño cognitivo disminuye y conforme avanza el grado de exposición al F se mejora la puntuación. Estos cambios parecen obedecer a un mecanismo de homeorresis como respuesta a una adaptación a la entrada de F al organismo en forma crónica.
- Es esencial monitorear su concentración en el agua subterránea utilizada para beber periódicamente y tomar medidas para ponerla dentro del rango permisible de 1.5 ppm.

X. PROPUESTAS

Es indispensable realizar mayor investigación en la búsqueda de métodos de filtrado de éste elemento que sean seguros y económicos en poblaciones vulnerables y que radican en zonas de riesgo para este y otros elementos presentes en la naturaleza.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.

1. Abbas S., Kumar R., Navit S., Chadha D., Johri N., Navit P., Sharma & 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. doi:10.7860/jcdr/2015/15518.6726
2. Aguilar F., Morales F., Cintra A & Fuente J. (2017). Prevalence of dental fluorosis in Mexico 2005-2015: a literatura review. Salud Pública de México. Vol. 59, No. 3. 306-313. DOI: 10.21149/7764
3. Bashash, M., Marchand, M., Hu, H., Till, C., Martinez-Mier, E. A., Sanchez, B. N., ... Téllez-Rojo, M. M. (2018). Prenatal fluoride exposure and attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) symptoms in children at 6–12 years of age in Mexico City. Environment International, 121, 658–666. doi:10.1016/j.envint.2018.09.017
4. Bashash M; Thomas D; Hu H; Angeles Martinez-Mier E; Sanchez B et. al. (2017). Prenatal Fluoride Exposure and Cognitive Outcomes in Children at 4 and 6–12 Years of Age in Mexico Environmental Health Perspectives. Vol: 125 (9) pp: 097017
5. Beltrán P., Cocom H., Casanova J., Vallejos A., Medina C & Maupomé G.. (2005). Prevalencia de Fluorosis dental y fuentes adicionales de exposición a fluoruro como factores de riesgo a fluorosis dental en escolares de Campeche, México. Revista de Investigación Clínica, Vol. 57, Num. 4, 532-539.
6. Brindha K & Elango L. (2011). Fluoride in Groundwater: Causes, Implications and Mitigation Mesures. Nova Publishers, 11-136.
7. Center of Disease Control and Prevention (CDC). (2017) Statement on the evidence supporting the safety and efectiveness of community wáter fluoridation. Department of health& human services. 30341-3724

8. Chen, R., Zhao, L.-D., Liu, H., Li, H.-H., Ren, C., Zhang, P., ... Zhang, C.-Y. (2017). Fluoride Induces Neuroinflammation and Alters Wnt Signaling Pathway in BV2 Microglial Cells. *Inflammation*, 40(4), 1123–1130. doi:10.1007/s10753-017-0556-y
9. Choi, A. L., Sun, G., Zhang, Y., & Grandjean, P. (2012). Developmental Fluoride Neurotoxicity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 120(10), 1362–1368. doi:10.1289/ehp.1104912
10. Choi, A. L., Zhang, Y., Sun, G., Bellinger, D. C., Wang, K., Yang, X. J., ... Grandjean, P. (2015). Association of lifetime exposure to fluoride and cognitive functions in Chinese children: A pilot study. *Neurotoxicology and Teratology*, 47, 96–101. doi:10.1016/j.ntt.2014.11.001
11. Dean HT. (1932). Classification of mottled enamel diagnosis. *J Am Dent Assoc.* 21:1421–1426. 28
12. Dean HT. (1954). Dental caries and dental fluorosis related to fluoride in public water supply. *Int Dent J.* 4:311–377.
13. Dec, K., Łukomska, A., Maciejewska, D., Jakubczyk, K., Baranowska-Bosiacka, I., Chlubek, D., ... Gutowska, I. (2016). The Influence of Fluorine on the Disturbances of Homeostasis in the Central Nervous System. *Biological Trace Element Research*, 177(2), 224–234. doi:10.1007/s12011-016-0871-4
14. Dong, Y.-T., Wang, Y., Wei, N., Zhang, Q.-F., & Guan, Z.-Z. (2014). Deficit in learning and memory of rats with chronic fluorosis correlates with the decreased expressions of M1 and M3 muscarinic acetylcholine receptors. *Archives of Toxicology*, 89(11), 1981–1991. doi:10.1007/s00204-014-1408-2
15. Geary, D. C. (2005). *The origin of mind: Evolution of brain, cognition, and general intelligence*. Washington, DC, US: American Psychological Association.

16. Gibbs ME (2016) Role of glycogenolysis in memory and learning: regulation by noradrenaline, serotonin and ATP. *Front Integr Neurosci* 9:70. doi:10.3389/fnint.2015.00070

17. González de Aledo Linós A. (1998) Contenido de flúor en dentífricos españoles y recomendaciones para su utilización en pediatría. *An Esp Pediatr.* 28:345-348.

18. Grandjean P. & Landrigan P. (2014) Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *Lancet Neurol.* Vol. 13: 330-338.

19. http://www.who.int/org/watwer_sanitation_health/dgw/gdq/gdw_q3_es_8.pdf?ua=1. Consultado el 21 de agosto del 2019 a las 16:00 h

20. Iglesias R., Villarino M., Martínez L., Cabrerizo M., Lorenzo H., Quiles J., Planas M., Polanco I., Romero D., Russolillo J., Farré R., Moreno V., Riobó P. & Salas- Salvado J. (2010) Importancia del agua en la hidratación de la población española documento FESNAD. *Revista de Nutricioón Hospitalaria.* 26 (1):27-36.

21. Jiang C, Zhang S, Liu H, Guan Z, Zeng Q, Zhang C, Lei R, Xia T, Wang Z, Yang L, Chen Y, Wu X, Zhang X, Cui Y, Yu L, Wang A (2014) Low glucose utilization and neurodegenerative changes caused by sodium fluoride exposure in rat's develop- mental brain. *Neruomol Med* 16(1):94–105. doi:10.1007 /s12017-013-8260-z

22. Juárez M., Hernández J., Jiménez D & Ledesma C. (2002). Prevalencia de fluorosis dental y caries en escolares de la ciudad de México. *Gas. Mad. Mex.* Vol. 139, No. 3.

23. Lee, J., Han, Y.-E., Favorov, O., Tommerdahl, M., Whitsel, B., & Lee, C. J. (2016). Fluoride Induces a Volume Reduction in CA1 Hippocampal Slices Via MAP Kinase Pathway Through Volume Regulated Anion Channels. *Experimental Neurobiology,* 25(2), 72. doi:10.5607/en.2016.25.2.72

24. Li Du, Wan Ch, Cao X, Liu J. The effect of fluorine on the developing

human brain. *Chinese Journal of Pathology*. 1992;21:218—20.

25. Liu F, Ma J, Zhang H, Liu P, Liu YP, Xing B, et al. (2014). Fluoride exposure during development affects both cognition and emotion in mice. *Physiol Behav* 124:1–7, PMID: 24184405, <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.10.027>.

26. Liu G., Ye Q., Chen W., Zhao Z., Li L & Lin P. (2015). Study of the relationship between the lifestyle of residents residing in fluorosis endemic areas and adult skeletal fluorosis. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. Vol. 40, 326-332. DOI: 10.1016/j.etap.2015.06.022

27. Lu, Y., Wu, L. N., Wang, X., Lu, W., Liu, S. S., (2000), Effects of high-fluoride water on intelligence in children, *Fluoride* Vol. 33 No.2 74-78.

28. Lupo M & Rigalli A. (2015). Blood, Plasma and Bone Fluoride Measurement. The Royal Society of Chemistry. Food and Nutritional Components in Focus No. 6.

29. Madhusudhan N, Basha PM, Rai P, Ahmed F, Prasad GR (2010) Effect of maternal fluoride exposure on developing CNS of rats: protective role of Aloe vera. *Indian J Exp Biol* 48(8):830–836

30. Maupomé G., Soto A., Irigoyen E., Martínez E & Borges A.. (2007). Prevención de las caries: recomendaciones actualizadas y estatus del conocimiento directamente aplicable al entorno Mexicano.. *revista ADM*, LXIV, No 2, 68-79.

31. Mukherjee, I., & Singh, U. K. (2018). Groundwater fluoride contamination, probable release, and containment mechanisms: a review on Indian context. *Environmental Geochemistry and Health*. doi:10.1007/s10653-018-0096-x

32. Mullenix PJ, Denbesten PK, Schunior A, Kernan WJ. (1995). Neurotoxicity of sodium fluoride in rats. *Neurotoxicol Teratol* 17(2):169–177, PMID: 7760776.

33. Needham LL, Grandjean P, Heinzow B, Jørgensen PJ, Nielsen F, Patterson DG Jr, Sjödin A, Turner WE, Weihe P (2011) Partition of

environmental chemicals between maternal and fetal blood and tissues. Environ Sci Technol 45(3):1121–1126. doi:10.1021 /es1019614

34. Niu, R., Chen, H., Manthari, R. K., Sun, Z., Wang, J., Zhang, J., & Wang, J. (2018). Effects of fluoride on synapse morphology and myelin damage in mouse hippocampus. Chemosphere, 194, 628–633. doi:10.1016/j.chemosphere.2017.12.027

35. NMX-AA-077-SCFI-2001 “Análisis de aguas- determinación de fluoruros en aguas naturales, residuales y residuales tratadas”.

36. NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.

37. NOM 012-SSA1-1993. “Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados”.

38. NOM 041-ssa1-1993. “Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.

39. Ortiz M., Bocanegra M., Landín L., Alvarado L., Pelallo N., Calzada C., Carreón S., Guevara P. & Días-Barriga F. (2015). Cuantificación de fluoruro y arsénico en agua distribuida para el consumo humano en México. Reporte de caso. Universidad Autónoma de San Luís Potosí.

40. Poulin B, Butcher A, McWilliams P, Bourgognon JM, Pawlak R, Kong KC, Bottrill A, Mistry S, Wess J, Rosethorne EM, Charlton SJ, Tobin AB (2010) The M₃-muscarinic receptor regulates learning and memory in a receptor phosphorylation/arrestin-dependent manner. Proc Natl Acad Sci USA 107:9440–9445

41. Rabelo A & Milton G. (2011). Fluoride Metabolism. Monogr Oral Sci. Vol. 22: 20-36.

42. Rango T, Vengosh A, Jeuland M, Tekle-Haimanot R, Weinthal E, Kravchenko J, et al. (2014) Fluoride exposure from groundwater as reflected by urinary fluoride and children’s dental fluorosis in the Main Ethiopian Rift Valley. Sci Total Environ;15(496):188-197.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.048>.

43. Rigalli A., Pera L., Di Loreto V. & Brun L. (2007). Determinación de la concentración de Flúor en muestras biológicas. Edit. UNR.

44. Rivas J & Huerta L. (2005). Fluorosis dental: Metabolismo, distribución y absorción del fluoruro. Revista de la Asociación Dental Mexicana. Vol. 62, Num. 6, 225-229.

45. Rocha D. (2005). Efectos sobre el sistema nervioso central por la exposición simultánea a flúor y arsénico. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de San Luís potosí.

46. Ryczel M. (2006). Flúor y agua de consumo- Su relación con la salud- controversias sobre la necesidad de fluorar el agua de consumo. Rev. Médico Toxicológica; Vol. 72. 21:26;20:21—6.

47. Samanta A, Chanda S, Bandyopadhyay B, Das N (2016) Establishment of drug delivery system nanocapsulated with an antioxidant (+)-catechin hydrate and sodium meta borate chelator against sodium fluoride induced oxidative stress in rats. J Trace Elem Med Biol 33:54–67. doi:10.1016/j.jtemb.2015.09.003

48. Sharma JD, Sohu D, Jain P. Prevalence of neurological manifestation in a human population exposed to fluoride in drinking water. Fluoride. 2009;42:127—32.

49. Sapp P., Eversole L & Wysocki G. (2006). Patología oral y maxilofacial contemporánea. Editorial Elsevier. Segunda edición.

50. Schnnas L., Rothenberg S.J., Perroni E., Martinez s., Hernández C., Hernández RM., (2000), Temporal pattern in the effect of postnatal blood lead level on intelectual development of young children, Neurotoxicology and Teratology 22 pp.805-810.

51. Secretaria de Salud. (2003). Manual para el uso de fluoruros dentales en la República Mexicana. Programa Nacional de Salud Bucal.

52. Shen YW, Taves DR. (1974). Fluoride concentrations in the

human placenta and maternal and cord blood. *Am J Obstet Gynecol* 119(2):205–207, PMID: 4823388.

53. Selevan S. G., Kimmel C. A., Mendola P., (2000) Identifying critical windows of exposure for children's health, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 108, Supplement 3, pp 451-455.

54. Selvam, S. (2015). A preliminary investigation of lithogenic and anthropogenic influence over fluoride ion chemistry in the groundwater of the southern coastal city, Tamilnadu, India. *Environmental Monitoring and Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4326-8>.

54. Servicios de Salud del Estado de Querétaro (SESEQ). (2006). Determinaciones de Flúor en Fuentes de Abastecimiento de Agua Potable. Dirección de Servicios de Salud. Jurisdicción # 2.

55. Soto-Rojas AE, Ureña-Cirett JL, Martínez-Mier EA.A. (2004) Review of the prevalence of dental fluorosis in Mexico. *Rev Panam Salud Pub*;15(1):9-17.

56. Shuhua, X., Ziyou, L., Ling, Y., Fei, W., & Sun, G. (2012). A Role of Fluoride on Free Radical Generation and Oxidative Stress in BV-2 Microglia Cells. *Mediators of Inflammation*, 2012, 1–8. doi:10.1155/2012/102954

57. Smith MA, Riby LM, Eekelen JA, Foster JK (2011) Glucose enhancement of human memory: a comprehensive research review of the glucose memory facilitation effect. *Neurosci Biobehav Rev* 35(3):770–783. doi:10.1016/j.neubiorev.2010.09.008

58. Thomas D., Basu N. Martinez E., Sánchez B., Zhang Z., Liu Y., Prasad R., Peterson K., Mercado A., Bashash M., Hernández M., Hu H., Rojo M. (2016). Urinary and plasma fluoride levels in pregnant women from Mexico City. *Environmental Research*. Vol 150: 489-495.

59. Valdez L., López O., Cervantes M., Costilla R., Calderón J.,

Alcaraz Y. & Rocha D. (2017). In Utero exposure to fluoride and cognitive development delay in infants. *Neurotoxicology*. Vol 59: 65-70.

60. Xiang Q., Liang Y., Chen L., Wang C., Chen B., Zhou M., (2003) Effects of fluoride in drinking water on children's intelligence, *Fluoride* Vol. 36 No. 2, pp. 84-94.

61. Yan N., Liu Y., Liu S., Cao S., Wang F., Wang Z., Xi S. (2016) Fluoride-induced neuron apoptosis and expressions of inflammatory factors by activating microglia in rats brain. *Mol Neurobiol* 53(7):4449–4460. doi:10.1007/s12035-015-9380-2

62. Zhao LB, Liang GH, Zhang DN, Wu XR. Effect of a high fluoride water supply on children's intelligence. *Fluoride*. 1996;29:190—2.

Dirección General de Bibliotecas UJAQ

1. ANEXOS.

ANEXO I. CÉDULA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

*EFFECTOS DEL FLÚOR SOBRE LA ATENCIÓN Y LA MEMORIA EN LOS
ESCOLARES DE LA COMUNIDAD DE SAN JOSÉ DE LA PENUELA EN EL
MUNICIPIO DE COLÓN, QUERÉTARO.*

CÉDULA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN.

FECHA _____

NONBRE CON DE SU HIJO/A EN SIGLAS _____

FOLIO _____

SEXO _____

DOMICILIO: _____

1. Nombre de la escuela a la que asiste su hijo/a

2. Grado y grupo _____

3. Fecha de nacimiento de su
hijo/a _____

4. Lugar de nacimiento de su
hijo/a _____

5. Durante el embarazo de su hijo ¿usted vivió en ésta comunidad?

(sí) (no)

- En caso de responder no, mencione en dónde residió durante su embarazo _____

II. VIVIENDA.

6. ¿Cuánto tiempo tiene la familia de vivir en ésta comunidad? _____

7. ¿Cuánto tiempo tiene su hijo/a de vivir en ésta comunidad? _____

8. ¿De dónde toman el agua para los servicios generales (lavar, riego, agua para el WC, etc.)? (marque con una "X"):

- Dentro de la vivienda (llave) _____
- De la llave pública o pipa _____
- De un pozo _____
- De una presa o bordo cercano _____

III. HÁBITOS DEL NIÑO.

9. ¿Su hijo/a se lava los dientes?: (sí) (no)

- ¿Cuántas veces al día? _____

10. Ha observado si su hijo/a se come la pasta de dientes? (si)

(no)

11. Normalmente, ¿qué marca de pasta dental utilizan? _____

12. ¿qué cantidad de sal le agrega su hijo/a a sus alimentos? (maque con una "X"):

- Más de lo necesario _____
- Lo necesario _____
- Poca _____
- No le gusta _____

13. ¿Cuántos vasos de agua toma su hijo/a al día? _____

14. ¿Con qué frecuencia su hijo bebe refrescos?

- Diario _____ ¿aproximadamente, cuántos vasos al día? _____
- A veces _____ ¿aproximadamente, cuántos vasos a la semana? _____
- Casi nunca _____ ¿aproximadamente, cuántos vasos al mes? _____
- Nunca _____

IV. HOGAR.

15. ¿De dónde toman el agua para beber? (marque con una "X"):

- Dentro de la vivienda (llave) _____
- De la llave pública o pipa _____
- De un pozo _____
- De una presa o bordo cercano _____
- Embotellada o de garrafón _____ ¿qué marca? _____

16. ¿De dónde toma el agua para cocinar?

- Dentro de la vivienda (llave)_____
- De la llave pública o pipa_____
- De un pozo_____
- De una presa o bordo cercano_____
- Embotellada o de garrafón_____ ¿qué marca?_____

17. ¿Qué marca/s de sal utiliza para cocinar?_____

V. SALUD.

18. ¿Su hijo/a padece alguna enfermedad crónica, alergias o alguna enfermedad incapacitante? (si) (no)

- En caso de haber contestado sí, mencione el padecimiento_____

19. ¿su hijo está tomando algún medicamento? (si) (no)
¿cuál?_____

VI. HISTORIA DEL NIÑO.

20. ¿Tuvo dificultades durante el embarazo de su hijo /a? (sí) (no)
¿Cuáles?_____

21. De cuántos meses nació su hijo/a_____

22. ¿Tuvo dificultades durante el parto? (sí) (no)
¿Cuáles?_____

23. ¿Cuánto pesó su hijo/a al nacer (si lo recuerda)?

- En caso de no recordar cuánto pesó al nacer, ¿sabe si estaba en su peso, o le comentaron que nació con bajo peso? _____

24. ¿Su hijo/a se tardó en hablar? (si) (no)

- Si usted respondió que sí. ¿Cuál fue la situación por la que se tardó en hablar? _____

25. ¿A qué edad entró a el niño/a a la escuela? _____

26. ¿Su hijo/a, ha repetido algún año? (si) (no)

- ¿Porqué? _____

27. ¿ha presentado problemas para aprender? (si) (no)

- ¿Cuáles? _____

ANEXO II. ÍNDICE DE DEAN.

CONDICIÓN	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
SANO O NORMAL	0	El esmalte del diente tiene su translucidez usual, la superficie es lisa, brillante, generalmente es de color crema pálido; se incluyen dientes con características de esmalte sano y se añaden las alteraciones del esmalte que son originadas por la fluorosis.
CUESTIONABLE	1	Pequeñas aberraciones en la translucidez del esmalte normal, que pueden ir desde unas sombras blanquecinas a manchas blancas de uno o dos milímetros de diámetro.
MUY LEVE	2	Se observan aberraciones en la translucidez del esmalte normal, que pueden ir desde unas sombras blanquecinas a manchas blancas de uno o dos milímetros de diámetro.
LEVE	3	Las líneas y áreas opacas del esmalte ocupan por lo menos la mitad, 50% de la superficie del diente. Las caras oclusales de los dientes afectados muestran una atricción moderada.
MODERADA	4	Toda la superficie del diente está afectada ,

		hay marcado desgaste de las superficies sujetas a atrición. Puede o no presentar pigmentación.
SEVERA	5	La superficie del esmalte está muy afectada. Se observan puntos hipoplásicos en la superficie dental y en algunos casos la forma del diente puede estar afectada.

Dirección General de Bibliotecas UNQ

ANEXO III. ÍNDICE COMUNITARIO DE FLUOROSIS.

Para establecer el índice comunitario de fluorosis (IFC) la ponderación (p) se hace con los siguientes valores:

CONDICIÓN	CÓDIGO	PONDERACIÓN
Sano	0	0
Dudoso	1	0.5
Muy leve	2	1
Leve	3	2
Moderado	4	3
Severo	5	4

Donde:

Índice comunitario de fluorosis = $\frac{\sum \text{de individuos con fluorosis} \times \text{ponderación}}{\text{Número total de individuos examinados}}$

Número total de individuos examinados

Interpretación del índice comunitario de fluorosis dental:

Dean indica que, si éste se encuentra por arriba de 0.6 empieza a constituir un problema de salud pública.

ANEXO IV.

INSTRUMENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LA ATENCIÓN Y LA MEMORIA.

1. NEUROPSI.

NEUROPSI Atención y Memoria

(Ostrosky-Solís, Gómez, Matute, Rosselli, Ardila, Pineda, 2007b)

Subpruebas.

1. Orientación.

- 1.1. Tiempo (día, mes, año y hora) Puntaje total = 4.
- 1.2. Lugar (ciudad y lugar específico) Puntaje total = 2.
- 1.3. Persona (¿Cuántos años tiene? O ¿Cuándo nació?). Puntaje total = 1.

2. Atención y concentración.

- 2.1. Dígitos en progresión. Se pide al sujeto que repita en el mismo orden una serie de número. Puntaje total = 6 puntos.
- 2.2. Cubos en progresión. Se pide al sujeto que señale en el mismo orden una serie de cubos. Puntaje total = 9 puntos.
- 2.3. Detección visual. Se pide al sujeto que marque en una hoja todas las figuras iguales a la que se le presenta. Puntaje total = 24.
- 2.4. Detección de dígitos. Cada vez que se escuche un dos e inmediatamente después un cinco, dar un pequeño golpe en la mesa. Puntaje total = 10.
- 2.5. Series sucesivas. Contar de tres en tres empezando con el uno hasta llegar al cuarenta. Puntaje total = 3.

3. Memoria de trabajo.

- 3.1. Dígitos en regresión. Se pide al sujeto que repita en orden inverso una serie de números. Puntaje total = 8 puntos.

- 3.2. Cubos en regresión. Se pide al sujeto que señale en orden inverso una serie de cubos. Puntaje total = 9 puntos.

4. Codificación.

- 4.1. Curva de memoria. Se aparta una lista de doce palabras (animales, frutas y partes del cuerpo) en tres ensayos. Después de cada ensayo se le pide al sujeto que diga todas las palabras que pueda recordar. También se registran las intrusiones, perseveraciones y efectos de primacía y recencia. Puntaje total = 12.
- 4.2. Pares asociados. Se pide al sujeto que recuerde la segunda palabra de un par de palabras (con asociación fonológica, semántica o sin relación). Puntaje total = 12.
- 4.3. Memoria lógica. Recordar un párrafo. Puntaje total = 16.
- 4.4. Copia de figura semi-compleja o compleja. Se pide al sujeto que copie la figura que se presenta. Puntaje total figura semicompleja = 12 puntaje total figura compleja = 36.
- 4.5. Caras. Se pide al sujeto recordar los nombres y rostros de dos personas. Puntaje total = 4.

5. Evocación.

5.1. 5.1 memoria verbal.

- 5.1.1. Evocación espontánea se pide al sujeto que diga todas las palabras que recuerde de la lista que se le dio. Se registra el número de aciertos, perseveraciones e intrusiones. Puntaje total = 12.
- 5.1.2. Evocación por claves: se pide al sujeto que diga qué palabras de la lista eran animales, frutas o partes del cuerpo. Puntaje total = 12
- 5.1.3. Evocación por reconocimiento. Se pide al sujeto que diga si las palabras que se le presentan pertenecen o no a las que se le dieron anteriormente. Puntaje máximo = 12.

- 5.2. Pares asociados. Se pide al sujeto que recuerde la segunda palabra de un par de palabras (con asociación fonológica, semántica o sin relación). Puntaje total = 12.
- 5.3. Memoria lógica. Recordar un párrafo. Puntaje total = 16.
- 5.4. Copia de figura semi-compleja o compleja. Se pide al sujeto que recuerde la figura que se presenta. Puntaje total figura semicompleja = 12. Puntaje total figura compleja = 36.
- 5.5. Caras. Se pide al sujeto identificar los rostros de dos personas que se le mostraron previamente. Puntaje total = 4.

6. Funciones ejecutivas.

- 6.1. Formación de categorías. Realizar la mayor cantidad de categorías con una serie de dibujos. Puntaje total = 25.
- 6.2. Fluidez verbal semántica. Se pide al sujeto que mencione en un minuto todos los animales que conozca. Se registra e número de palabras correctas y se codifica en una escala de 0 a 4. También se anotan las intrusiones y perseveraciones.
- 6.3. Fluidez verbal fonológica. Se pide al sujeto que mencione en un minuto todas las palabras que conozca que empiecen con la letra F. se registra el número de palabras correctas y se codifica en una escala de 0 a 4. También se anotan las intrusiones y perseveraciones.
- 6.4. Fluidez no verbal. Formar diferentes figuras trazando únicamente cuatro líneas y uniendo los puntos que aparecen en cada cuadro. Puntaje total = 35.
- 6.5. Funciones motoras.
 - 6.5.1. Seguir un objeto. Se coloca un lápiz en posición vertical a unos 20 cm de la nariz del sujeto y se le pide que lo vea y lo siga con sus ojos, sin mover la cabeza. Se desplace lentamente el lápiz hacia la derecha y posteriormente hacia la izquierda. Puntaje total = 4.

- 6.5.2. Reacción de elección. Se le dice al sujeto que cuando se de un golpe sobre la mesa él deberá dar dos golpes y cuando se den dos golpes él no deberá dar ningún golpe. Puntaje total = 2.
- 6.5.3. Cambio de posición de la mano. Se le pide al sujeto que observe cuidadosamente los movimientos que se le presentan y que posteriormente trate de hacerlos de la misma manera. Primero se hacen con la mano derecha y después con la izquierda. Puntaje total = 4.
- 6.5.4. Dibujos secuenciales. Se le pide al sujeto que observe una figura y que la copie en una hoja sin levantar el lápiz del papel. Puntaje total = 8.
- 6.6. Stroop. Se le pide al sujeto que lea lo más rápido posible una lista de palabras, posteriormente se le pide que denomine los colores que se le presentan, y por último se le pide que mencione en que color está impresa una serie de palabras. Puntaje total = 36.

ANEXO V.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO



FACULTAD DE MEDICINA

“EFECTO DEL FLÚOR SOBRE LA ATENCIÓN Y LA MEMORIA EN ESCOLARES CON FLUOROSIS DENTAL EN LA COMUNIDAD DE SAN JOSÉ DE LA PEÑUELA DEL MUNICIPIO DE COLÓN QUERÉTARO”.

El siguiente formulario de consentimiento informado se dirige a los padres y/o tutores de los niños y niñas que residen en la comunidad de San José de la Peñuela dentro del municipio de Colón, Querétaro y que se les invita a participar en este proyecto con fines académicos de la Odontóloga Mara N. Milla Hernández, alumna de *Maestría en Ciencias en Neurometabolismo de la Facultad de Medicina, en la Universidad Autónoma de Querétaro* y cuyo director corresponsable es el Dr. Nicolás Camacho Calderón docente-investigador de la Fac. de Medicina de la UAQ.

Responsables para preguntas o comentarios:

Odontóloga Mara N. Milla Hernández: móvil 4423541556

Dr. Nicolás Camacho Calderón: móvil 442-136-18-70

Introducción.

La fluorosis dental es un padecimiento que se presenta en forma de manchas blancas y marrones que afectan a los dientes, cuando una persona bebe flúor de forma regular, puede llegar a presentar fluorosis. Algunas zonas geográficas corren mayor riesgo de padecer fluorosis dental dependiendo de la concentración de flúor que exista en el agua potable que se bebe en la zona. La comunidad donde usted reside, presenta un promedio de éste elemento que rebasa el límite permitido para la salud humana. Estudios han demostrado que este elemento no sólo puede afectar a sus dientes, sino que también afecta a los huesos y podría tener efectos secundarios en la atención y la memoria, sobre

todo en edades tempranas, ya que cuando el cuerpo se está desarrollando es cuando más efectos nocivos puede causar.

Participación en la investigación.

Se le realizará una revisión clínica de la cavidad oral, aplicación de un cuestionario psicométrico y se le solicitará una muestra de orina matutina.

Selección de participantes.

Estamos invitando a todos los escolares de 6 a 12 años que tengan fluorosis dental y que vivan y hayan nacido en la comunidad de San José de la Peñuela, en el municipio de Colón, Querétaro.

Participación voluntaria.

Se les hace una atenta invitación para que permitan que a su hijo (a) se le realicen y apliquen los cuestionarios para esta investigación. Usted deberá de firmar este documento si esta de acuerdo una vez que se le haya explicado sus dudas con los responsables de esta investigación.

Procedimientos y protocolo.

- Fase 1.

Determinación de nivel socioeconómico y determinación de la dieta y fuentes de agua de consumo: al momento de aceptar ser partícipe de ésta investigación, se le entregarán unos cuestionarios para determinar el nivel socioeconómico, sobre ingesta de agua y alimentos.

- Fase 2.

Determinar la presencia de fluorosis dental: un odontólogo certificado se encargará de realizar la exploración oral directamente en las instalaciones de la escuela de su hijo, esta exploración clínica es similar a una exploración de rutina por parte de un dentista.

- Fase 3.

Determinar el desempeño en las áreas de la atención y la memoria: un profesional se encargará de realizarle unas pruebas psicométricas a su hijo, que constan de una serie de preguntas, actividades y ejercicios de destreza, mismos que también se realizarán los días de clases dentro de las instalaciones escolares.

- **Fase 4:**

Determinar la concentración de flúor en orina: Se les proporcionará un recipiente específico para la recolección de orina matutina para medir el flúor en laboratorio. La muestra de orina se desechará posteriormente.

Riesgos.

No existe ningún riesgo o dolor en los procedimientos ni en la aplicación de los formularios.

Beneficios.

Se le proporcionará por escrito los resultados de su hijo (a).

Se dará una sesión informativa sobre el consumo saludable del agua y recomendaciones generales a la comunidad de la escuela.

En el caso de que se determine algún problema de la memoria o en el aprendizaje relacionado con la ingesta de agua se le indicará a la escuela para orientar el apoyo pedagógico necesario.

Confidencialidad.

La información de esta investigación es confidencial y personal. La información acerca de su hijo/a que se tenga durante la investigación la podrá solicitar cuando sea necesario. Solo los investigadores responsables tendrán acceso a sus datos personales.

Derecho a negarse o retirarse.

También si usted decide que su hijo(a) **no** siga participando en la aplicación de los formularios deberá hacerlos saber a los responsables de esta investigación sin ninguna repercusión.

ACEPTACIÓN

He sido notificado/a de que mi hijo/a ha sido invitado a participar en una investigación cuyo objetivo es determinar los posibles efectos que tiene el elemento flúor sobre la atención y la memoria en los escolares de mi comunidad por el antecedente de que en esta zona hay mayor cantidad de éste elemento en el agua potable (agua con mucho salitre).

Se me han informado que los riesgos son mínimos, y que yo no tendré que cubrir ninguno de los gastos. Se me ha proporcionado el nombre de los investigadores responsables para dudas, comentarios o informales si ya no quiero que mi hijo(a) siga participando en esta investigación

He leído la información proporcionada o se ha explicado y leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre mis dudas.

Acepto voluntariamente a que mi hijo/a participe en esta investigación y entiendo que tengo el derecho a retirar a mi hijo/a de la investigación en cualquier momento sin que me afecte a mi o a mi hijo/a en ninguna manera.

Nombre del participante _____

Nombre del padre o tutor _____

Firma o huella del padre o tutor _____

Fecha: día / mes / año _____

He sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libre.

Nombre del testigo _____

Firma del testigo _____

Fecha: día / mes / año _____

Ha sido proporcionada al participante una copia de este documento de Consentimiento Informado.

Nombre / Firma de los investigadores: _____

Nota: Este formulario ha sido revisado y aprobado por el Comité de Bioética de la Fac. de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro, cuya tarea es asegurarse de que se protege de posibles daños físicos o psicológicos a los participantes en la investigación en seres humanos o animales.

CERTIFICADO DEL NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH (NIH)

ANEXO VI.

NMX-AA-077-1982

CANCELA A LA NMX-AA-077-SCFI-2001

ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE FLUORUROS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS (CANCELA A LA NMX-AA-077-1982)

WATERS ANALYSIS - DETERMINATION OF FLUORIDE IN NATURAL, WASTEWATERS AND WASTEWATERS TREATED - TEST METHOD

0 INTRODUCCIÓN

Los iones fluoruro se encuentran en forma natural en el agua. El fluoruro forma complejos con silicio, aluminio y boro. Estos complejos pueden existir en el agua debido al uso de compuestos fluorados por la industria. En muchas comunidades la fluoración de aguas potables se utiliza para la prevención de caries dental. Sin embargo en muchas regiones los niveles de fluoruro exceden con mucho los límites máximos permisibles y su presencia (natural) se convierte en un problema de salud pública. La determinación de fluoruros ha incrementado su importancia con el crecimiento de las prácticas de fluoración de aguas como una medida de salud pública. La mayoría de las aguas no contienen mas allá de 0.3 mg/L de fluoruros, excepto cuando se contaminan con desechos industriales o aguas negras, sobre todo si provienen de industrias del acero, aluminio, fertilizantes, de la elaboración de esmaltes y vidrios, en la fabricación de gomas y almidones adhesivos así como del pretratamiento de cueros y pieles.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece dos métodos de prueba para la determinación de fluoruros en aguas residuales, naturales y residuales tratadas.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

2 PRINCIPIO DEL MÉTODO

2.1 Método espectrofotométrico

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 mgF /L a 1,4 mgF /L.

El fluoruro reacciona con el Zirconilo del complejo Zr-SPANDS formando otro anión complejo, la intensidad del color disminuye. Siendo por lo tanto la absorbancia inversamente proporcional a la

concentración de fluoruros. La reacción se lleva a cabo en medio ácido. La selección del colorante para este método rápido está regido en gran parte por la tolerancia a esos iones.

2.2 Método potenciométrico

Los fluoruros son determinados potenciométricamente usando un electrodo selectivo de ión específico para fluoruro, en conjunción con un electrodo de referencia de calomel y un potenciómetro que cuenta con una escala expandida en milivoltios o un medidor de iones que proporciona una concentración directa en la escala del ión fluoruro.

El mecanismo del desarrollo de un potencial sensible al fluoruro a través de la membrana es el siguiente: la ionización crea una carga en la superficie de la membrana, en las dos interfases. La magnitud de la carga depende de la concentración de ión fluoruro en la disolución. Así, el lado de la membrana que encuentra una concentración de ión fluoruro más baja se vuelve positivo con respecto a la otra superficie; es esta diferencia de carga la que proporciona una medida de la diferencia de concentración de fluoruro en las dos disoluciones.

El único ión que interfiere directamente con las medidas de fluoruro es el ion hidróxido y esta interferencia empieza a ser importante a valores de pH superiores a ocho. A pH menores a cinco, los iones hidrógeno también interfieren en las determinaciones de fluoruro total; en este caso se forma fluoruro de hidrógeno no disociado frente al cual el electrodo no tiene respuesta.

3 DEFINICIONES

NMX-AA-077-SCFI-2001 2/19

NMX-AA-077-SCFI-2001 3/19

Para los propósitos de esta norma se establecen las siguientes definiciones: 3.1 Aguas naturales

Se define como agua natural el agua cruda, subterránea, de lluvia, de tormenta, residual y superficial.

3.2 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas.

3.3 Análisis de blanco analítico

Es el someter una alícuota de agua reactivo a todo el proceso de análisis por el cual pasa una muestra real. Los laboratorios deben realizar los análisis de blancos para corregir la señal de fondo del sistema de medición. El análisis de blancos se realizará en forma periódica o con cada lote de muestras según lo requiera el método.

3.4 Bitácora

Cuaderno de laboratorio debidamente foliado e identificado, en el cual los analistas anotan todos los datos de los procedimientos que siguen en el análisis de una muestra, así como todas las informaciones pertinentes y relevantes a su trabajo en el laboratorio. Es a partir de dichas bitácoras que los inspectores pueden reconstruir el proceso de análisis de una muestra tiempo después de que se llevó a cabo.

3.5 Blanco

Agua reactivo o matriz equivalente a la que no se le aplica ninguna parte del procedimiento analítico y sirve para evaluar la señal de fondo.

3.6 Blanco analítico o de reactivos

Agua reactivo o matriz equivalente que no contiene, por adición deliberada, la presencia de ningún analito o sustancia por determinar, pero que contiene los mismos disolventes, reactivos y se somete al mismo procedimiento analítico que la muestra problema.

3.7 Calibración

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

NMX-AA-077-SCFI-2001 4/19

correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones, efectuando una corrección del instrumento de medición para llevarlo a las condiciones iniciales de funcionamiento.

3.8 Descarga

Acción de verter, infiltrar o depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

3.9 Desviación estándar experimental

Para una serie de n mediciones del mismo mensurando, es la magnitud s que caracteriza la dispersión de los resultados, dado por la fórmula:

medición y \bar{x} es la media aritmética de los n

resultados considerados.

3.10 Disolución estándar

Disolución de concentración conocida preparada a partir de un patrón primario.

3.11 Disolución madre

Corresponde a la disolución de máxima concentración en un análisis. Es a partir de esta disolución que se preparan las disoluciones de trabajo.

3.12 Exactitud

Proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

3.13 Límite de cuantificación del método (LCM)

Es la menor concentración de un analito o sustancia en una muestra que puede ser cuantificada con precisión y exactitud aceptables bajo las condiciones en que se lleva a cabo el método.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

n

Es la mínima concentración de un analito o sustancia en una muestra, la cual puede ser detectada pero no necesariamente cuantificada bajo las condiciones en que se lleva a cabo el método.

3.15 Material de referencia

Material o sustancia en el cual uno o mas valores de sus propiedades son suficientemente homogéneas y bien definidas, para ser utilizadas para la calibración de aparatos, la evaluación de un método de medición, o para asignar valores a los materiales.

3.16 Material de referencia certificado

Material de referencia, acompañado de un certificado, en el cual uno o más valores de las propiedades están certificados por un procedimiento que establece la trazabilidad a una realización exacta de la unidad en la cual se expresan los valores de la propiedad, y en el que cada valor certificado se acompaña de una incertidumbre con un nivel declarado de confianza.

3.17 Medición

Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud. 3.18 Mensurando

Magnitud particular sujeta a medición.

3.19 Muestra compuesta

La que resulta de mezclar un número de muestras simples. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

3.20 Muestra simple

La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento de muestreo.

NMX-AA-077-SCFI-2001 5/19

NMX-AA-077-SCFI-2001 6/19

3.21 Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua. 3.22 Patrón (de medición)

Material de referencia, instrumento de medición, medida materializada o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud para utilizarse como referencia.

3.23 Patrón nacional (de medición)

Patrón reconocido por una decisión nacional en un país, que sirve de base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.

3.24 Patrón primario

Patrón que es designado o reconocido ampliamente como un patrón que tiene las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor es aceptado sin referencia a otros patrones de la misma magnitud.

3.25 Patrón secundario

Patrón cuyo valor es establecido por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

3.26 Patrón de referencia

Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado, o en una organización determinada del cual se derivan las mediciones realizadas en dicho lugar.

3.27 Patrón de trabajo

Patrón que es usado rutinariamente para calibrar o controlar las medidas materializadas, instrumentos de medición o los materiales de referencia.

3.28 Precisión

Es el grado de concordancia entre resultados analíticos individuales cuando el procedimiento analítico se aplica repetidamente a diferentes alícuotas o porciones de una muestra homogénea. Usualmente se expresa en términos del intervalo de confianza o incertidumbre:

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

donde:

3.29

es la media calculada a partir de un mínimo de tres mediciones independientes;
es el valor de la t de Student para un nivel de significancia del 95 %;
es la desviación estándar de la muestra;

es el número de réplicas, y
es el resultado que incluye el intervalo de confianza.

Trazabilidad

NMX-AA-077-SCFI-2001 7/19

Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas

3.30 Verificación de la calibración

Una verificación periódica de que no han cambiado las condiciones del instrumento en una forma significativa.

4 EQUIPOS Y MATERIALES

Sólo se mencionan los equipos y materiales que son de relevancia para el presente método.

4.1 4.1.1 4.1.2 4.1.2.1

4.1.3 4.1.3.1 4.1.3.2

Equipo

Balanza analítica con precisión de 0,1 mg

Método espectrofotométrico

Espectrofotómetro. Disponible para utilizarse de 190 nm a 900 nm y equipado con celda, de 1 cm de paso óptico de luz

Método potenciométrico Electrodo selectivo para fluoruros Potenciómetro

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

4.1.3.3 Parrilla de agitación magnética. 4.2 Materiales

Todo el material volumétrico utilizado en este método debe ser clase A con certificado o en su caso debe estar calibrado.

1. 4.2.1 Barra magnética de teflón
2. 4.2.2 Las botellas de polietileno para muestrear, se lavan con ácido clorhídrico al 10 %, enjuagadas con agua y secadas a temperatura ambiente.

NOTA.- Limpieza del Material: Todo el material de uso común en el laboratorio, debe limpiarse antes de usarse. Todo el material reusable debe dejarse remojando toda la noche y lavarse con detergente libre de fosfatos, enjuagar con agua y remojar por 4 h en una mezcla de una parte de ácido nítrico, 2 partes de ácido clorhídrico y 9 partes de agua (1+2+9), enjuagarse con agua y secar.

5 REACTIVOS Y PATRONES

Todos los productos químicos usados en este método deben ser grado reactivo analítico, a menos que se indique otro grado.

Agua: Debe entenderse agua que cumpla con las siguientes características: a) Resistividad, megohm-cm a 25oC: 0,2 min; b) Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25oC: 5,0 Máx. y c) pH: 5,0 a 8,0.

Generales

1. 5.1 Fluoruro de sodio anhidro (NaF): Todas las disoluciones de fluoruros patrón deben elaborarse de preferencia en matraces de teflón o polietileno y almacenar en frascos de polietileno, ya que el ión fluoruro ataca el vidrio.
2. y con precisión 0,221 0 g de fluoruro de sodio anhidro (ver inciso 5.1) y aforar a 1 L con agua (1mL=100 μg). Almacenar en botellas de polietileno.
3. 5.5 Disolución patrón de fluoruro: Diluir 100 mL de la disolución Madre (ver inciso 5.4) con 1 L de agua (1 mL = 10 μg).

NMX-AA-077-SCFI-2001 8/19

NMX-AA-077-SCFI-2001 9/19

5,0 g de arsenito de sodio (ver inciso 5.2) y aforar a 1 L con agua.

NOTA.- Evitar la ingestión ya que esta sustancia es tóxica. - Método espectrofotométrico

7. 5.7 Ácido clorhídrico concentrado (HCl).
8. 5.9 2 (Parasulfofenilazo) 1,8-dihidroxi-3,6 naftalendisulfonato de sodio (SPADNS), también llamado sal disódica del ácido 4,5-dihidroxi-3- (parasulfofenilazo)-2,7 naftalendisulfónico.
9. 5.10 Reactivo de zirconilo en medio ácido. Pesar aproximadamente y con precisión 133,0 mg de cloruro de zirconilo octahidratado (ver inciso 5.8) y disolver en 25 mL de agua. Añadir 350 mL de ácido clorhídrico concentrado (ver inciso 5.7) y aforar a 500 mL con agua.
10. 5.11 Disolución de SPADNS. Pesar aproximadamente y con precisión 958,0 mg del reactivo SPANDS (ver inciso 5.9) y disolver en agua y aforar a 500 ml. Esta disolución es estable por tiempo indefinido, si se protege de la luz solar. Almacenar en frasco ámbar.

11. 5.12 Reactivo de zirconilo en medio ácido-SPANDS. Mezclar volúmenes iguales de disolución de SPANDS (ver inciso 5.11) y reactivo de zirconilo en medio ácido (ver inciso 5.10).
12. 5.13 Disolución de referencia. Tomar una alícuota de 10 mL de la disolución de SPADNS (ver inciso 5.12) y aforar a 100 mL con agua. Diluir 7 mL de ácido clorhídrico concentrado (ver inciso 5.7) aforando a 10 mL con agua y agregar a la disolución de SPANDS diluido anteriormente. La disolución resultante, es usada para ajustar el punto de referencia (cero) del espectrofotómetro, la cual es estable durante un año, por lo menos.

- Método potenciométrico

14. 5.15 Cloruro de sodio (NaCl)

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

5.17 Hidróxido de sodio (NaOH)

5.18 Disolución de hidróxido de sodio (5N). Pesar aproximadamente y con precisión 20,0 g de hidróxido de sodio (ver inciso 5.17) y disolver en 100 mL de agua.

NOTA.- Esta es una reacción exotérmica. Transferir a una botella de polietileno y almacenar la disolución

5.19 Disolución amortiguadora (pH de 5,0 a 5,5). En un matraz Erlenmeyer de 1 L colocar aproximadamente 500 mL de agua, añadir 57 mL de ácido acético glacial (ver inciso 5.14), 58 g de cloruro de sodio (ver inciso 5.15) y 0,30 g de citrato de sodio dihidratado (ver inciso 5.16) (pesados aproximadamente y con precisión). Agitar la disolución para disolver y enfriar a temperatura ambiente. Ajustar el pH de la disolución entre 5,0 - 5,5 con disolución de hidróxido de sodio (5N) (ver inciso 5.18) (se requieren alrededor de 150 mL). Transferir la disolución a un matraz volumétrico de 1 L y aforar con agua.

6 RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

1. 6.1 Tomar un mínimo de 300 mL de muestra en un envase de polietileno o teflón, pueden ser muestras simples o compuestas.
2. 6.2 No se requiere de ningún tratamiento especial en campo.
3. 6.3 Mantener refrigerado a 4 °C.
4. 6.4 El tiempo máximo de almacenamiento previo al análisis es de 28 días.

7 CONTROL DE CALIDAD

7.1 Cada laboratorio que utilice este método debe operar un programa de control de calidad (CC) formal.

7.2 El laboratorio debe mantener los siguientes registros:

NMX-AA-077-SCFI-2001 10/19

NMX-AA-077-SCFI-2001 11/19

- - Los nombres y títulos de los analistas que ejecutaron los análisis y el encargado de control de calidad que verificó los análisis, y
- - Las bitácoras manuscritas del analista y del equipo en los que se contengan los siguientes datos:

a) b) c) d) e) f) g) h)

Identificación de la muestra;

Fecha del análisis;

Procedimiento cronológico utilizado;

Cantidad de muestra utilizada;

Número de muestras de control de calidad analizadas; Trazabilidad de las calibraciones de los instrumentos de medición; Evidencia de la aceptación o rechazo de los resultados, y

Además el laboratorio debe mantener la información original reportada por los equipos en disquetes o en otros respaldos de información.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

De tal

mediante el seguimiento de la información desde la recepción de la muestra hasta el resultado final.

forma que permita a un evaluador externo reconstruir cada determinación

7.3 Cada vez que se adquiriera nuevo material volumétrico debe de realizarse la verificación de la calibración de éste tomando una muestra representativa del lote adquirido.

8 CALIBRACIÓN

Se debe contar con un registro de verificación de la calibración de los equipos y materiales siguientes:

1. 8.1 Material volumétrico
2. 8.2 Balanza analítica
3. 8.3 Método espectrofotométrico
 1. 8.3.1 Espectrofotómetro. Calibrar el equipo de acuerdo a las instrucciones específicas del fabricante.
 2. 8.3.2 Preparar una serie de 4 estándares por dilución con agua a partir de la disolución patrón de fluoruro (ver inciso 5.5) y aforar a 50 mL con agua, en un intervalo de concentraciones de 0,2 mg/L – 1,0 mg/L.
 3. 8.3.3 Desarrollar el color de los estándares de acuerdo a lo indicado en el capítulo 10 y medir la absorbancia a 570 nm en celdas de 1 cm de paso óptico de luz.

NMX-AA-077-SCFI-2001 12/19

8.3.4 Graficar los valores de absorbancia obtenidos contra la concentración de las disoluciones estándar, evaluar la calidad de la curva obteniendo el coeficiente de correlación.

8.4 Método potenciométrico

8.4.1 Calibración del potenciómetro. La calibración debe hacerse antes de iniciar cualquier análisis, seguir las instrucciones específicas del fabricante del equipo, son importantes los siguientes pasos para asegurar una adecuada calibración:

1. 8.4.1.1 Preparar una serie de 4 estándares por dilución con agua a partir de la disolución patrón de fluoruro (ver inciso 5.5) y aforar a 100 mL con agua, cubriendo un intervalo de concentraciones de 0,5 mg/L – 5 mg/L.
2. 8.4.1.2 Tomar una alícuota de 50 mL de cada estándar en un vaso de polietileno de 150 mL. Añadir una alícuota de 50 mL de disolución amortiguadora. Mezclar cada disolución estándar usando un agitador magnético
3. 8.4.1.3 Sumergir el electrodo selectivo y el electrodo de referencia en cada disolución patrón la cual debe estar en agitación, iniciar con la de menor

concentración (0,5 mg F /L).

4. 8.4.1.4 Los electrodos deben permanecer en la disolución estándar por los menos 3 min o hasta que la lectura se estabilice.
5. 8.4.1.5 Graficar en papel semilogarítmico, en el eje logarítmico la concentración en mg/L de fluoruro y en el eje lineal el potencial medido de cada disolución estándar, iniciar con la de menor concentración.

9 PROCEDIMIENTO

9.1 Análisis

Si la muestra contiene cloro residual añadir una gota (0,05 mL) de arsenito de sodio (ver inciso 5.6) por cada 0,1 mg de cloro y mezclar.

9.2 Método espectrofotométrico

9.2.1 Tomar una alícuota de 50 mL de la muestra. Colocar la muestra en un tubo de 50 mL ó 100 mL con tapa. Adicionar 10 mL de la disolución Zirconilo- SPANDS (ver inciso 5.12), tapar y mezclar diez veces (es importante

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

NMX-AA-077-SCFI-2001 13/19

mezclar siempre igual todas las muestras, la de referencia y los estándares) leer inmediatamente a 570 nm.

9.2.2 Obtener la concentración de la muestra directamente de la curva. Si la absorbancia cae más allá del intervalo de la curva patrón, repetir usando una muestra diluida.

9.3 Método del electrodo ión selectivo

9.3.1 Encender el potenciómetro y estabilizarlo de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

9.3.1.1 Calibrar el potenciómetro

2. 9.3.2 Preparar una curva de calibración
3. 9.3.3 Una vez que se realizó la curva de calibración, tomar una alícuota de 50 mL en un vaso de 150 mL. Ajustar la temperatura de la muestra y la de los estándares, de preferencia a temperatura ambiente.
4. 9.3.4 Con una pipeta volumétrica, añadir 50 mL de disolución amortiguadora. Mezclar cada solución usando un agitador magnético. El volumen total debe ser suficiente para sumergir los electrodos y permitir que funcione el agitador.
5. 9.3.5 Sumergir los electrodos del potenciómetro en la disolución.
6. 9.3.6 Los electrodos deben permanecer en la disolución por los menos 3 min o hasta que la lectura se estabilice.
7. 9.3.7 Retirar los electrodos y lavarlos con agua, secarlos, realizar esta operación entre cada lectura. El secado debe hacerse suavemente, ya que puede alterar al electrodo.
8. 9.3.8 Cuando se utilice un medidor de escala expandida o un medidor selectivo de iones, recalibrar el electrodo frecuentemente, verificando la lectura del potencial del estándar de 1,0 mg/L y ajustar el control, en caso de ser necesario, hasta las condiciones iniciales.
9. 9.3.9 Si se utiliza un potenciómetro de lectura directa graficar la concentración en mg/L de fluoruros en el eje logarítmico (ordenadas) contra el potencial del electrodo de cada estándar en las abscisas,

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

10 CÁLCULOS

- Método espectrofotométrico

1. 10.1 Hacer una gráfica con los valores de la curva de calibración y obtener el coeficiente de correlación el cual debe ser mayor a 0,997.
2. 10.2 Calcular la concentración de la muestra a partir de la curva de calibración y obtener la ecuación de la recta como sigue:

donde:

m es la pendiente;
b es la ordenada al origen; y es la absorbancia, y
de la curva de calibración;

1. B es el volumen final de la muestra diluida, mL, y
2. C es el volumen de la muestra diluida utilizada para desarrollar color, mL.

- Método potenciométrico

10.4 Hacer una gráfica con los valores de la curva de calibración y obtener el coeficiente de correlación el cual debe ser mayor a 0,997.

NMX-AA-077-SCFI-2001 14/19

10.5

10.6

11

11.1

TABLA 1.-

NMX-AA-077-SCFI-2001 15/19

Calcular la concentración de la muestra por interpolación de la gráfica de la curva de calibración y obtener la ecuación de la recta de acuerdo a lo indicado en el inciso 11.2

Reportar los resultados de análisis en mg/L con la precisión correspondiente.

INTERFERENCIAS

Para eliminar las interferencias causadas por los iones indicados en la tabla 1 es necesario hacer una destilación preliminar.

Concentraciones de algunas sustancias que generan errores de 0,1 mg/L a 1,0 mg/L en los valores de fluoruros

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

	Método	Electrodo	Método	SPADNS
		Tipo de *		*
Substancia	Concentración mg/L		Concentración mg/L	
		error		Tipo de error

3				
Alcalinidad (CaCO ₃)	7 000 3,0		5 000 0,1	-
+3	20 000 5 000	+ +	7 000	+ Remueva con Arsenito
	200 50 000 50 000 50 000	--	10 1,0 16 200	+
Aluminio (Al ³⁺)				-
Cloruros (Cl ⁻)				
Cloro				
Fierro				

<p style="text-align: right;">3 6</p> <p>Hexametafosfato[NaPO])</p> <p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">-3</p> <p>Fosfatos (PO) Sulfatos</p>				
---	--	--	--	--

Dirección General de Bibliotecas UAQ

4				
-2				
(SO)				
* + error positivo - error negativo				

11.2

Cationes polivalentes de Si (IV), Fe (III) y Al (III) interfieren formando complejos estables con el ión fluoruro. Los iones hidroxilo interfieren con el electrodo. El grado de interferencia depende de la concentración de los cationes complejos, de la concentración del ion fluoruro y del pH de la muestra.

NMX-AA-077-SCFI-2001 16/19

3. 11.3 El cloro residual debe eliminarse. Concentraciones de arsenito de sodio mayor o,1
4. 11.4 Son interferencias la turbiedad y el color.
5. 11.5 A valores de pH extremos se generan interferencias, por lo que la muestra deberá estar a un pH entre 5 y 8.

12 SEGURIDAD

1. 12.1 No ha sido determinada la carcinogenicidad de todos los reactivos con precisión. Por lo que cada sustancia química debe tratarse como peligro potencial a la salud. La exposición a estas sustancias debe reducirse al menor nivel posible.
2. 12.2 Este método puede no mencionar todas las normas de seguridad asociadas con su uso. El laboratorio es responsable de mantener un ambiente de trabajo seguro y un archivo de las normas de seguridad respecto a la exposición y manejo seguro de las sustancias químicas especificadas en éste método. Debe tenerse un archivo de referencia de las hojas de información de seguridad el cual debe estar disponible a todo el personal involucrado en estos análisis.
3. 12.3 El ácido acético puede reaccionar vigorosamente con materiales oxidantes y es peligroso cuando está en contacto con el ácido crómico, peróxido de sodio y ácido nítrico.

El ácido acético también causa severa irritación en la piel. Evitar el contacto con los ojos y la piel.

4. 12.4 El hidróxido de sodio, cuando está en contacto con los ojos o la piel, puede causar severas irritaciones o quemaduras. La inhalación de vapores puede causar tos, dolor de pecho, dificultad para respirar o inconsciencia. La ingestión puede causar severas quemaduras en la boca y en el estómago.
5. 12.5 Cuando se trabaje con cualquiera de los compuestos químicos descritos en este método, debe usar todo el tiempo equipo de seguridad, tal como: batas, guantes de látex y lentes de seguridad.
6. 12.6 La disolución de arsenito de sodio es una sustancia tóxica.

13 MANEJO DE RESIDUOS

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

NMX-AA-077-SCFI-2001 17/19

Es la responsabilidad del laboratorio cumplir con todos los reglamentos federales, estatales y locales referente al manejo de residuos, particularmente las reglas de identificación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos.

1. 13.1 Cada laboratorio debe contemplar dentro de su programa de control de calidad el destino final de los residuos generados durante la determinación.
2. 13.2 Los desechos ácidos se deben neutralizar para su posterior desecho.
3. 13.3 Deben usarse bolsas de plástico para envasar los desechos. Todo el personal debe estar entrenado en el manejo de los mismos.
4. 13.4 Realizar todas las operaciones de preparación de estándares y muestras en la campana de extracción y además usar mascarillas con filtro de Carbón Activado.
5. 13.5 Las muestras líquidas que salgan con altos contenidos de fluoruros, se deben envasar en recipientes herméticos y almacenar temporalmente tomando todas las precauciones necesarias y después enviarlas al confinamiento de residuos peligrosos.
6. 13.6 Todas las muestras que cumplan con la Norma de descarga a alcantarillado pueden descargarse en el mismo sistema.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

14 BIBLIOGRAFÍA

NOM-001-ECOL-1996

NOM-008-SCFI-1993

NMX-AA-003-1980

NMX-AA-008-SCFI-2000

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997.

Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de octubre de 1993.

Aguas residuales - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.

Análisis de agua – Determinación del pH – Método de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de diciembre de 2000.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

NMX-AA-014-1980

NMX-AA-089/1-1986

NMX-AA-115-SCFI-2001

NMX-AA-116-SCFI-2001

Cuerpos receptores - Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de septiembre de 1980.

Protección al ambiente - Calidad del agua - Vocabulario - Parte 1. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986.

Análisis de agua - Criterios generales para el control de la calidad de resultados analíticos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2001.

Análisis de agua - Guía de solicitud para la presentación de métodos alternos. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2001.

Method D-1179-93, "Fluoride ion in Water", American Society for Testing and Materials, vol. 11.01, 1994, 547 -551.

Method 340.2, "Potenciometric, Ion Selective Electrode", Manual of Methods for Chemical Analysis of Water and Waste, Environmental Protection Agency, U.S., 1983.

Methods for the Examination of water and Wastewater", America Public Health Association, Washington, DC 20005, 19th Edition., 1995, pp. 4- 59 a 4-64.

Method 01-1120, "Automated Method for the Analysis of Fluoride in Surface, Ground and Waste Waters using Ion Selective Electrode", Methods Analytical of Canada, 1995, pp. 1-21

Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989.

15 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

MÉXICO D.F., A DIRECTOR GENERAL DE NORMAS

NMX-AA-077-SCFI-2001 18/19

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

JADS/AFO/DLR/MRG

MIGUEL AGUILAR ROMO

NMX-AA-077-SCFI-2001 19/19

NMX-AA-077-SCFI-2001

ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE FLUORUROS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS (CANCELA A LA NMX-AA-077-1982)

WATERS ANALYSIS - DETERMINATION OF FLUORIDE IN NATURAL, WASTEWATERS AND WASTEWATERS TREATED - TEST METHOD

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

PREFACIO

En la elaboración de la presente norma mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- - CASA ROCAS, S.A. DE C.V.
 - - CENTRO DE SERVICIOS QUÍMICOS DE AGUASCALIENTES
 - - CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA
 - - COMISIÓN ESTATAL DE AGUA Y SANEAMIENTO
 - - COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
 - - COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
 - - COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE
 - - CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES
 - - FISHER SCIENTIFIC MEXICANA, S.A. DE C.V.
 - - GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica; Dirección General de Normatividad y Apoyo Técnico.
 - - INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA

NMX-AA-077-SCFI-2001

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

- - INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
- - INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES Campus Monterrey.
- - LABORATORIO DE ECOLOGÍA INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- - LABORATORIO DE PEMEX PERFORACIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS
- - LABORATORIO DE QUÍMICA DEL MEDIO E INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- - LABORATORIO IDECA, S.A. DE C.V.

- - LABORATORIO QUÍMICO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- - LABORATORIOS ABC QUÍMICA, INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS, S.A. DE C.V.
- - MERCK- MÉXICO, S.A. DE C.V.
- - NOVAMANN, S.A. DE C.V. Laboratorio Control Químico.
- - PERKIN ELMER DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- - PETROQUÍMICA CANGREJERA, S.A. DE C.V.
- - PETROQUÍMICA MORELOS, S.A. DE C.V.

NMX-AA-077-SCFI-2001

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

- - PETROQUÍMICA PAJARITOS, S.A. DE C.V.
- - PROTECCIÓN AMBIENTAL Y ECOLOGÍA, S.A. DE C.V.
- - SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- - SECRETARÍA DE SALUD
- - SERVICIOS AMBIENTALES MULTIPLES E INGENIERÍA, S.A. DE C.V.
- - SERVICIOS DE INGENIERÍA Y CONSULTORÍA AMBIENTAL, S.A. DE C.V.
- - SISTEMA INTERMUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
- - UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
- - UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA Unidad Azcapotzalco.
- - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Facultad de Química;

Instituto de Geofísica; Instituto de Ingeniería.

- - VARIAN, S.A. DE C.V.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Número del capítulo

Página

NMX-AA-077-SCFI-2001

SECRETARÍA DE ECONOMÍA

1. 0 Introducción 1
2. 1 Objetivo y campo de aplicación 1
3. 2 Principio del método 2
4. 3 Definiciones 3
5. 4 Equipo y materiales 7
6. 5 Reactivos y patrones 8
7. 6 Recolección, preservación y almacenamiento de muestras 11
8. 7 Control de calidad 11
9. 8 Calibración 12
10. 9 Procedimiento 13
11. 10 Cálculos 14
12. 11 Interferencias 15
13. 12 Seguridad 16

- 14. 13 Manejo de residuos 17
- 15. 14 Bibliografía 18
- 16. 15 Concordancia con normas internacionales 19

Anexo VII.

Certificado de finalización

La Oficina para Investigaciones Extrainstitucionales de los Institutos Nacionales de Salud (NIH) certifica que **MARA MILLA** ha finalizado con éxito el curso de capacitación de NIH a través de Internet “Protección de los participantes humanos de la investigación”.

Fecha de finalización: 10/02/2017

Número de certificación: 390705

Dirección General de Bibliotecas UAQ