

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**INFLUENCIA DEL AMBIENTE SOBRE EL DESARROLLO EN NIÑOS RESIDENTES
EN LA ZONA METROPOLITANA DE SAN LUIS POTOSÍ.**

PRESENTA:

M.S.P. JAZMÍN LIZZETH VÁZQUEZ MEDINA

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. JAQUELINE CALDERÓN HERNÁNDEZ

ASESORES:

DR. ISRAEL RAZO SOTO

DRA. MARÍA ELENA NAVARRO CALVILLO

ENERO 2019

CRÉDITOS INSTITUCIONALES

PROYECTO REALIZADO EN:

**COORDINACIÓN PARA LA INNOVACIÓN Y APLICACIÓN DE LA CIENCIA Y LA
TECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

CON FINANCIAMIENTO DE:

**FONDO SECTORIAL DE INVESTIGACIÓN EN SALUD Y SEGURIDAD SOCIAL
SS/IMSS/ISSSTE-CONACYT [PROYECTO 00000266815] Y DEL FAI [UASLP-2015].**

A TRAVÉS DEL PROYECTO DENOMINADO:

**PROGRAMA METROPOLITANO PARA LA VIGILANCIA Y PROMOCIÓN DE LA
SALUD MENTAL INFANTIL**

AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS

Becario No. 372206

**EL DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO ATRAVÉS
DEL PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**

A mis padres Ignacio y Graciela, por todo el apoyo y amor brindado,

A mi esposo Jesús, compañero de vida, y

Dedicado con todo mi amor a mis hijas Ximenita y Danielita

Agradecimientos

A Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida, de realización personal y profesional.

A mi familia que siempre estuvo detrás alentándome y apoyándome.

A mi esposo e hijas, por su amor brindado.

A la Dra. Jaqueline Calderón Hernández por ser mi guía en este largo proceso de crecimiento, por tu paciencia y comprensión, me llevo tu amistad y tus consejos.

A mi comité tutelar, Dr. Israel Razo Soto y Dra. María Elena Navarro Calvillo por darme parte de su tiempo para asesorarme y brindarme sus comentarios certeros.

A la Dra. Liliana Valdez Jiménez y la Dra. Ana Cristina Cubillas Tejeda, por aceptar participar en mi proyecto de tesis y brindarme sus consejos y conocimientos.

A mis compañeras de trabajo, Laura y Analí, gracias por su apoyo, acompañamiento y amistad. Me llevo gratos recuerdos de Uds. Al equipo de psicólogos Efraín y Héctor por su apoyo en mi proyecto de tesis.

A la escuela primaria Leona Vicario, por abrir sus puertas para llevar a cabo nuestra intervención, a la maestra Laura por su confianza y apoyo.

A los padres de familia que acompañaron a sus hijos hasta el último momento de la intervención.

A los niños del grupo de 2º A ciclo escolar 2015-2016. Sin Uds. no habríamos aprendido tantas cosas.

A todos los profesores y administrativos integrantes del PMPCA, con los que tuve oportunidad de aprender en sus clases.

A la Secretaria de Educación Pública, por permitir llevar a cabo el proyecto con preescolares, a las directoras que accedieron a participar y las madres de familia que confiaron en el equipo de trabajo.

Resumen

Influencia del ambiente sobre el desarrollo cognitivo en niños residentes en la zona metropolitana de San Luis Potosí.

M.S.P. Jazmín Lizzeth Vázquez Medina, Dra. Jaqueline Calderón Hernández, Dr. Israel Razo Soto, Dra. María Elena Navarro Calvillo

Múltiples factores de riesgo tanto de origen ambiental, como social influyen de manera negativa en la salud infantil. El desarrollo cognitivo y socioemocional es particularmente susceptible a las amenazas del entorno. Este trabajo de investigación aborda este tema en tres capítulos. El primer capítulo presenta información sobre la contribución de la exposición a factores ambientales y sociales en el desarrollo cognitivo. En el segundo capítulo se presenta la descripción y resultados de un programa de intervención cognitiva dirigida a niños de segundo de primaria viviendo en zonas de alto riesgo por exposición a flúor (F), marginación y baja calidad de la educación en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí (ZMSLP), con el objetivo de evaluar el impacto que tiene un programa de intervención en matemáticas en el desarrollo cognitivo; en el tercer capítulo se presenta la descripción y resultados de una evaluación de salud mental infantil y materna de una muestra representativa de niños preescolares de la ZMSLP, el objetivo de esta evaluación era integrar información de los dominios cognitivo, emocional y conductual para identificar zonas prioritarias de intervención.

Dentro de los principales resultados de este trabajo, se encontró que la población infantil continúa expuesta al F a través del agua de consumo y estos niveles han aumentado. Por otro lado, la incorporación de intervenciones cognitivas a largo plazo pueden ser estrategias aplicadas para mitigar el impacto de los factores de riesgo prevenibles o modificables. Además de la alta prevalencia de niños preescolares con dificultades socioemocionales en edades tempranas. En conclusión, la salud infantil es susceptible a la gran desigualdad social, económica, y ambiental que existe; se deben considerar estrategias de intervención de abordaje integral para mejorar el ambiente donde vive la población, iniciando a edades tempranas aprovechando las ventanas de oportunidad que existen.

Palabras clave: intervención; exposición ambiental; flúor; desarrollo cognitivo y emocional; infancia.

Abstract

Environmental influence on the development of children living in San Luis Potosí metropolitan area.

Jazmín Lizzeth Vázquez Medina, Dra. Jaqueline Calderón Hernández, Dr. Israel Razo Soto,
Dra. María Elena Navarro Calvillo

Multiple risk factors of both environmental origin and social influence in a negative way on children's health. Cognitive and socio-emotional development is particularly susceptible to environmental threats. This research work addresses this topic in three chapters. The first chapter presents information on the contribution of exposure to environmental and social factors in cognitive development. The second chapter presents the description and results of a cognitive intervention program aimed at second year primary school children in high risk areas due to fluoride (F) exposure, marginalization and poor quality of education in the San Luis Potosi Metropolitan Area (ZMSLP), with the objective of evaluating the impact that a program of intervention in mathematics has on cognitive development; In the third chapter, the description and results of an evaluation of infant mental health and motherhood of a representative sample of preschool children of the ZMSLP, the objective of this evaluation was the information of the cognitive, emotional and behavioral domains to identify priority intervention areas.

Within the main results of this work, it has been found that the infant population is exposed to F through drinking water and these levels have increased. On the other hand, the incorporation of cognitive activities in the long term can be applied strategies to mitigate the impact of preventable or modifiable risk factors. In addition to the high prevalence of children with social-emotional difficulties at early ages. In conclusion, children's health is susceptible to the great social, economic, and environmental inequality that exists; Intervention strategies should be considered to improve the environment where the population lives, starting at an early age taking advantage of the windows of opportunity that exist.

Keywords: intervention; environmental exposure; fluoride; cognitive and emotional development; childhood.

Índice

Introducción.....	11
CAPÍTULO I	
Identificación de zonas de riesgo por exposición ambiental a flúor, marginación y calidad de la educación en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí.....	14
1.1. Introducción.....	14
1.2. Objetivo.....	14
1.3. Metodología.....	14
1.3.1. Procedimiento de recolección de datos.....	15
1.4. Resultados.....	16
1.5. Conclusión.....	21
CAPÍTULO II	
Diseño e instrumentación del programa de intervención cognitiva en niños que asisten a segundo de primaria en la escuela Leona Vicario ubicada en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí, México.....	22
2.1. Objetivo.....	22
2.2. Metodología.....	22
2.2.1. Procedimiento de recolección de datos.....	23
2.2.2. Instrumentos.....	23
2.2.3. Procedimiento del programa de intervención.....	25
2.3. Análisis estadístico.....	27
2.4. Resultados.....	27
2.5. Conclusiones.....	34
CAPÍTULO III	
Evaluación de la salud mental en prescolares de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí.....	35
3.1. Objetivo.....	35
3.2. Metodología.....	35

3.2.1. Población en riesgo.....	35
3.2.2. Población de estudio.....	36
3.2.3. Descripción de las etapas del proyecto.....	37
3.2.4. Procedimientos.....	38
3.2.5. Instrumentos.....	38
3.3. Análisis estadístico.....	41
3.4. Resultados.....	41
3.5. Conclusión.....	47
Conclusión general.....	47
Bibliografía.....	50
Anexos	
Anexo A.....	61
Anexo B.....	63
Anexo C.....	83

Índice de Tablas

Tabla 1. Características de los niños participantes en el programa.....	28
Tabla 2. Comparación de la evaluación cognitiva pre y post-intervención, estratificado de acuerdo al grado de fluorosis dental.....	30
Tabla 3. Comparación del desempeño matemático de los grupos estratificados por grado de fluorosis dental pre y post-intervención.....	33
Tabla 4. Distribución de los Índices de la escala de inteligencia de Wechsler para preescolar (WPPSI-III) en la ZMSLP.....	41
Tabla 5. Resultado de los ejes de desarrollo evaluados con la prueba de Desarrollo Infantil (EDI-II) en niños preescolares de la ZMSLP.....	42
Tabla 6. Resultados de las áreas de desarrollo evaluadas con la prueba de Desarrollo infantil (EDI-II) en niños preescolares de la ZMSLP.....	43
Tabla 7. Dificultades conductuales en niños de la ZMSLP evaluadas con el cuestionario de Capacidades y Dificultades (SDQ-P).....	44
Tabla 8. Nivel de ansiedad de cuidadores de preescolares de la ZMSLP evaluada con la Escala de Ansiedad Manifiesta para Adultos (AMAS).....	45
Tabla 9. Nivel de depresión de los cuidadores de preescolares de la ZMSLP evaluada con el Inventario de Depresión de Beck (BDI-II).....	45
Tabla 10. Clasificación de la función familiar de acuerdo al APGAR familiar en cuidadores de población preescolar de la ZMSLP.....	46

Índice de Figuras.

Figura 1. Concentración de F en agua de pozos en la ZMPSLP según datos de COEPRIS, 2013.....	16
Figura 2. Grado de marginación urbana por AGEB, 2010. Zona Metropolitana de San Luis Potosí.....	18
Figura 3. Distribución de las escuelas primarias públicas de acuerdo a su nivel de desempeño académico en matemáticas según datos de la prueba ENLACE 2013.....	19
Figura 4. Mapa de zonas de riesgo social y ambiental en la ZMSLP.....	20
Figura 5. Índice de Capacidad General de acuerdo al grado de fluorosis dental pre y post-intervención.....	31
Figura 6. Preescolares públicos de la ZMSLP de acuerdo al grado de marginación por AGEB urbana.....	36
Figura 7. Muestra representativa de preescolares públicos de la ZMSLP en diferentes grados de marginación por AGEB urbana.....	37

Introducción

El desarrollo infantil es un proceso dinámico que implica la interrelación de dos dominios inseparables: el desarrollo físico y el desarrollo psicosocial; el desarrollo psicosocial incluye a lo cognitivo, lo social y lo emocional del niño. El término cognitivo se refiere al uso del conocimiento e incluye una variedad de funciones mentales como la memoria, atención, aprendizaje, percepción, lenguaje y capacidad para solucionar problemas; el desarrollo de estas habilidades está relacionado a la maduración del sistema nervioso central (Roselli, Matute, & Ardila, 2010). El desarrollo óptimo de estas habilidades es esencial para el aprendizaje y el éxito educativo e incluso pueden definir el futuro académico, económico y de salud en la edad adulta. Cualquier interferencia en estos dominios puede tener repercusiones a lo largo de la vida.

Desde la formación del sistema nervioso central (neurogénesis) que se lleva a cabo durante las primeras 20 semanas de gestación y durante su crecimiento y maduración, el cual culmina iniciada la adultez (Roselli et al., 2010); el cerebro inmaduro esta susceptible de recibir estímulos del ambiente. La contaminación natural por F es uno de los principales desafíos de salud pública ambiental ya que millones de personas están expuestas continuamente a niveles superiores a los establecidos a través de las Normas Oficiales de la Secretaría de Salud (NOM-041, 1994; NOM-127, 2000).

Existe suficiente evidencia del potencial neurotóxico del F que atraviesa la barrera placentaria y hematoencefálica y se acumula en el cerebro en desarrollo (Malhotra, Tewari, Chawla, Gauba, & Dhall, 1993). El interés sobre los efectos relacionados con el potencial neurotóxico del F ha crecido de manera significativa desde el reporte sobre toxicidad realizado por el

National Research Council en 2006 (NRC- por sus siglas en inglés); más de 300 estudios experimentales y epidemiológicos respaldan la evidencia de la neurotoxicidad del F (NRC, 2006). Desde la década de los 90's se han realizado diversos estudios sobre el F y la disminución de la inteligencia (Choi, Sun, Zhang, & Grandjean, 2012; Khan et al., 2015; Li, Zhi, & Gao, 1995; Lu et al., 2000; Purpura, Schmitt, & Ganley, 2017; Saxena, Sahay, & Goel, 2012; Tang, Du, Ma, Jiang, & Zhou, 2008; Trivedi, Verma, Chinoy, Patel, & Sathawara, 2007; Xiang et al., 2003; Zhao, Liang, Zhang, & Wu, 1996). Estudios realizados en México, reportan resultados similares sobre asociación del F y la disminución del Coeficiente Intelectual (CI), así como impacto en la memoria a corto plazo y aumento en los tiempos de reacción (Calderón, Machado, Navarro, Carrizalez, & Díaz-Barriga, 2000; Rocha-Amador et al., 2009; Rocha-Amador, Navarro, Carrizales, Morales, & Calderón, 2007). Evidencia reciente sugiere que estas alteraciones podrían comenzar en etapas tempranas de la vida prenatal (Bashash et al., 2017; Valdez Jiménez et al., 2017). La exposición a F en niños residentes en zonas con hidrofluorosis endémica continúa en la etapa posnatal a través de la fórmula láctea preparada con agua contaminada con flúor y/o a través de la leche materna; y en etapas posteriores con el consumo de agua y alimentos preparados con agua contaminada con F; esta exposición crónica repercute de manera negativa en el desarrollo cognitivo (Rocha-Amador, Valdéz Jiménez, & Calderón, 2018).

Por otro lado, hay evidencia de factores sociales que comprometen el desarrollo cognitivo en la población infantil, entre ellos la marginación y la pobreza, (Barreto, 2004; Barreto et al., 2012; Bradley & Corwyn, 2002; Chin-Lun Hung et al., 2015; Evans, 2004; Faisal Ghazi, Isa, Aljunid, Shah, & Abdalqader, 2013; Fernald, Kariger, Hidrobo, & Gertler, 2012; Ghazi et al., 2012; Hanushek & Woessmann, 2007; Reynolds, Temple, Robertson, & Mann, 2001).

En México uno de cada dos niños crece en condiciones de pobreza; es decir casi 20 millones de habitantes menores de 18 años están en riesgo (INEGI, 2016). Se sabe que los niños que crecen en familias con desventajas sociales y económicas presentan déficits en su desarrollo cognitivo y emocional que persisten hasta la vida adulta (Forns et al., 2012; Heikura et al., 2008; Ruijsbroek et al., 2011). Por otro lado, la calidad de la educación influye en el desarrollo cognitivo (Manly, Jacobs, Touradji, Small, & Stern, 2002). Recibir una educación de escasa calidad es lo mismo que no recibir educación alguna (UNICEF, 2018).

Adicional a los factores mencionados anteriormente; las actividades en el hogar, las características del hogar, y las prácticas de crianza de los padres pueden contribuir con el desarrollo infantil. Tener menos ambientes estimulantes, deficientes relaciones e interacciones intrafamiliares, baja calidad del ambiente familiar en el hogar, menor preparación escolar de los padres, exposición a violencia, trauma, abandono, estrés crónico, angustia, excesiva exposición a televisión, teléfonos móviles y tablets, son amenazas que impactan negativamente en el desarrollo cognitivo (Conger & Donnellan, 2007; Delaney-Black et al., 2002; Grant et al., 2003; Hoff, Laursen, Tardif, & Bornstein, 2002; Molfese, Modglin, & Molfese, 2003; Schmidt & Vandewater, 2008; Warsito, Khomsan, Hernawati, & Anwar, 2012). Por lo tanto se requieren estrategias de investigación que integren métodos para abordar la influencia compleja entre la salud y el ambiente.

CAPÍTULO I. Identificación de zonas de riesgo por exposición ambiental a flúor, marginación y calidad de la educación en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí.

1.1 Introducción

En los escenarios urbanos convergen diversos riesgos sociales y ambientales y estos pueden ser acumulables. En la ZMSLP la exposición crónica al F aunada a la marginación y la baja calidad educativa prevalecen como factores de riesgo que pudieran contribuir con deprimir el desarrollo cognitivo en niños.

1.2 Objetivo:

Identificar zonas de riesgo social y ambiental en la ZMSLP a través de la integración de información económica, ambiental y calidad educativa para seleccionar el sitio donde se llevará cabo la intervención.

1.3 Metodología

Se integró información georeferenciada de las siguientes variables: a) concentración de flúor en pozos de la red de distribución de agua potable que surten el vital líquido para uso y consumo humano en la ZMSLP, b) índice de marginación urbana del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2012) que es un insumo para diagnosticar las desigualdades socioeconómicas y espaciales que existen en nuestro país y se obtiene tomando indicadores de educación, vivienda, distribución de la población e ingresos por trabajo, y c) resultados de la evaluación de desempeño académico ENLACE 2013, que evalúa los conocimientos y las habilidades de los estudiantes en las asignaturas de Matemáticas y Español de las escuelas primarias públicas de la zona metropolitana.

1.3.1 Procedimiento de recolección de datos:

a) Niveles de F de los pozos de agua potable en la ZMSLP (figura 1).

Se obtuvo información de ubicación de cada uno de los pozos de agua potable monitoreados a cargo de la Comisión Estatal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COEPRIS), posteriormente con las direcciones se procedió a ubicar y obtener en un mapa de Google cada una de las coordenadas geográficas. Los pozos se clasificaron de acuerdo a la concentración de F en agua de acuerdo a la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994; en valores dentro de la norma o superiores.

b) Índice de Marginación Urbana del Consejo Nacional de Población (figura 2).

Se obtuvo el índice de marginación urbana por AGEB. Este mapa se obtuvo de la página oficial de CONAPO (CONAPO, 2012).

c) Distribución espacial de escuelas primarias públicas categorizadas de acuerdo a los resultados de la evaluación de desempeño académico ENLACE 2013 (figura 3).

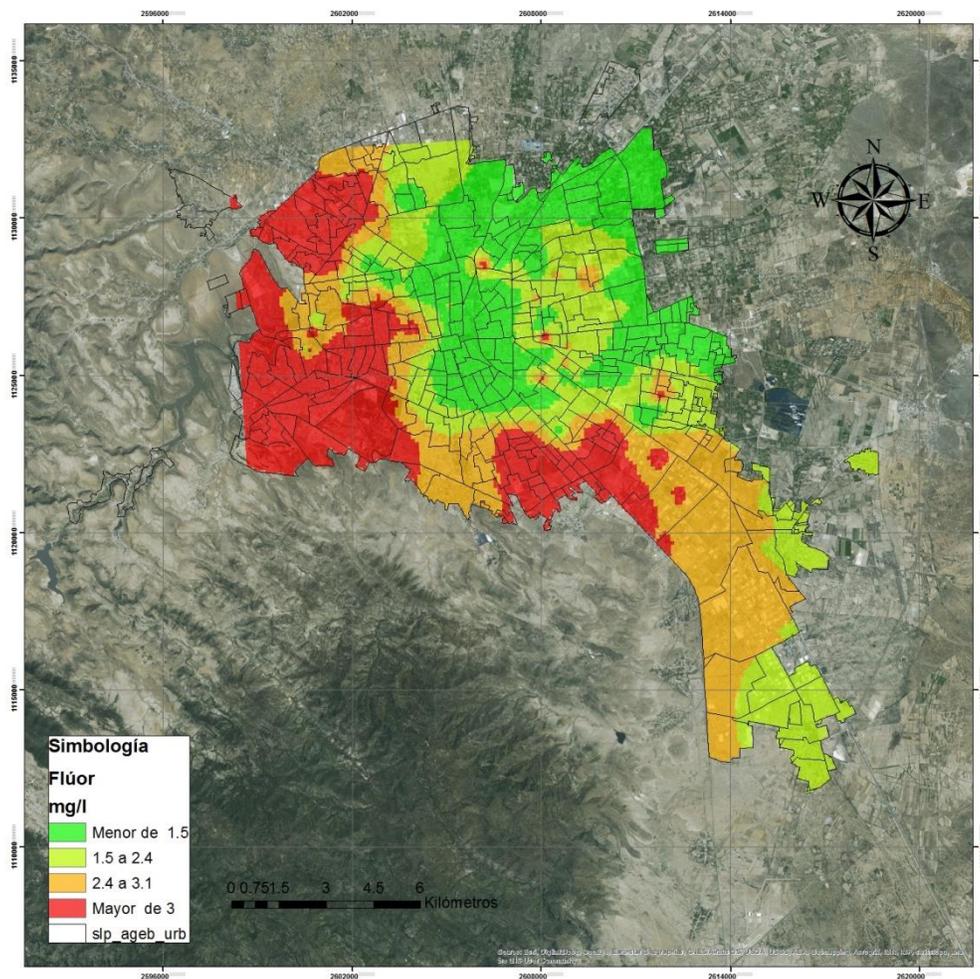
De los resultados de la prueba ENLACE 2013 se obtuvo información del desempeño en matemáticas de cada escuela primaria; incluyendo cuatro categorías: excelente, bien, elemental e insuficiente.

Toda la información fue integrada en un solo mapa (figura 4) que se realizó en el software ArcGis. A partir de este mapa, se procedió a identificar el lugar de estudio.

1.4 Resultados

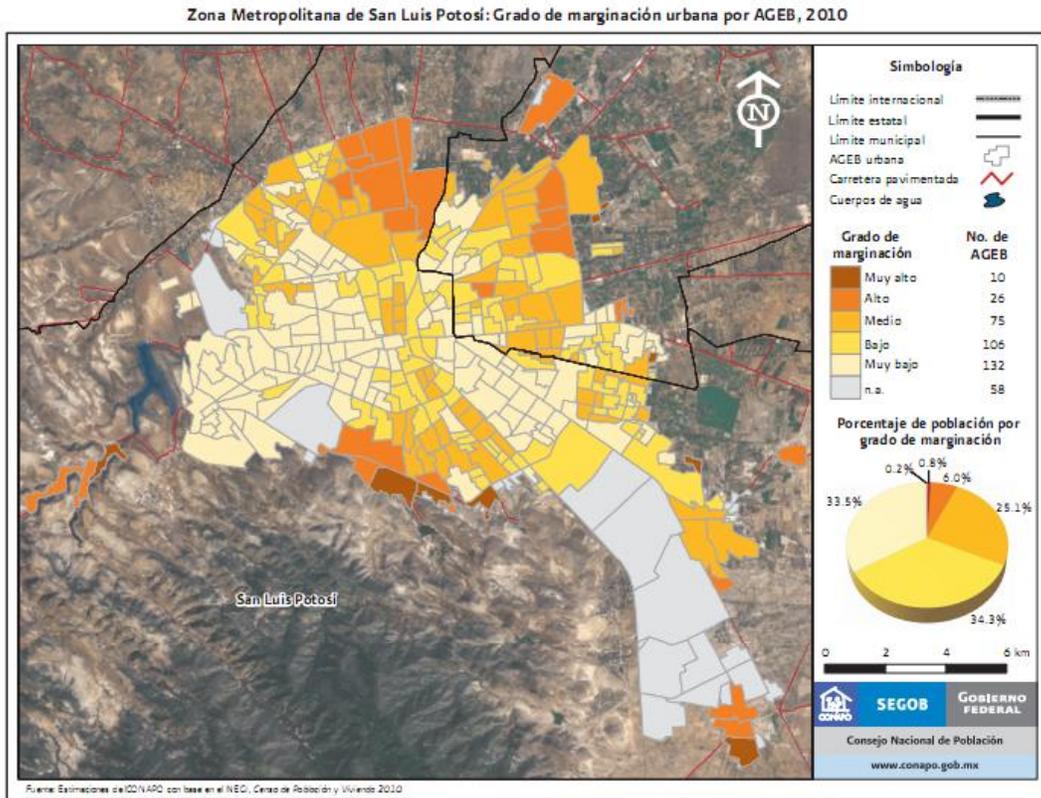
En la figura 1 se reporta la concentración de F en agua de pozos en la ZMSLP según datos de COEPRIS 2013; en la figura 2 se presenta el mapa de marginación urbana según datos de CONAPO (CONAPO, 2012) y en la figura 3 se muestra la distribución de las escuelas primarias públicas de acuerdo a su nivel de desempeño académico según datos de la prueba ENLACE 2013.

Figura 1. Concentración de F en agua de pozos en la ZMSLP según datos de COEPRIS 2013.



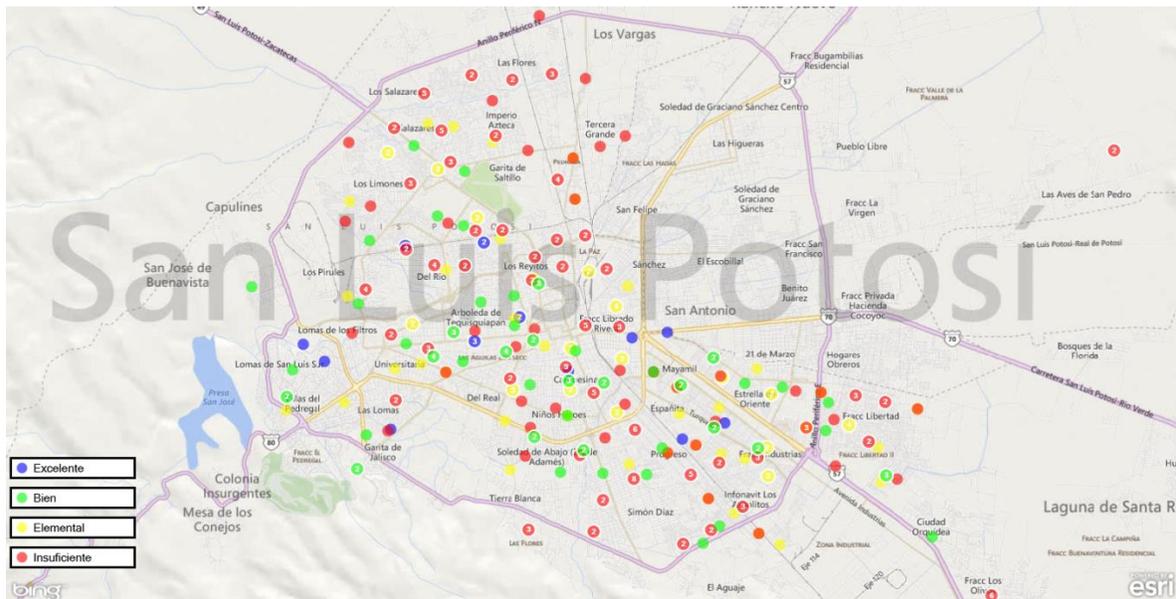
La ZMSLP está localizada en un área donde el agua potable contiene cantidades excesivas de flúor en forma natural. En 2013, según el monitoreo de niveles de flúor en las fuentes de abastecimiento que hace la Secretaría de Salud, en la ZMSLP se encontraron concentraciones de flúor en el agua de los pozos desde 0.04 mg/L hasta 5.54mg/L, de los cuales el 65.2% de los pozos monitoreados sobrepasaron el límite máximo permisible para F que establece la modificación a la NOM-127-SSA1-1994 (NOM-127, 2000) y el 84.3% de los pozos monitoreados tuvieron concentraciones de F mayores a 0.7 mg/L, valor límite recomendado para México en la NOM-041-SSA1-1993 (NOM-041, 1994). El 60% de los niños en edad escolar presenta fluorosis dental; que es un indicador de exposición crónica a flúor (Betancourt-Linares, Irigoyen-Camacho María Esther, Mejía-González, Zepeda-Zepeda, & Sánchez-Pérez, 2013).

Figura 2. Grado de marginación urbana por AGEB. Zona Metropolitana de San Luis Potosí.



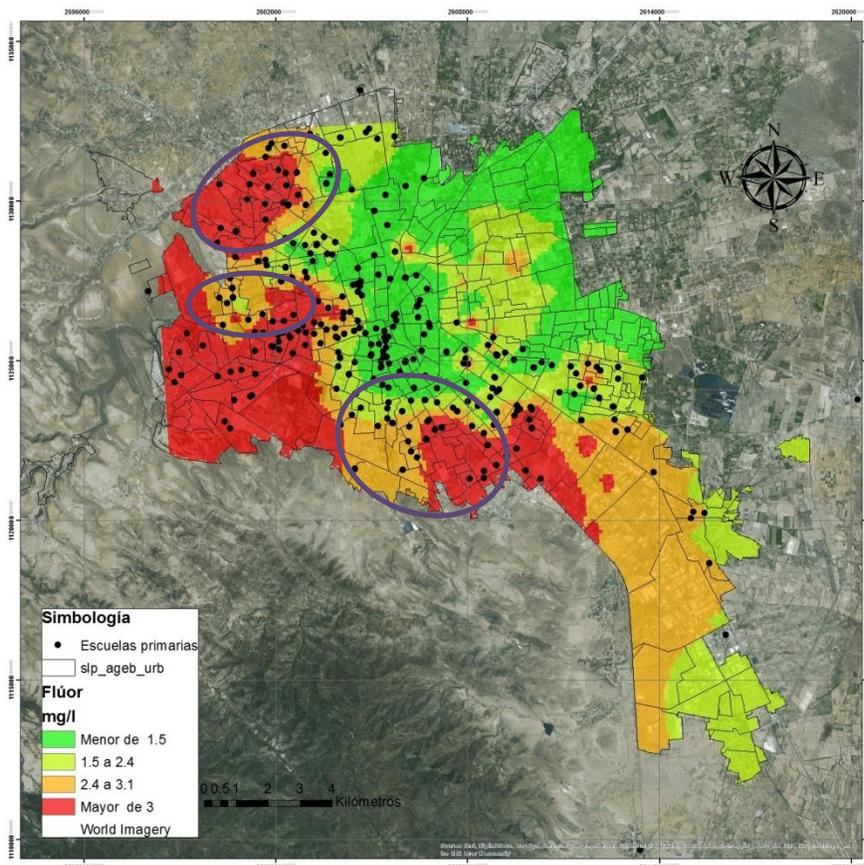
En la ZMSLP el 32.1% de la población vive en condiciones de marginación media y alta (CONEVAL, 2016). El 45.5% del total de la población vive en pobreza; del 1.1 millón de personas que habitan la zona, el 34.1% es menor de 18 años (INEGI, 2015).

Figura 3. Distribución de las escuelas primarias públicas de acuerdo a su nivel de desempeño académico en matemáticas según datos de la prueba ENLACE 2013.



Respecto a la baja calidad de la educación, en la ZMSLP hay un total de 367 escuelas primarias públicas, el 54.5% de ellas tiene un nivel de desempeño académico en matemáticas insuficiente de acuerdo a resultados de la prueba ENLACE 2013, esto quiere decir que los alumnos no tenían los conocimientos elementales para su grado escolar, sino que necesitaban adquirirlos. Datos más recientes del Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (PLANEA) informó que el 76.9% de los niños de la ZMSLP no tenían competencia en matemáticas acorde a su grado escolar (INEE, 2015).

Figura 4. Mapa de zonas de riesgo social y ambiental en la ZMSLP



A partir de esta información invitamos a escuelas primarias a participar en el programa de intervención. Los requisitos eran: a) que la escuela se encontrara ubicada en una zona con concentraciones de flúor en los pozos de agua potable por arriba del valor de referencia que marca la OMS (1.5 mg/L); b) que estuviera ubicada en una zona categorizada con algún grado de marginación entre medio y alto; c) que además la escuela tuviera bajo desempeño académico en el área de matemáticas valorado a través de los resultados de la prueba ENLACE 2013 y d) que hubiera disposición de parte de las autoridades.

1.5. Conclusión

En la ZMSLP se encontraron tres grandes zonas de riesgo donde se conjugan factores sociales y ambientales que amenazan a la población infantil: altas concentraciones de F en los pozos de agua potable, población viviendo con algún grado de marginación entre medio y alto, y escuelas primarias con baja calidad educativa. La población residente en esas zonas es más propensa a vivir situaciones de desventaja social como violencia, pandillerismo, desnutrición, abandono, etc. La escuela seleccionada fue la primaria Leona Vicario, con clave 24DPR2975B y domicilio en Paseo de los Colorines 98, San Luis Potosí, S.L.P.

CAPÍTULO II. Diseño e instrumentación del programa de intervención cognitiva en niños que asisten a segundo de primaria en la escuela Leona Vicario ubicada en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí, México.

2.1 Objetivo:

Diseñar e instrumentar una intervención educativa para mejorar las habilidades cognitivas a través del dominio de las matemáticas en un grupo de escolares con alto riesgo social y ambiental en la zona metropolitana de San Luis Potosí.

2.2 Metodología

Se inició la gestión con las autoridades educativas para autorizar que se llevara a cabo la intervención, seguido de una reunión informativa con los padres de familia en la que se explicó detalladamente la duración y contenido del programa de intervención, así como la participación tanto de ellos como de sus hijos en el programa. De esta forma los padres de familia interesados en que sus hijos formaran parte de la investigación firmaron el consentimiento informado de participación (Anexo A). El programa de intervención de esta investigación se dirigió a niños y niñas que estuvieran cursando el segundo grado de primaria. El cien por ciento de la población elegible consintió en participar.

La estrategia de intervención incluyó dos aspectos. 1) Informar a los padres y madres de los niños sobre los riesgos a la salud asociados a la exposición al flúor y estrategias de prevención de la exposición. 2) Instrumentar durante 12 meses el programa de intervención basado en el dominio de las matemáticas como estrategia para mejorar las habilidades cognitivas.

Se seleccionó la habilidad matemática, porque hay antecedentes del impacto del flúor en la organización visoespacial, la memoria y la atención los cuales son componentes involucrados en el aprendizaje de las matemáticas y en la reducción del coeficiente intelectual en niños expuestos crónicamente a este elemento (Rocha-Amador et al., 2009).

2.2.1 Procedimientos de Recolección de datos.

A todos los participantes se les aplicó una serie de evaluaciones previas al inicio del programa (marzo-abril 2015) y posteriores al programa de intervención (mayo-junio 2016); incluyó una evaluación cognitiva que fue llevada a cabo por un psicólogo capacitado, fue aplicada de forma individual en un aula del centro escolar, una evaluación diagnóstica de matemáticas de una metodología validada para conocer el nivel de habilidad matemática, y una evaluación de fluorosis dental que fue realizada por un médico estomatólogo.

2.2.2 Instrumentos

Evaluación del nivel socioeconómico. Se aplicó el cuestionario AMAI 8x7 para conocer el nivel socioeconómico (NSE) de los participantes. Este cuestionario mide el nivel de qué tan satisfechas están las necesidades más importantes del hogar, se obtiene un índice que clasifica a los hogares en siete niveles (A/B, C+, C, C-, D+, D y E), considerando ocho características o posesiones del hogar y la escolaridad de la persona que más aporta al gasto. Las ocho variables son: escolaridad del jefe del hogar o persona que más aporta al gasto, número de habitaciones, número de baños completos, número de focos, número de autos, posesión de regadera, posesión de estufa y tipo de piso. En este estudio se distribuyeron estos niveles en tres categorías de NSE: Alto (A/B y C+), Medio (C, C- y D+) y Bajo (D y E).

Evaluación cognitiva. Para evaluar la capacidad intelectual general de cada participante se utilizó la Escala Wechsler de Inteligencia para Niños (WISC-IV) versión revisada y estandarizada para población mexicana (David Wechsler, 2007). Este test está conformado por diez subpruebas esenciales (Semejanzas, Vocabulario, Comprensión, Diseño con cubos, Conceptos con dibujos, Matrices, Retención de dígitos, Sucesión de números y letras, Claves, Búsqueda de símbolos) y cuatro complementarias (Palabras en contexto, Figuras incompletas, Aritmética, Registros). Con este test se obtuvo la medida del Índice de Capacidad General (ICG) integrado por las subpruebas que constituyen el Índice de Comprensión verbal (ICV) y el Índice de Razonamiento perceptual (IRP). El ICV expresa habilidades de formación de conceptos verbales, expresión de relaciones entre conceptos, riqueza y precisión en la definición de vocablos, comprensión social, juicio práctico, conocimientos adquiridos y agilidad e intuición verbal; y el IRP expresa habilidades prácticas constructivas, formación y clasificación de conceptos no-verbales, análisis visual y procesamiento simultáneo. También se obtuvo el Índice de Memoria de trabajo (IMT) que analiza la capacidad de retención y almacenamiento de información, de operar mentalmente con esta información, transformarla y generar nueva información. El rango promedio de referencia de estos índices es de 85 a 115 puntos (Flanagan & Kaufman, 2012).

Evaluación diagnóstica de matemáticas. Para valorar el nivel de habilidad matemática de cada participante, se aplicó un test cuyo contenido era acorde a los estándares curriculares que marca la Secretaría de Educación Pública (SEP); con los resultados de esta prueba se ubicó a cada participante en el nivel de dominio de las matemáticas.

Evaluación escolar de la materia de matemáticas. Se obtuvieron las calificaciones escolares bimestrales de la materia de matemáticas desde el inicio del programa para evaluar el

desempeño académico de los alumnos. En base a estas calificaciones se determinó el desempeño académico base del alumno considerando que 10 puntos = excelente, 9 y 8 puntos = bueno, 7 puntos = regular y 6 puntos = bajo.

Evaluación de la fluorosis dental. Para diagnosticar el grado de fluorosis dental, se realizó un examen diagnóstico de la cavidad bucal empleando el Índice de Dean Modificado. Para este estudio se tomó en cuenta la valoración clínica de los cuatro incisivos centrales superiores de cada participante. Este índice consta de los siguientes grados: “Normal” cuando la superficie del esmalte es suave, brillante y habitualmente de color blanco-cremoso pálido. “Muy leve” cuando existen pequeñas zonas blancas como papel y opacas, dispersas irregularmente en el diente, pero que afectan a menos de 25% de la superficie dental labial. “Leve” cuando la opacidad blanca del esmalte es mayor que la correspondiente a la muy ligera, pero abarca menos de 50% de la superficie dental labial. “Moderada” cuando la superficie del esmalte de los dientes muestra un desgaste marcado; además, el tinte pardo es con frecuencia una característica que la distingue y “Severa” cuando la superficie del esmalte está muy afectada y la hipoplasia es tan marcada que puede afectarse la forma general del diente. Se presentan zonas excavadas o gastadas y se halla un extendido tinte pardo; los dientes a menudo presentan un aspecto corroído (Dean, 1934; Rozier, 1994).

Para fines de diversos análisis de esta investigación se crearon tres grupos de riesgo de acuerdo al índice de fluorosis dental: leve, moderado y severo.

2.2.3 Procedimientos del Programa de Intervención.

Se elaboraron 7 cuadernillos de ejercicios matemáticos (200 páginas cada uno). El primer nivel inició en conteo numérico del 1 al 10, siguiendo con suma, resta, multiplicación y

división. Es importante destacar que el programa estaba diseñado para que los niños desarrollaran habilidades matemáticas más allá de su grado escolar.

Previo al inicio de la intervención, se aplicó un examen diagnóstico de matemáticas para establecer el nivel de habilidad de cada alumno y determinar el punto de inicio en un nivel confortable. La participación de cada alumno en el programa consistió en dedicar alrededor de 20-30 minutos diarios durante los siete días de la semana a resolver ejercicios matemáticos organizados por nivel de complejidad. El ritmo de avance lo definía las habilidades de cada alumno de forma individual, es decir, cada que un participante terminaba un nivel se aplicaba una evaluación para corroborar que se tuviera el dominio del conjunto de aprendizajes del nivel en el que se encontrara y de esta forma se decidía si se podía avanzar al siguiente nivel o no. A cada niño se le monitoreó su participación obteniendo datos de su progreso en el programa diariamente.

Para asegurar la implementación del programa durante todo el año, las actividades del programa se realizaron en la escuela tres veces a la semana bajo la supervisión del coordinador del programa y los días restantes los niños llevaban tarea a la casa y trabajaban bajo la supervisión de los padres de familia o tutores. Estas tareas debían resolverse y presentarse en la siguiente sesión. El material resuelto se revisaba por el instructor y se regresaba a los niños para su corrección. Cada tarea sucesiva tenía un desafío un poco mayor que el anterior. Los ejercicios matemáticos eran un complemento de los temas del plan de estudios por lo que a los padres no se les dió capacitación alguna puesto que el programa estaba diseñado para que cada alumno pudiera resolver de forma autodidacta cada uno de los ejercicios, de tal forma que los niños fueran adquiriendo habilidades para avanzar de forma independiente, por lo que los padres solo debían apoyar en el cumplimiento de la actividad. Para el cumplimiento de las

tareas hechas en casa se contó con el apoyo de la maestra de grupo para recordar a los niños la actividad, además de que se implementó un sistema de incentivos por cumplimiento, es decir, por cada determinado número de ejercicios resueltos se era acreedor a un número de tickets que podían ser canjeados por premios. El programa tuvo una duración de 12 meses continuos (mayo 2015-abril 2016).

2.3 Análisis Estadístico

Se inició con un análisis descriptivo de los datos, se calculó media y desviación estándar para las variables continuas y proporciones para las variables categóricas. Se aplicaron pruebas de t-Student, ANOVA y t-pareada para comparar medias.

2.4 Resultados

Características de la población: De los 23 participantes en el programa de intervención, se encontró que el 56.5% era de sexo femenino y 43.5% de sexo masculino. La edad promedio de los participantes al inicio del estudio era de 8.28 años (DE=0.34) con un valor mínimo de 7.9 y un valor máximo de 9.3 años. El 47.8% del grupo de estudio pertenecía a un nivel socioeconómico bajo y el 52.2% restante a un nivel socioeconómico medio según la clasificación de la Regla AMAI 8x7. El 26.1% de los participantes provenía de una familia monoparental y el 73.9% de familia con ambos padres. En cuanto a fluorosis dental: De los 23 participantes evaluados, se encontró que el 52.2% tenía fluorosis dental leve, 30.4% moderada y 17.4% severa. Lo que representó que el 100% de la población ha estado expuesta crónicamente a fluoruros en algún momento de su vida (Tabla 1).

Tabla 1. Características de los niños participantes en el programa de (n=23)

Variable	Media ± DE (rango)	
Edad (años)	8.28 ± 0.34 (7.9-9.3)	
	n	%
Género		
Femenino	13	56.5
Masculino	10	43.5
Estructura Familiar		
Monoparental	6	26.1
Ambos padres	17	73.9
Nivel Socioeconómico*		
Bajo	11	47.8
Medio	12	52.2
Fluorosis Dental**		
Leve	12	52.2
Moderada	7	30.4
Severa	4	17.4

*Medido a través de encuesta AMAI; ** Medido con el Índice de Dean modificado.

Capacidad cognitiva. El Índice de Capacidad General (ICG) total de los 23 participantes pre-intervención era de 98 puntos ($DE=10.5$) con valor mínimo de 69 y valor máximo de 122 puntos; mientras que el ICG total post-intervención aumentó a 104.2 puntos ($DE=15.1$) con valor mínimo de 77 y valor máximo de 127 puntos; en general todos los índices en sus valores totales mostraron un aumento en las puntuaciones promedio cuando se compararon los valores

pre y post-intervención, a excepción del IRP, el cual tiene una puntuación promedio mayor (0.7 puntos más) en la pre intervención en comparación a la post-intervención (Tabla 2).

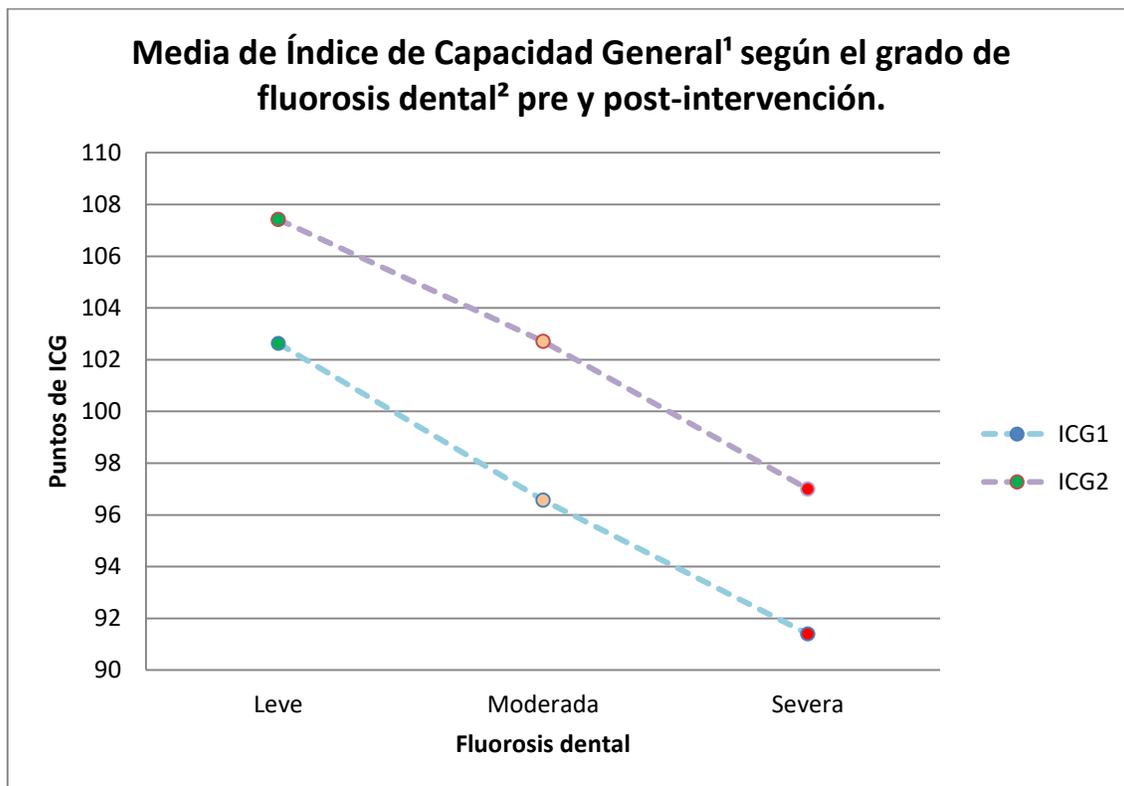
Al dividir a los participantes del grupo intervenido en grupos de acuerdo al grado de fluorosis dental, se encontraron los siguientes resultados: primeramente se observa que entre mayor sea el grado de fluorosis dental, menores son las puntuaciones promedio de la evaluación cognitiva; el ICG total en promedio en la pre-intervención fue de 101.4, 96.5 y 90.5 puntos para los grupos de fluorosis dental leve, moderada y severa respectivamente; y de 107.4, 102.7 y 97 puntos respectivamente en la post-intervención. Se observó una tendencia de aumento cuando se compararon los valores del ICG de la evaluación inicial con los de la final. (Figura 5)

Tabla 2. Comparación de la evaluación cognitiva pre y post-intervención, estratificado de acuerdo al grado de fluorosis dental.

Variable	Total (n=23) Media ± DE (rango)	Grado de fluorosis dental		
		Leve (n=12) Media ± DE (rango)	Moderada (n=7) Media ± DE (rango)	Severa (n=4) Media ± DE (rango)
Índice de Capacidad General				
Pre	98 ± 10.5* (69 - 122)	101.4 ± 10.2 (90 - 122)	96.5 ± 5.8 (88 - 104)	90.5 ± 15.1 (69 - 101)
Post	104.2 ± 15.1 (77 - 127)	107.4 ± 13.3 (82 - 127)	102.7 ± 13.8 (84 - 127)	97 ± 22.8 (77 - 121)
Índice de Comprensión Verbal				
Pre	97.3 ± 9.7** (71 - 119)	100.7 ± 9.3* (89 - 119)	94.6 ± 5.7 (87 - 102)	92 ± 14.6 (71 - 102)
Post	108.1 ± 17.4 (75 - 140)	112.7 ± 15.8 (91 - 140)	103.7 ± 13 (89 - 128)	101.7 ± 27.8 (75 - 130)
Índice de Razonamiento Perceptual				
Pre	98.6 ± 11.7 (73 - 121)	101.5 ± 10.9 (84 - 121)	98.7 ± 12 (86 - 117)	89.7 ± 11.8 (73 - 98)
Post	97.9 ± 13.3 (69 - 119)	99.2 ± 12.5 (69 - 119)	99.6 ± 15.1 (79 - 119)	91.2 ± 13.9 (77 - 106)
Índice de Memoria de Trabajo				
Pre	96.6 ± 10.5* (77 - 116)	96.3 ± 9.3* (86 - 116)	99.1 ± 8.8 (88 - 110)	93 ± 17.4 (77 - 113)
Post	101 ± 12.4 (77 - 132)	102.3 ± 12.6 (88 - 132)	101.1 ± 11.9 (91 - 120)	97 ± 15 (77 - 110)

*p<0.05; **p<0.01;

Figura 5. Índice de capacidad General de acuerdo al grado de fluorosis dental pre y post-intervención.



¹ WISC-IV; ² Medido con el Índice de Dean modificado.

En la tabla 2, se presentan los resultados de la comparación de las puntuaciones promedio de los índices de desempeño cognitivo, encontrando diferencia estadísticamente significativa en los puntajes de ICG ($p < 0.05$), IMT ($p < 0.05$) e ICV ($p < 0.01$).

Evaluación diagnóstica de matemáticas. La evaluación diagnóstica de matemáticas que se aplicó tuvo en total un promedio de 83.8 y 93 puntos pre y post-intervención respectivamente, estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.001$). Al dividir los grupos por grado de fluorosis dental, se obtuvieron puntuaciones pre-intervención de 83.2, 88.1 y 78.3

puntos para fluorosis dental leve, moderada y severa respectivamente y post intervención de 94.5, 95.9 y 83.7 puntos respectivamente. (Tabla 3)

Evaluación escolar de la materia de matemáticas. Los participantes del programa de intervención fueron estratificados en tres grupos de acuerdo al grado de fluorosis dental: leve, moderada y severa. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las calificaciones bimestrales de la evaluación pre y post con 72 puntos en la primera y 84 puntos en la segunda ($p < 0.01$). (Tabla 3)

Tabla 3. Comparación del desempeño matemático de los grupos estratificados por grado de fluorosis dental pre y post-intervención.

Variable	Grado de fluorosis dental			
	Total (<i>n</i> =23)	Leve (<i>n</i> =12)	Moderada (<i>n</i> =7)	Severa (<i>n</i> =4)
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
	(rango)	(rango)	(rango)	(rango)
Evaluación diagnóstica de matemáticas (puntaje)				
Pre	83.8 ± 15.9*** (38.3-100)	83.2 ± 17.7** (38.3-100)	88.1 ± 9.7* (70-98.3)	78.3 ± 21 (55-100)
Post	93 ± 8.3 (63-100)	94.5 ± 5.9 (82-100)	95.9 ± 3.3 (92-100)	83.7 ± 14.7 (63-97)
Evaluación escolar de matemáticas (puntaje)				
Pre	72 ± 15** (60-100)	75 ± 15 (60-100)	73 ± 16 (60-96)	61 ± 5** (60-70)
Post	84 ± 11 (65-100)	87 ± 10 (65-100)	84 ± 13 (65-100)	76 ± 1 (75-78)

p*< 0.05; *p*<0.01; ****p*<0.001. Puntajes para la evaluación diagnóstica de matemáticas y evaluación escolar, tienen escala de (0-100).

2.5 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el programa de intervención previo, concluimos que en general los niños mejoraron las puntuaciones de sus habilidades cognitivas y de matemáticas. Sin embargo, los niños con fluorosis dental grave al finalizar la intervención académica mostraron mejoría de sus habilidades, pero siempre se mantuvieron con puntajes por debajo de aquellos niños con fluorosis dental leve o moderada. Como producto de este capítulo se presenta el artículo titulado “School-based intervention program for math proficiency in Mexican children exposed to social and environmental risks” (Anexo B).

CAPÍTULO III. Evaluación de la salud mental en preescolares de la Zona Metropolitana de San Luis Potosí.

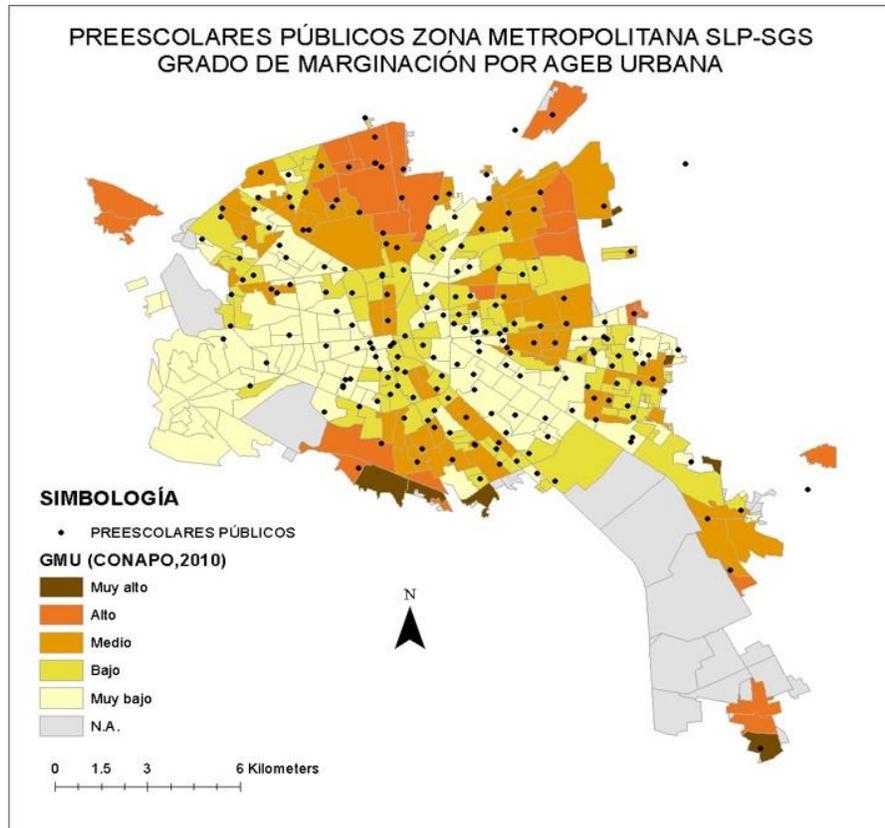
3.1. Objetivo:

Evaluar las habilidades cognitivas y emocionales en niños y sus cuidadores primarios que asisten a preescolares de la ZMSLP.

3.2. Metodología

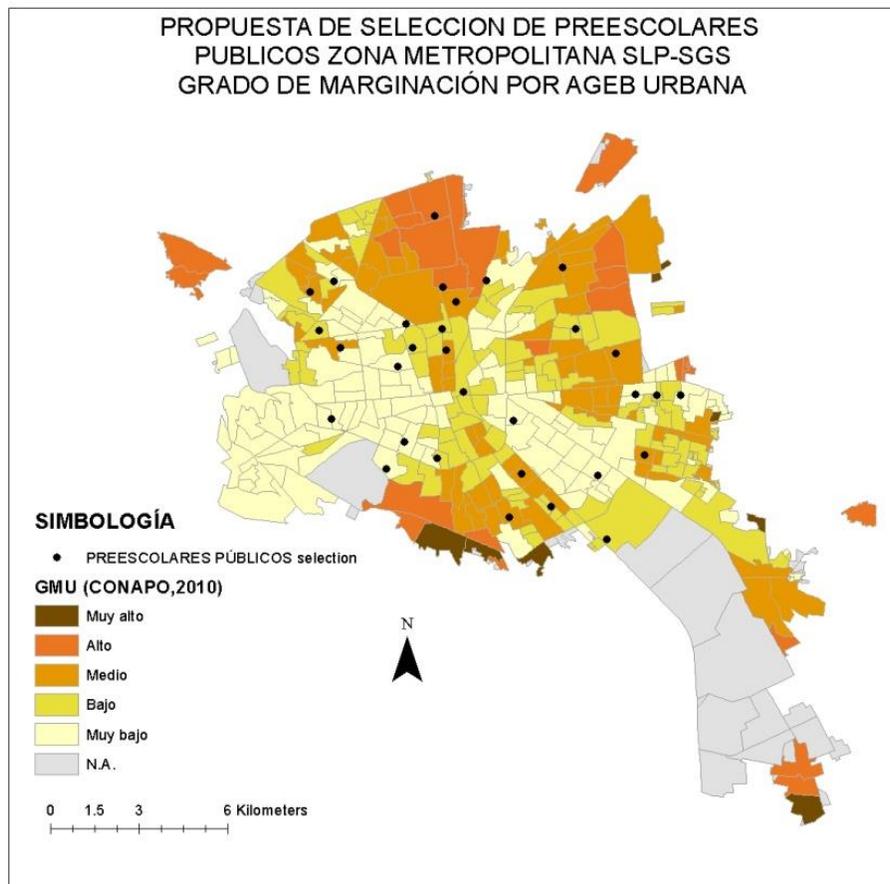
3.2.1. Población en riesgo en la ZMSLP. Se obtuvo un listado de 274 preescolares distribuidos en la ZMSLP a donde acuden un aproximado de 38,937 (SEP, 2017) (figura 6). Estos centros escolares se georeferenciaron de acuerdo al nivel de marginación del AGEB.

Figura 6. Preescolares públicos de la ZMSLP de acuerdo al grado de marginación por AGEB urbana.



3.2.2. Población de estudio. Se seleccionaron 20 preescolares representativos de todos los grados de marginación. Se gestionó a través de la Secretaría de Educación Pública (SEP) la instrumentación del programa y se envió invitación para participar a los preescolares. Sólo se incluyeron niños de segundo grado de preescolar. Once preescolares aceptaron participar y la población de estudio quedó conformada por 269 niños de cuatro años de edad residentes en la ZMSLP (CONAPO, 2012) (Figura 7).

Figura 7. Muestra representativa de preescolares públicos de la ZMSLP en diferentes grados de marginación por AGEB urbana.



3.2.3. Descripción de las etapas del proyecto. Este capítulo forma parte de la primera etapa del macro proyecto titulado: Programa Metropolitano de Vigilancia de la Salud Mental Infantil; que implica cuatro etapas diferentes con 12 meses de ejecución para cada una.

Primera etapa. Evaluación

Segunda etapa. Intervención

Tercera etapa. Seguimiento

Cuarta etapa. Informe de resultados

3.2.4. Procedimiento.

Se realizaron juntas informativas con los directivos de los centros preescolares, posteriormente se realizaron reuniones con los padres de familia para explicarles en qué consistía el proyecto, se explicaron los riesgos y los beneficios del programa; aquellos padres que accedían a participar firmaron una carta de consentimiento informado (Anexo C).

Posteriormente un equipo de psicólogos capacitados evaluó las habilidades cognitivas y socioemocionales de los niños y la ansiedad y depresión en los cuidadores primarios. Y también se evaluó la exposición ambiental a F.

3.2.5. Instrumentos

1. Evaluación de las habilidades cognitivas y socioemocionales de la población infantil.

- a) WPPSI-III. La Escala de Inteligencia de Wechsler para preescolar y primaria, es un test que cuenta con la garantía de las escalas Wechsler, las más usadas para la evaluación de la inteligencia. El objetivo del WPPSI-III es la evaluación del funcionamiento intelectual en los ámbitos verbal y manipulativo, así como una puntuación compuesta que representa la capacidad intelectual general. Su aplicación es individual con duración de 30 a 50 minutos, en función de la edad. Se compone de 14 tests (7 principales, 5 complementarios y 2 opcionales) para niños de cuatro a siete años. (Wechsler, 2011).
- b) EDI-II. La Prueba de Evaluación del Desarrollo Infantil es una herramienta de tamizaje diseñada y validada en México para la detección temprana de problemas del neurodesarrollo en menores de 5 años de edad. Evalúa cinco ejes: factores de riesgo biológico, señales de alerta, áreas del desarrollo (motor grueso y fino, lenguaje,

desarrollo social y conocimiento. (Rizzoli-Córdoba et al., 2013). Los resultados posibles son “desarrollo normal”, indica que el niño ha obtenido las habilidades de desarrollo, que corresponden a su edad en todos los casos evaluados y no presenta ninguna señal de alarma o datos anormales. La segunda, indica “rezago en el desarrollo” y se refiere a que el niño no cumple con todas las habilidades para su edad, pero logra las de su edad previa. La tercera, indica “riesgo de retraso en el desarrollo” y muestra que el infante no cumple con las conductas esperadas para su edad actual o previa.

- c) SDQ-P. El Cuestionario de Capacidades y Dificultades detecta probables casos de trastornos mentales y del comportamiento en niños de 4 a 16 años. Cuatro escalas miden conductas problemáticas. Dichas escalas hacen referencia a: síntomas emocionales, problemas de conducta, hiperactividad y problemas con compañeros. La quinta escala hace referencia a los comportamientos positivos: escala de conducta prosocial. De acuerdo a las puntuaciones obtenidas los resultados de este cuestionario pueden dividirse en comportamiento normal, límite y anormal. (Goodman, 1997).

2. Evaluación de la salud mental del cuidador primario.

- a) AMAS. La Escala de Ansiedad Manifiesta para Adultos está diseñada para utilizarse en la evaluación del nivel de ansiedad que experimentan los individuos con edades comprendidas entre los 19 y 59 años. El instrumento consta de 30 reactivos que evalúan tres aspectos de la ansiedad en tres subescalas: 1) Inquietud/Hipersensibilidad, 2) Ansiedad fisiológica y 3) Preocupaciones Sociales/Estrés. Las puntuaciones obtenidas se categorizan en niveles de ansiedad, desde ansiedad baja hasta ansiedad extrema. (Lowe & Reynolds, 2006).

- b) BDI-II. El Inventario de Depresión de Beck es un autoinforme que proporciona una medida de la presencia y de la gravedad de la depresión en adultos y adolescentes de 13 años o más. Se compone de 21 reactivos que evalúan la intensidad sintomática de la depresión en muestras clínicas y no clínicas. Cada reactivo contiene varias frases auto-evaluativas, de las cuales se debe escoger la que más se ajuste al propio estado de ánimo de los últimos seis meses. En cada uno de los enunciados, y por ende en todo el instrumento, la atención se centra en los componentes cognitivos de la depresión por encima de los síntomas somáticos. Las puntuaciones obtenidas en la prueba pueden agruparse en cuatro niveles de depresión: depresión mínima, depresión leve, depresión moderada y depresión severa. (Jurado et al., 1998).
- c) APGAR familiar. El APGAR familiar es una herramienta para detectar disfunción familiar. Las preguntas valoran cómo perciben los miembros de la familia el nivel de funcionamiento de la unidad familiar de forma global en las áreas de adaptación (capacidad de utilizar recursos intra y extra familiares para resolver problemas en situaciones de estrés familiar o periodos de crisis), vida en común (implicación de los miembros familiares en la toma de decisiones y en las responsabilidades relacionadas con el mantenimiento familiar), crecimiento (desarrollo de la maduración física, emocional y auto realización que alcanzan los componentes de una familia gracias a su apoyo y asesoramiento mutuo), afectividad (relación de cariño amor que existe entre los miembros de la familia) y capacidad resolutive (compromiso de dedicar tiempo a atender las necesidades físicas y emocionales de otros miembros de la familia, implica compartir ingresos y espacios). De acuerdo a las puntuaciones obtenidas los resultados se agrupan en función familiar normal, disfunción leve, disfunción moderada y disfunción severa (Cuba & Espinoza, 2014).

Todas las baterías fueron aplicadas por personal calificado.

3.3 Análisis estadístico.

Se obtuvieron las prevalencias de los índices de la Escala de Inteligencia de Wechsler para preescolar y primaria (WPPSI-III), de la Evaluación del Desarrollo Infantil (EDI-II) y del Cuestionario de Capacidades y Dificultades (SDQ-P), estas pruebas fueron aplicadas a la población infantil. También se obtuvieron las prevalencias de los indicadores de la Escala de Ansiedad Manifiesta para Adultos (AMAS), el Inventario de Depresión de Beck (BDI-II) y del APGAR familiar; pruebas aplicadas al cuidador primario.

3.4. Resultados.

Tabla 4. Distribución de los Índices de la Escala de Inteligencia de Wechsler para preescolar y primaria (WPPSI-III) de niños prescolares de la ZMSLP.

	Distribución			CI de	Velocidad	Lenguaje
	esperada	CI total	CI verbal	ejecución	procesamiento	general
	%	%	%	%	%	%
>130	2.2	1.5	1.1	1.1	0.4	1.1
120-129	6.7	3.7	5.9	5.2	1.5	2.2
110-119	16.1	17.1	17.8	11.5	6.4	9.3
90-109	50	51.7	45	58	65	58
80-89	16.1	18.6	18.6	19	17.7	20.4
70-79	6.7	6.7	9.7	4.8	8.3	6.7
<69	2.2	0.7	1.9	0.4	0.8	2.2

n= 269

Los índices de la Escala de Inteligencia de Wechsler para preescolar y primaria (WPPSI-III) muestran que el porcentaje de niños con un CI promedio (entre 90-109 puntos) es similar al porcentaje esperado, 51.7 contra 50% respectivamente, la población con puntajes por arriba de 110 puntos es de 22.3%, el esperado es de 25% y el porcentaje de la población con menos de 89 puntos es de 26% contra el 25% del valor esperado.

Tabla 5. Resultados de los Ejes de Desarrollo evaluados con la prueba de Desarrollo Infantil (EDI-II) en niños preescolares de la ZMSLP.

	Áreas de Desarrollo	Exploración neurológica	Señales de Alarma
	%	%	%
Riesgo de retraso	8.7	0.4	3
Rezago en el desarrollo	34.1	2.1	6
Desarrollo normal	57.2	97.5	91

n= 269

En la Evaluación de Desarrollo Infantil (EDI-II) observamos que el 57.2% de la población evaluada tiene un desarrollo normal, el 8.7% tiene un riesgo de retraso en las áreas de desarrollo (conjunto de habilidades relacionadas con varias funciones cerebrales).

Tabla 6. Resultados de las Áreas de Desarrollo evaluadas con la prueba de Desarrollo Infantil (EDI-II) en niños preescolares de la ZMSLP.

	Motriz Fino %	Motriz Grueso %	Lenguaje %	Social %	Conocimiento %
Riesgo de retraso del desarrollo	2.4	0.3	0.3	0.3	1.4
Rezago en el desarrollo	15	3.1	9.8	10	10
Desarrollo normal	82.6	96.6	89.8	89.3	88.3

n= 269

El 2.4% de la población tiene riesgo de retraso en el desarrollo en el área motriz fina. En las demás áreas, la mayoría de la población se encuentra con un desarrollo normal, 96.6% en el área motriz gruesa, 89.8% en el área de lenguaje, 89.3% en el área social y 88.3% en el área de conocimiento. En cuanto a la exploración neurológica y señales de alarma, el 0.4 y el 3% de la población tiene riesgo de retraso en el desarrollo respectivamente. Un estudio realizado en población infantil de entre 3 y 4 años de edad, reportó que 8.2 y 28.2% de la población tiene riesgo de retraso en el desarrollo en exploración neurológica y señales de alarma respectivamente (Rizzoli-Córdoba et al., 2013).

Tabla 7. Dificultades conductuales en niños de la ZMSLP evaluadas con el Cuestionario de Capacidades y Dificultades (SDQ-P).

	Escala Total	Problemas	Problemas	Escala de	Problemas	
	Dificultades	emocionales	conductuales	hiperactivi	compañero	Prosoci
	%	%	%	dad	s	al
				%	%	%
Alta	13.6	10.6	23.5	10.9	19.8	7.5
Límite	13.6	10.9	19.1	9.9	16	8.9
Normal	72.8	78.5	57.3	79.2	64.2	83.6

n=269

En el Cuestionario de Capacidades y Dificultades (SDQ-P), las puntuaciones obtenidas por los niños en la escala total de dificultades, el 13.6% presenta alto riesgo de manifestar algún tipo de dificultad conductual comparado con el 44% que encontró Villaseñor et al., en niños de zonas urbanas. Las prevalencias de las subescalas de síntomas emocionales, problemas de conducta, hiperactividad y problemas con los compañeros fueron de 10.6, 23.5, 10.9 y 19.8 respectivamente, estas prevalencias son menores a las encontradas en este estudio mencionado anteriormente, con 30.7, 44, 20 y 57.3% respectivamente (Villaseñor Lozano, Diaz-Barriga, Calderón Hernández, Romero, & Galván, 2017).

Tabla 8. Nivel de ansiedad de cuidadores de preescolares de la ZMSLP evaluada con la Escala de Ansiedad Manifiesta para Adultos (AMAS).

Puntaje	Nivel de Ansiedad	%
<44	Baja	36.6
45-54	Esperada	35.7
55-64	Elevación leve	17.4
65-74	Clínicamente relevante	10.3
>75	Extrema	0

n=269

En la prueba de AMAS, la prevalencia de la ansiedad clínicamente relevante en el total de la población fue de 10.3% comparado al 18.7% que encontró Villaseñor et al., en población urbana (Villaseñor Lozano et al., 2017).

Tabla 9. Nivel de depresión de los cuidadores de preescolares de la ZMSLP evaluada con el Inventario de Depresión de Beck (BDI-II).

Puntaje	Descripción	n	%
00-13	Mínima depresión	205	76.2
14-19	Depresión leve	30	11.2
20-28	Depresión moderada	18	6.7
29-63	Depresión grave	16	5.9

n=269

En la prueba BDI-II, la prevalencia de depresión materna fue de 23.8%. El 5.8% de la población evaluada presentó depresión grave. Datos muy similares a los presentados por Sanz et al., que encontró depresión en el 24.6% de la población de estudio, con un 3.2% de depresión grave (Sanz, Perdigón, & Vázquez, 2003).

Tabla 10. Clasificación de la función familiar de acuerdo al APGAR familiar en cuidadores de población preescolar de la ZMSLP.

Clasificación	%
Función familiar normal	0
Disfunción leve	0
Disfunción moderada	78.5
Disfunción severa	21.5

n=269

Finalmente en el APGAR familiar encontramos que el 100% de la población se desenvuelve en familias con algún grado de disfunción, el 21.5% de los participantes vive en familias con disfunción severa, datos similares a los presentados por León et al., en el que su población de estudio presentó un 15.9% de disfunción familiar severa (León Sanchez, Camacho Delgado, Valencia Ortíz, & Rodríguez-Orozco, 2008).

3.5. Conclusión.

Frente a este panorama, en el que se observa que la población preescolar tiene un alto riesgo de manifestar problemas emocionales y problemas de conducta, así como haber encontrado en los cuidadores primarios altos niveles de depresión y ansiedad elevados. Surge la necesidad de intervenir en la población a edades tempranas en las áreas socioemocionales aprovechando las ventanas de oportunidad que se presentan a esta edad (Roselli, Matute, & Ardila, 2010), se debe trabajar de manera conjunta entre maestros, padres y alumnos.

Conclusión general.

Niños y niñas que viven en entornos urbanos están expuestos a una gran desigualdad social, económica y ambiental en nuestro país; el gobierno mexicano es consciente de la situación y para disminuir estas brechas de desigualdad ha apostado a la educación, sin embargo es importante que se consideren estrategias de abordaje integral en donde se busque mejorar no solo el acceso y la calidad de la educación que se ofrecen en los centros escolares sino que también se busque mejorar el ambiente en el que vive la población.

La medición de la salud de los niños es trascendental por dos razones: en primer lugar, porque los infantes son ciudadanos con “propios derechos”, pero son incapaces de actuar como autogestores, y en segundo lugar, porque su salud en los primeros años pueden determinar la salud de la futura población. Los indicadores basados en mediciones de la salud infantil son importantes para identificar el desarrollo, los retos y las prioridades, los cambios a lo largo del tiempo y los nuevos problemas emergentes.

Además, es indispensable que se comience a intervenir a edades tempranas pues se ha encontrado que el éxito académico en los primeros grados está fuertemente relacionado con el

éxito en los grados superiores (Dickinson & Tabors, 2002). Se debe resaltar la importancia del desarrollo de la competencia matemática a esta edad, ya que el tener el dominio de esta habilidad mejora las habilidades del lenguaje oral y por tanto disminuye las dificultades académicas en las demás asignaturas (Denton & West, 2002).

Se puede comenzar a intervenir de manera positiva aprovechando las ventanas de oportunidad que existen con diversas estrategias como las intervenciones educativas, que pueden compensar el bajo rendimiento académico; tomando en cuenta que una intervención educativa es la innovación, creación y elaboración de proyectos educativos, programas y alternativas de solución posibles a problemáticas educativas para su transformación y mejora (Corona, 2008); y que según varios estudios realizados en América Latina contribuyen a mejorar las habilidades cognitivas, e incluso el desarrollo personal y social independientemente de las características socioeconómicas familiares (Amar, Abello, & Tirado, 2005; Ghiglione, Aran Filippetti, Manucci, & Apaz, 2011; Vélez, Schiefelbein, & Valenzuela, 1994)

Sin duda, las soluciones a los problemas de salud infantil relacionados con el ambiente no son sencillas y en algunas ocasiones pueden no tener salida o ser demasiado complejas para resolverse de una sola manera; las estrategias de intervención o soluciones deben ser acordes al contexto de las comunidades. Por lo que se requieren propuestas integradoras multidisciplinarias y transdisciplinarias que incluyan la participación de la sociedad, los políticos, los investigadores, las empresas, las organizaciones no gubernamentales (ONGs). Pero muy importante se requiere el liderazgo del gobierno. Para entender esta complejidad se requiere un abordaje sistémico que nos acerque a la identificación de entornos de mayor o menor vulnerabilidad para la toma de decisiones basada en la evidencia (Coble et al., 2009). Este trabajo de tesis nos permitió presentar un abordaje integrado de la problemática de la

salud infantil en un escenario urbano donde convergen múltiples factores de riesgo ambientales y sociales; y propone métodos que pueden aplicarse para identificar escenarios de riesgo, y estrategias de intervención para reducir el impacto ambiental del F sobre el desarrollo cognitivo y emocional en la infancia.

Bibliografía

- Amar, J. J., Abello, R., & Tirado, D. (2005). Efectos de un programa de atención integral a la infancia en el desarrollo de niños de sectores pobres en Colombia. *Investigación y Desarrollo*, 13(1), 60–77.
- Barreto, M. L. (2004). The globalization of epidemiology: Critical thoughts from Latin America. *International Journal of Epidemiology*. <https://doi.org/10.1093/ije/dyh113>
- Barreto, S. M., Miranda, J. J., Figueroa, J. P., Schmidt, M. I., Muñoz, S., Kuri-morales, P. P., & Silva, J. B. (2012). Epidemiology in Latin America and the Caribbean: Current situation and challenges. *International Journal of Epidemiology*. <https://doi.org/10.1093/ije/dys017>
- Bashash, M., Thomas, D., Hu, H., Martínez-mier, E. A., Sánchez, B. N., Basu, N., ... Hernández-avila, M. (2017). Prenatal Fluoride Exposure and Cognitive Outcomes in Children at 4 and 6 – 12 Years of Age in Mexico. *Environ. Health Perspect.*, 1, 1–12. <https://doi.org/10.1289/EHP655>
- Betancourt-Linares, A., Irigoyen-Camacho María Esther, Mejía-González, A., Zepeda-Zepeda, M., & Sánchez-Pérez, L. (2013). Prevalencia de fluorosis dental en localidades mexicanas ubicadas en 27 estados y el D.F. a seis años de la publicación de la Norma Oficial Mexicana para la fluoración de la sal. *Revista de Investigación Clínica*, 65(3), 237–247.
- Bradley, R. H., & Corwyn, R. F. (2002). Socioeconomic Status and Child Development. *Annual Rev of Psychol*, 53(1), 371–399.

<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135233>

Calderón, J., Machado, B., Navarro, M., Carrizalez, L., & Díaz-Barriga, F. (2000). Influence of fluoride on reaction time and organization visuospatial in children. *Epidemiology*, *11*(4), S153.

Chin-Lun Hung, G., Hahn, J., Alamiri, B., Buka, S. L., Goldstein, J. M., Laird, N., & Nelson, C. A. (2015). Socioeconomic disadvantage and neural development from infancy through early childhood. *International Journal of Epidemiology*, *44*(6), 1889–1899.
<https://doi.org/10.1093/ije/dyv303>

Choi, A. L., Sun, G., Zhang, Y., & Grandjean, P. (2012). Developmental Fluoride Neurotoxicity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ. Health Perspect.*, *120*(10), 1362–1368. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104912>

CONAPO. (2012). Índice de marginación urbana 2010 [Urban marginalization index 2010]. In *CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN* (First Edit). MÉXICO, D.F. Retrieved from http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Capitulo_1_Marginacion_Urbana_2010. Accessed: 2018-05-11. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zL6hX5ps>)

CONEVAL. (2016). San Luis Potosí. Pobreza estatal 2016. Retrieved from <https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/SanLuisPotosi/Paginas/Pobreza-2016.aspx>

Conger, R. D., & Donnellan, M. B. (2007). An Interactionist Perspective on the Socioeconomic Context of Human Development. *Annual Review of Psychology*, *58*(1),

175–199. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085551>

- Corona, N. (2008). *El interventor educativo y la licenciatura en intervención educativa, identidad, perspectiva y prospectiva*. Retrieved from [http://www.upn25b.edu.mx/AE01/Corona Macias Nancy Michelle.pdf](http://www.upn25b.edu.mx/AE01/Corona%20Macias%20Nancy%20Michelle.pdf)
- Cuba, D. M. A. S., & Espinoza, D. M. A. (2014). Apgar Familiar : Una Herramienta Para Detectar Disfunción Familiar. *Revista Medica La Paz*.
- Dean, H. (1934). Classification of mottled enamel diagnosis. *J Am Dent Assoc*, *21*, 1421–1426.
- Delaney-Black, V., Covington, C., Ondersma, S., Nordstrom-Klee, B., Templin, T., & Ager, J. (2002). Violence exposure, trauma, and IQ and/or Reading Deficits among urban children. *Arch Pediatr Adolesc*, *156*, 280–285.
- Denton, K., & West, J. (2002). *Children’s reading and mathematics achievement in kindergarten and first grade*. Washington, D.C. Retrieved from <http://nces.ed.gov/pubs2002/2002125.pdf>
- Dickinson, D., & Tabors, P. (2002). Why we must improve teacher-child conversations in preschools and the promise of professional development. In *Enhancing caregiver language facilitation in child care settings: Proceedings from the Symposium* (pp. 41–48). Toronto, Ontario, Canada. Retrieved from <https://depts.washington.edu/cqel/PDFs/DickinsonTeacherChildConvers.pdf>
- Evans, G. W. (2004). The Environment of Childhood Poverty. *American Psychologist*, *59*(2), 77–92. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.2.77>

- Faisal Ghazi, H., Isa, Z. M., Aljunid, S., Shah, S. A., & Abdalqader, M. A. (2013). Intelligence quotient (IQ) relationship with energy intake and micronutrient composition among primary school children in Baghdad city, Iraq. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12(2), 200–204. <https://doi.org/10.3923/pjn.2013.200.204>
- Fernald, L. C. H., Kariger, P., Hidrobo, M., & Gertler, P. J. (2012). Socioeconomic gradients in child development in very young children: Evidence from India, Indonesia, Peru, and Senegal. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(Supplement_2), 17273–17280. <https://doi.org/10.1073/pnas.1121241109>
- Flanagan, D. P., & Kaufman, A. S. (2012). *Claves para la evaluación con WISC-IV*. (2a ed.). México: Manual Moderno.
- Forns, J., Torrent, M., Garcia-Esteban, R., Cáceres, A., Pilar Gomila, M., Martinez, D., ... Sunyer, J. (2012). Longitudinal association between early life socio-environmental factors and attention function at the age 11 years. *Environmental Research*, 117, 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2012.04.007>
- Ghazi, H. F., Isa, Z. M., Aljunid, S., Shah, S. A., Tamil, A. M., & Abdalqader, M. A. (2012). The negative impact of living environment on intelligence quotient of primary school children in Baghdad City, Iraq: A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-562>
- Ghiglione, M. E., Aran Filippetti, V., Manucci, V., & Apaz, A. (2011). Programa de Intervención para fortalecer Funciones Cognitivas y Lingüísticas adaptado al currículo escolar en niños en riesgo de pobreza. *Interdisciplinaria*, 28(1), 17–36.

- Goodman, R. (1997). The Strengths and Difficulties Questionnaire: *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 38, 581–586.
- Grant, K. E., Compas, B. E., Stuhlmacher, A. F., Thurm, A. E., McMahon, S. D., & Halpert, J. A. (2003). Stressors and Child and Adolescent Psychopathology: Moving From Markers to Mechanisms of Risk. *Psychological Bulletin*. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.129.3.447>
- Hanushek, E. a, & Woessmann, L. (2007). *The Role of Education Quality for Economic Growth* (No. 4122). *Humanities*. Washington, DC. <https://doi.org/10.2139/ssrn.960379>
- Heikura, U., Taanila, A., Hartikainen, A. L., Olsen, P., Linna, S. L., Wendt, L. Von, & Järvelin, M. R. (2008). Variations in prenatal sociodemographic factors associated with intellectual disability: A study of the 20-year interval between two birth cohorts in Northern Finland. *American Journal of Epidemiology*, 167, 169–177. <https://doi.org/10.1093/aje/kwm291>
- Hoff, E., Laursen, B., Tardif, T., & Bornstein, M. H. (2002). Socioeconomic status and parenting. *Handbook of Parenting Volume 2: Biology and Ecology of Parenting*, 8(2), 231–252. <https://doi.org/10.2307/353999>
- INEE. (2015). PLANEA. Resultados Nacionales 2015, por entidad federativa. [National Results 2015 by state]. Retrieved from http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2015/difusion_resultados/1_Resultados_nacionales_Planea_2015.pdf. Accessed: 2018-05-11. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zLA5VqJF>)

- INEGI. (2015). Encuesta intercensal 2015. San Luis Potosí, San Luis Potosí. Retrieved from <http://www.beta.inegi.org.mx/app/indicadores/##divFV1002000010>
- INEGI. (2016). *Estadísticas a propósito del día del niño. Datos nacionales 2015*. Retrieved from http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2016/niño2016_0.pdf
- Jurado, S., Villegas, M. E., Méndez, L., Rodríguez, F., Loperana V., & Varela, R. (1998). La estandarización del Inventario de Depresión de Beck para los residentes de la ciudad de México. *Salud Mental, 21*(3), 26–31.
- Khan, S. A., Singh, R. K., Navit, S., Chadha, D., Johri, N., Navit, P., ... Bahuguna, R. (2015). Relationship between dental fluorosis and intelligence quotient of school going children in and around lucknow district: A cross-sectional study. *J of Clinical and Diagnostic Res, 9*(11), ZC10-ZC15. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/15518.6726>
- León Sanchez, D., Camacho Delgado, R., Valencia Ortíz, M. del R., & Rodríguez-Orozco, A. (2008). Percepción de la función de sus familias por adolescentes de la enseñanza media superior. *Revista Cubana de Pediatría, 80*(3). Retrieved from http://www.bvs.sld.cu/revistas/ped/vol80_3_08/ped04308.pdf
- Li, X. S., Zhi, J. L., & Gao, R. O. (1995). Effect of fluoride exposure on intelligence in children. *Fluoride, 28*(4), 189–192.
- Lowe, P. A., & Reynolds, C. R. (2006). Examination of the psychometric properties of the Adult Manifest Anxiety Scale-Elderly Version Scores. *Educational and Psychological Measurement. https://doi.org/10.1177/0013164405278563*
- Lu, Y., Sun, Z. R., Wu, L. N., Wang, X., Lu, W., & Liu, S. S. (2000). Effect of high-fluoride

water on intelligence in children. *Fluoride*, 33(2), 74–78. Retrieved from www.mercurioenlaboca.org/comunidad/uploads/FileUpload/48/dbb7280c2462ff3c18f22e0e6b23a2.pdf

Malhotra, A., Tewari, A., Chawla, H. S., Gauba, K., & Dhall, K. (1993). Placental transfer of fluoride in pregnant women consuming optimum fluoride in drinking water. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 11(1), 1–3. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=8040692

Manly, J. J., Jacobs, D. M., Touradji, P., Small, S. A., & Stern, Y. (2002). Reading level attenuates differences in neuropsychological test performance between African American and White elders. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(3), 341–348. <https://doi.org/10.1017/S1355617702813157>

Molfese, V. J., Modglin, A., & Molfese, D. L. (2003). The role of environment in the development of reading skills: A longitudinal study of preschool and school-age measures. *Journal of Learning Disabilities*, 36(1), 59–67. <https://doi.org/10.1177/00222194030360010701>

NOM-041. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993, Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Retrieved from http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4695654&fecha=16/05/1994. Accessed: 2018-05-11. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zL9oPeFJ>)

NOM-127. (2000). Modificacion a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud

ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Retrieved from http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=31/12/1969. Accessed: 2018-05-11. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zLA1Vb6q>)

- NRC. (2006). *Fluoride in Drinking Water: A Scientific Review of EPA's Standards*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/http://www.nap.edu>
- Purpura, D. J., Schmitt, S. A., & Ganley, C. M. (2017). Foundations of mathematics and literacy: The role of executive functioning components. *Journal of Experimental Child Psychology, 153*, 15–34. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.08.010>
- Reynolds, A. J., Temple, J. a, Robertson, D. L., & Mann, E. a. (2001). Long-term Effects of an Early Childhood Intervention on Educational Achievement, *285*(18), 2339–2347.
- Rizzoli-Córdoba, A., Schnaas-Arrieta, L., Liendo-Vallejos, S., Buenrostro-Márquez, G., Romo-Pardo, B., Carreón-García, J., ... Muñoz-Hernández, O. (2013). Validación de un instrumento para la detección oportuna de problemas de desarrollo en menores de 5 años en México. *Boletín Médico Del Hospital Infantil de México, 70*(3), 195–208.
- Rocha-Amador, D., Valdéz Jiménez, L., & Calderón, J. (2018). Dosis de exposición a fluoruros por el consumo de diferentes tipos de leche en residentes con hidrofluorosis endémica en México. *Anales de Pediatría*, Artículo aceptado para publicación.
- Rocha-Amador, Navarro, M. E., Carrizales, L., Morales, R., & Calderón, J. (2007). Decreased intelligence in children and exposure to fluoride and arsenic in drinking water. *Cadernos*

de Saúde Pública, 23(suppl 4), S579–S587. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2007001600018>

Rocha-Amador, Navarro, M., Trejo-Acevedo, A., Carrizales, L., Pérez-Maldonado, I., Díaz-Barriga, F., & Calderón, J. (2009). Use of the Rey-Osterrieth Complex Figure Test for neurotoxicity evaluation of mixtures in children. *NeuroToxicology*, 30(6), 1149–1154. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2009.09.003>

Roselli, M., Matute, E., & Ardila, A. (2010). Neuropsicología del desarrollo infantil (p. 328). MÉXICO, D.F.: El Manual Moderno.

Rozier, R. G. (1994). Epidemiologic indices for measuring the clinical manifestations of dental fluorosis: overview and critique. *Advances in Dental Research*. <https://doi.org/10.1177/08959374940080010901>

Ruijsbroek, A., Wijga, A. H., Kerkhof, M., Koppelman, G. H., Smit, H. A., & Droomers, M. (2011). The development of socio-economic health differences in childhood: Results of the Dutch longitudinal PIAMA birth cohort. *BMC Public Health*, 11, 225. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-11-225>

Sanz, J., Perdigón, A., & Vázquez, C. (2003). Adaptación española del Inventario para la Depresión de Beck-II (BDI-II): 2. Propiedades psicométricas en población general. *Clínica y Salud*, 14(3), 249–280. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/1806/180617972001/>

Saxena, S., Sahay, A., & Goel, P. (2012). Effect of fluoride exposure on the intelligence of school children in Madhya Pradesh, India. *Journal of Neurosciences in Rural Practice*,

3(2), 144. <https://doi.org/10.4103/0976-3147.98213>

Schmidt, M. E., & Vandewater, E. A. (2008). Media and attention, cognition, and school achievement. *Future of Children*. <https://doi.org/10.1353/foc.0.0004>

SEP. (2017). Estadística e Indicadores Educativos por Entidad Federativa. Retrieved from http://snie.sep.gob.mx/x_entidad_federativa.html

Standard Methods. (1999). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (20th ed.). Washington, DC: American Public Health Association.

Tang, Q. Q., Du, J., Ma, H. H., Jiang, S. J., & Zhou, X. J. (2008). Fluoride and children's intelligence: A meta-analysis. *Biological Trace Element Research*, *126*(1–3), 115–120. <https://doi.org/10.1007/s12011-008-8204-x>

Trivedi, M. H., Verma, R. J., Chinoy, N. J., Patel, R. S., & Sathawara, N. G. (2007). Effect of high fluoride water on intelligence of school children in India. *Fluoride*, *40*(3), 178–183.

UNICEF. (2018). Educación básica e igualdad entre los géneros. Retrieved from https://www.unicef.org/spanish/education/index_quality.html

Valdez Jiménez, L., López Guzmán, O. D., Cervantes Flores, M., Costilla-Salazar, R., Calderón Hernández, J., Alcaraz Contreras, Y., & Rocha-Amador, D. O. (2017). In utero exposure to fluoride and cognitive development delay in infants. *NeuroToxicology*, *59*, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2016.12.011>

Vélez, E., Schiefelbein, E., & Valenzuela, J. (1994). Factores que afectan el rendimiento académico en la educación primaria. *Factores Que Afectan El Rendimiento Académico En La Educación Primaria*, *17*(1), 16. Retrieved from

<http://biblioteca.uahurtado.cl/ujah/Reduc/pdf/pdf/7410.pdf>

Villaseñor Lozano, C., Diaz-Barriga, F., Calderón Hernández, J., Romero, S., & Galván, E. (2017). Salud mental materna: factor de riesgo del bienestar socioemocional en niños mexicanos. *Revista Panamericana de Salud Pública, 41*, 1–7.

Warsito, O., Khomsan, A., Hernawati, N., & Anwar, F. (2012). Relationship between nutritional status, psychosocial stimulation, and cognitive development in preschool children in Indonesia. *Nutrition Res and Practice, 6*(5), 451–457.
<https://doi.org/10.4162/nrp.2012.6.5.451>

Wechsler, D. (2007). *Escala Wechsler de inteligencia para niños-IV: Manual técnico. Estandarizado en México* (4a ed.). México: Manual Moderno.

Wechsler, D. (2011). *WPPSI-III: Escala Wechsler de inteligencia para los niveles preescolar y primario-III: Manual técnico*. México: El Manual Moderno.

WHO. (2006). Fluoride in Drinking-water Back ground Document. *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 1–9. <https://doi.org/10.1007/BF01783490>

Xiang, Q., Liang, Y., Chen, L., Wang, C., Chen, B., Chen, X., & Zhou, M. (2003). Effect of fluoride in drinking water on children's intelligence. *Fluoride, 36*(2), 84–94.

Zhao, L. B., Liang, G. H., Zhang, D. N., & Wu, X. R. (1996). Effect of a high fluoride water supply on children's intelligence. *Fluoride, 29*(4), 190–192.

ANEXO A



CENTRO DE INVESTIGACIÓN APLICADA EN
AMBIENTE Y SALUD CIACYT-UASLP



Carta de Consentimiento Informado

De acuerdo a la Declaración de Helsinki y con fundamento en la Ley General de Salud de los Estados Unidos Mexicanos, en el Título Quinto Investigación para la Salud, Capítulo Único, Artículo 100, Fracción I, II, III y IV.

La (Él) que suscribe _____ Madre (Padre) o Tutor del(a) niño(a) _____, de _____ años de edad, en pleno uso de mis facultades físicas y mentales, declaro haber sido invitado(a) para que mi hijo(a) participe en el estudio de investigación **“Evaluación de un Programa Académico para Desarrollar Habilidades Matemáticas en Niños”**

Para este fin he sido informado(a) en forma amplia y clara de que la participación de mi hijo(a) consistirá en: 1) Realizarle exámenes psicométricos para evaluar su desarrollo cognitivo al inicio, a la mitad y al final del proyecto y 2) Instrumentarle durante un periodo de 12 meses consecutivos un programa de matemáticas que consiste en que el niño realice ejercicios matemáticos los 7 días de la semana (20-30 min aprox); 3 días estará en la escuela bajo la supervisión del equipo de trabajo de esta investigación y los 4 días restantes trabajará en la casa con el apoyo de los padres. El objetivo de este programa es que el niño desarrolle hábitos de estudio como concentración, razonamiento matemático y agilidad mental.

He sido ampliamente informado(a) de que los riesgos de estudio son mínimos, ya que no hay riesgo de que el niño sufra algún daño físico, por lo que se me garantiza su completa seguridad e integridad al momento de la participación de mi hijo en el estudio.

También he sido informado(a) de los beneficios de participar en el presente estudio, los cuales consistirán en ser enterado(a) por escrito de todos los resultados de los estudios a que sea sometido mi hijo(a), y participar en el proyecto de intervención educativa de forma gratuita. También se me ha informado que los resultados obtenidos sólo serán utilizados con fines de investigación científica y que los datos que aporte serán mantenidos en estricta confidencialidad resguardados por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Por lo anterior expreso libremente, y sin ningún tipo de coerción, mi aceptación de participación en el presente estudio, en la inteligencia de que puedo retirar a mi hijo(a) en cualquier momento, si así lo estimo conveniente, sin que se vea afectado(a) de manera alguna.

San Luis Potosí, S.L.P. a _____ de _____ de 2015.

Acepto participar

Nombre y Firma del Padre, Madre o Tutor

Testigo

Nombre y Firma

Por otra parte, en caso de necesitar contactarlo(a) favor de escribir en el siguiente espacio a través de que medio pudiéramos hacerlo: _____

Agradecemos su atención y quedamos a sus órdenes para cualquier duda o inconveniente.

Dra. Jaqueline Calderón Hernández y M.S.P. Jazmín Lizzeth Vázquez Medina
Centro de Investigación Aplicada en Ambiente y Salud CIACYT, U. A. S. L. P.
Sierra Leona No. 550 San Luis Potosí, S. L. P. Tel. (444) 8262300 Ext. 8459.

ANEXO B

School-based intervention program to improve cognitive and math abilities in children at high risk for fluoride exposure.

Jazmin Lizzeth Vazquez-Medina¹, Laura Martinez-Turrubiarres¹, Anali Tristan-Torres¹, Maria Elena Navarro², Jaqueline Calderon^{1,3}

¹ Center for Applied Research in Environment and Health (CIAAS), Coordination for Innovation and Application of Science and Technology (CIACYT), Faculty of Medicine, Autonomous University of San Luis Potosi. (Centro de Investigación Aplicada en Ambiente y Salud (CIAAS), Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología (CIACYT), Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí). Av. Sierra Leona 550, Lomas segunda sección, CP 78210, San Luis Potosí, S.L.P. México.

² Faculty of Psychology, Autonomous University of San Luis Potosi. (Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí). Av. de los Talleres 186, Valle Dorado, CP 78399, San Luis Potosí, S.L.P. México.

³ Corresponding Author: (Jaqueline Calderon). Av. Sierra Leona 550, Lomas segunda sección, San Luis Potosí, S.L.P. México CP 78210. E mail: calderoj@uaslp.mx

Abstract.

The residents of the San Luis Potosi (SLP) city, Mexico has been chronically exposed to high levels of Fluoride (F) through drinking water for almost five decades. There is plenty of evidence of the impact of F on children's intelligence; visuospatial organization, immediate recall and attention scores has been inversely related with F exposure in children of SLP city. Low socioeconomic and cultural backgrounds, influences on children's numeracy skills. The 76.9% of the students in city of SLP do not have math proficiency. Mathematics is a complex high-level skill that depends on a number of cognitive abilities. The objective of this study was to undertake a school-base math intervention program in second grade children attending a public elementary school located in a marginalized area in SLP with high risk of fluoride exposure. Twenty-three children attending a public elementary school were enrolled in the program and followed during 12 months. The program included math's exercises from pre-K to 5th grade. Pre and post math skills, cognitive abilities (WISC-IV) evaluations were conducted and dental fluorosis grade was evaluated using modified Dean's index. At start the 56.5% of the children were at pre-K stage, 8.7% in kindergarten stage and 34.8% in 1st grade stage. None of them had math competences for the grade they were currently enrolled (2nd grade). At the end of the intervention the 56.5% of the students reached their current grade or beyond. In addition, the General Ability Index score after the intervention was on average 104 ± 15.1 compared with the average of 98 ± 10.5 at start ($p < 0.05$); regarding Working Memory Index the average was 101 ± 12.4 at end vs 96.6 ± 10.5 at start ($p < 0.05$). This targeted intervention program conclude that cognitive development and math abilities in children at high risk for F exposure, facing multiple and cumulative risks could be reduced and suggests the reversibility of the F effects.

Keywords. Math; intervention program; children; fluoride.

Funding Source Declaration

This project was supported by the allocation of resources from the Sectoral Fund for Research in Health and Social Security, announcement 2015-4 issued by the Ministry of Health, the Mexican Institute of Social Security, the Institute of Security and Social Services of State Workers and the National Council of Science and Technology [project number 00000266815] and the Fund to Support Research [FAI-UASLP 2015].

Policy and Ethics

This research is part of the project called "Metropolitan program for the monitoring and promotion of child mental health" with folio PI-01-2016, carried out in the metropolitan areas of La Laguna (Gomez Palacio, Durango) and San Luis Potosí, Mexico. Which was submitted and approved by the bioethics committee of the Faculty of Health Sciences of the University Juarez from the state of Durango, Mexico.

Introduction

The residents of the city of San Luis Potosi (SLP), Mexico has been chronically exposed to Fluoride (F) through drinking water for almost five decades. As a result of this chronic exposure, 90% of children had some dental fluorosis (DF) grade (Grimaldo M., Turrubiarres F., Milan J., Pozos A., Alfaro C., & Diaz-Barriga F., 1997; Rocha-Amador D., Navarro M.E., Carrizales L., Morales R., & Calderón J, 2007). DF occurs as a result of excess fluoride ingestion during tooth formation during childhood (DenBesten & Li, 2011). The grade of DF is associated with IQ decrements in children (Khan et al., 2015). There is plenty of evidence of the impact F on children's intelligence (Alaimo K., Olson C.M., & Frongillo E.A., 2001; Bashash et al., 2017; Bradley & Corwyn, 2002; Choi A.L., Sun G., Zhang Y., & Grandjean P., 2012; Fry et al., 2018; Lu Y., Sun Z.R., Wu L.N., Wang X., Lu W., & Liu S.S., 2000; Trivedi M.H., Verma R.J., Chinoy N.J., Patel R.S., & Sathawara N.G., 2007; Valdez Jiménez et al., 2017; Warsito O., Khomsan A., Hernawati N., & Anwar F., 2012). A study conducted in school-age children in SLP city showed an inverse relationship between visuospatial organization, immediate recall and attention scores and F exposure (Rocha-Amador et al., 2009). Visual-spatial and verbal working memory are components involved in learning mathematics and it is one of the strongest predictors of later academic and career success. Mathematics is a complex high-level skill that depends on a number of cognitive abilities (Van de Weijer-Bergsma E., Kroesbergen E.H., & Van Luit J.E.H., 2015). (Dec et al., 2017; Khan et al., 2015). Unfortunately, low mathematics skills are prevalent in Mexican school-age children. The latest domestic evaluation National Plan for Learning Evaluation (PLANEA by its Spanish acronym) conducted by the Ministry of Education in Mexico (INEE, 2015a) reported that 76.9% of children from the SLP city did not have proficiency in mathematics. It is well known that family and school play a key role in children's learning and school performance. However, socioeconomic condition and cultural backgrounds, also influences on numeracy skills (Alves A., Assis, C., Martins, A., & da Silva, L., 2017; Fernández-Zabala A., Goñi, E., Camino, I., & Zulaika, L. M., 2016). In the city of SLP 31.9% of the population lives in medium to high level of marginalization areas (CONAPO, 2012). These factors exert their influence on child cognitive development through a complex inter-relationship of more distal social factors such as marginalization and poor quality education with more proximal factors such as neurotoxic environmental exposure. In urban settings environmental and social risks

are often intertwined and correctly specifying and quantifying causal pathways is extremely difficult. Thus, to tackle the impact of these multiple and cumulative risks, intervention programs oriented to improve math/cognitive abilities in children in addition to the reduction of environmental exposures are essential. The objective of this study was to undertake a school-base math intervention program in second grade children attending a public elementary school located in a marginalized area in SLP with high risk of fluoride exposure.

2. Methods.

In order to identify our study area we created a map including three variables; urban marginalization index from National Population Council (CONAPO by its Spanish acronym) (CONAPO, 2012), F level in water (wells water supply values reported by the municipality) and math performance results from ENLACE 2013 test. The target school was selected for have F levels in well water supply over 3mg/L (above the permissible limit of 1.5mg/L established by the NOM-127 (NOM-127, 2000), medium urban marginalization index and high proportion of children with poor math performance (over 64.5% of children).

The project was presented to school authorities to get approval for the intervention. Then a meeting with the parents/tutors/guardians of the second grade children was held to get information about the goals, benefits and strategies of the intervention program. Interested parents/tutors/guardians to enroll his/her child in the program, signed an informed consent of participation along an assent from the child, the final sample included 23 children. Information about socioeconomic status measured with the survey of the Mexican Association of Market Intelligence and Opinion Agencies (AMAI) and demographic variables was obtained by a questionnaire.

Intervention procedure. First a baseline evaluation was conducted. It included a math skills diagnostic test to state the level of math performance, a cognitive abilities test (pre-intervention scores), and dental fluorosis evaluation of every participant. In addition, information of bimonthly math school reports was proportionated by the teacher. The program started May 2016 and lasted 12-months. After ending the intervention program, a second

evaluation was conducted. It included a math skills diagnostic test and a cognitive abilities test (post-intervention scores).

Math skills diagnostic test. It was applied to assess the level of mathematical competence. We have four graded tests (pre-K, kindergarten, 1st and 2nd grade), it included number sense and operations, algebraic thinking, geometry and spatial sense. First, all children were evaluated with the 2nd grade test (the grade they were currently enrolled). If the child does not have proficiency of the topics included in the evaluation in the expected time (10 minutes), a previous grade test was applied. It was the criteria to define where each child will start (proficiency).

Math school reports. This information was obtained by the teacher. Students were evaluated every two months; we got five reports by each child.

Cognitive abilities test. The short-form of the Wechsler Intelligence Scale for Children fourth edition (WISC-IV) revised and standardized version for Mexican population (Wechsler, 2007) was administered by a trained psychologist according to standardized procedures who were blind about children math abilities. A combined composite score was reported as the General Ability Index (GAI). In addition, Verbal Comprehension Index (VCI), Perceptual Reasoning Index (PRI) and Working Memory Index (WMI) were calculated. The VCI expresses verbal concepts formation skills, expression of relationships between concepts, wealth and precision in the definition of words, social understanding, practical judgment, acquired knowledge and agility and verbal intuition, assesses the child's use and understanding of language using subtests that assess abstract reasoning, vocabulary development, and common sense reasoning; the PRI expresses constructive praxical skills, training and classification of non-verbal concepts, visual analysis and simultaneous processing, assesses nonverbal reasoning and problem solving; WMI was also obtained, which analyzes the capacity of retention and storage of information, to mentally operate with this information, to transform it and generate new information; reflects a child's ability to recall, manipulate, and sequence auditory information. The average reference range of these indexes is 85 to 115 points (standard scores: mean=100; standard deviation=15) (Flanagan & Kaufman, 2012).

Diagnosis of dental fluorosis. Dental fluorosis prevalence examinations were performed by an experienced and trained dentist. DF grade was determined by modified Dean's index using criteria recommended by the World Health Organization (WHO). Scored as 0 (no fluorosis), 1 (very mild), 2 (mild), 3 (moderate), and 4 (severe).

Description of the intervention. The whole math program included a package of six graded stages (it included topics for pre-K, kindergarten, 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th grade). Each child started in their proficiency level and progress at their own abilities. The program started on May 2015 and lasted 12-months. The coordinator of the program monitored the activity at school three days a week (Monday, Wednesday and Friday). The remaining days the students have a pack math's exercises to solve at home, under the supervision of the parent/tutor/guardian. It was a complement to the subjects of the school curriculum, thus the parents do not need any special training they only have to support in the fulfillment of the activity. Also, the exercises were designed to be solved by the students without extra help (promoting self-taught). The time spent per day to solve the exercises (home or school) was around 20-30 minutes. The progress of each student was individual, at the end of each stage, an evaluation was applied to corroborate the mastery of the student and then advance to the next stage. The exercises done by each child during the each week were scored and registered day-to-day to monitoring the progress of the participants. For the accomplishment of the home tasks, the teacher reminded the child about the home activity, in addition a system of incentives for compliance was implemented. At the end of the week, children get tickets according to the completed activities that could be redeemed for prizes every month.

Statistical analysis. We started with a descriptive analysis of the data. Measures of central tendency and dispersion were calculated for continuous variables. Frequencies and percentages were calculated for categorical variables. Participants in the intervention program were stratified in three risk groups according the dental fluorosis grade: mild, moderate and severe. Paired t-test was conducted to compare scores of math and cognitive abilities in general and by each group. The significance level was fixed at $p < 0.05$. All data were analyzed by R software (R Development Core Team, 2016).

3. Results

Table 1 shows information about the characteristics of the children enrolled in the program; 56.5% (n=13) were female and 43.5% (n=10) were male, on average, participants were 8.28 years old ($SD=0.34$, range 7.9-9.3). All children were enrolled in 2nd grade, the 26.1% of the participants (n=6) came from a single-parent family and 73.9% (n=17) from a family with both parents. The 47.8% of the participants (n=11) had low socioeconomic level and the remaining 52.2% (n=12) medium socioeconomic level according to the classification of the AMAI survey. Regarding dental fluorosis 52.2% of the participants were diagnosed with mild dental fluorosis, 30.4% with moderate fluorosis and 17.4% with severe fluorosis.

[Insert Table 1]

Table 2 shows data from math performance. For math skills diagnostic test scores, the total mean was 83.8 points at the start of the intervention ($SD=15.9$, range 38.3-100) compared with 93 points ($SD=8.3$, range 63-100) at the end ($p<0.001$). For math school reports (scores), the total mean was 72 points at the start of the intervention ($SD=15$, range 60-100) versus 84 points at the end ($SD=11$, range 65-100) ($p<0.01$). For math skills diagnostic test scores stratified by dental fluorosis grade we observed a difference of ten points over, between mild and severe DF, this difference was statistically significant ($p<0.05$). Regarding math school reports scores, the group of severe DF has a gain of 15 points between pre and post-intervention this difference was statistically significant ($p<0.01$)

[Insert Table 2]

It was observed that participants with mild dental fluorosis showed better math performance than the moderate and severe dental fluorosis groups. It was also found that the participants of the intervention program of all groups (mild, moderate and severe dental fluorosis), had better math performance post-intervention.

Data in Table 3 shows total mean GAI. In previous scores to the intervention the average was 98 points ($SD=10.5$, range 69-122) compared with 104.2 points ($SD=15.1$, range 77-127) at the end of the program ($p<0.05$). For VCI the mean score was 97.3 points at the start of the intervention ($SD=9.7$, range 71-119) compared with 108.1 points ($SD=17.4$, range 75-140) at the end ($p<0.01$). For WMI the total mean was 96.6 points at the start of the intervention ($SD=10.5$, range 77-116) compared with 101 points ($SD=12.4$, range 77-132) at the end

($p < 0.05$). When pre and post data were compared for the group with severe DF all index scored high in the post intervention evaluation from 1.5 to 9.7 points. When stratified GAI scores by DF grade, the group with severe DF had the lowest score (pre-intervention program) compared with moderate and mild DF; mean 90.5 (SD=15.1), 96.5 (SD=5.8) and 101.4 (SD=10.2) respectively. The post-intervention scores showed an increment of almost 6 to 6.5 points for each group according the DF grade; 97 (SD=22.8), 102.7 (SD=13.8) and 107.4 (SD=13.3), for severe, moderate and mild DF respectively.

[Insert Table 3]

In general, all cognitive index in their total values showed an increase in the average scores when comparing the values of the beginning of the study with those of the end, with the exception of the PRI, which has a higher average score (0.7 points) at the beginning of the intervention that in the end.

Figure 1 shows comparison of math school reports scores provided by the teacher stratified according DF grade. Children with severe DF increase at the end of the intervention almost 15 points. The other two groups also had an increment in the scores.

[Insert Figure 1]

Figure 2 shows the proportion of stages completed by children pre and post intervention program. The 56.5% of the students reached their current grade or beyond.

[Insert Figure 2]

4. Discussion.

The participants in the program had average intelligence evaluated through the GAI (mean 98 ± 10.5), but underachievers in mathematics as demonstrated in the math skills diagnostic test. After the intervention there was an increment of almost 10 points between pre and post scores of the diagnostic test (mean values 83.3 vs 93; $p < 0.001$). The same rise was observed for math school reports provided by the teacher (calculated in percentage), the mean value at the beginning of the program was 72 compared with 84 at the end ($p < 0.01$). Regarding math

achievement, all the participants upgraded the level of mathematical competence. At the beginning of the intervention 56.5% of the children started at pre-K stage, 8.7% in kindergarten stage and 34.8% in 1st grade stage. The children in the 1st grade stage (21.7%) had basic math abilities for 4-5 years old, equivalent to pre-K and kindergarten grades (counting, sequences). None of them had math competences for the grade they were currently enrolled (2nd grade). At the end of the intervention only 21.7% had math competences for 1st grade compared with 34.8% at the start of the program (13.1% less). All others ended with math competences equivalents for 2nd grade (21.7%), 3rd grade (17.4%), 4th grade (13%) or 5th grade (26.1%) in total 56.5% of the students reached their current grade or beyond [Figure 2]. Nevertheless, the children with severe DF (we gathered them as a high risk group) had the lowest scores in the math skills diagnostic test, school math reports and GAI (78.3 ± 21 , 61 ± 5 , 90.5 ± 15.1) respectively compared with children with mild and moderate DF grade. However, they had an improvement after the program ended as demonstrated in the post intervention results. This high risk group scored on average 5.4 and 15 points at math skills diagnostic test and math school reports, respectively. When we compared pre and post intervention math school reports between intervened children with other 2nd grade group from the same school with similar DF grade prevalence, the scores were in average 15 vs 3 points, respectively.

Also, they advanced three stages, from the departure of pre-K to math skills for 2nd grade. In addition, the GAI scores after the intervention were on average 97 ± 22 compared with mean of 90.5 ± 15 at the beginning. Regarding children with mild DF, they progressed on average six stages (from kindergarten to 5th grade), 75% of them reached the math proficiency level skills according to their current grade level or beyond. The 100% of children had some DF grade; the prevalence was 17.4% severe, 30.4% moderate and 52.2% mild. Previous data of DF in children living in the city of SLP reported a prevalence of 74%; in rural endemic hydrofluorosis areas the prevalence is 100% in children (Grimaldo M., Borja-Aburto V.H., Ramirez A.L., Ponce M., Rosas M., & Diaz-Barriga F., 1995; Grimaldo et al., 1997; Jarquín-Yañez et al., 2015; Loyola-Rodriguez J.P., Pozos-Guillen A.J., Hernandez-Guerrero J.C., & Hernandez-Sierra J.F., 2000).

About cognitive development, we observed that all index, except PRI, increased the scores after ending the intervention. For example, GAI increased six points (mean= 98 pre vs

mean=104.1 post; $p=.018$), WMI increases 4.4 points (mean= 96.6 pre vs mean= 101 post; $p=.045$) and VCI increases 10.8 points (mean= 97.3 pre vs mean= 108 post; $p=.002$). After stratified by DF grade, the group had significant differences only in mild DF. GAI increases six points (mean=101.4 pre vs mean=107.4 post; $p=.099$), WMI increases 6 points (mean=96.3 pre vs mean=102.3 post; $p=.020$) and CVI increases 12 points (mean=100.6 pre vs mean=112.7 post; $p=.026$). These findings could support the hypothesis that with proper stimulation it is possible to diminish the impact on cognitive development in children exposed chronically to F. To the best of our knowledge there are not experimental or epidemiological studies focused on the evaluation of the reversibility of F on cognitive development. Evidently, academic intervention program must be going along with strategies to reduce the exposure to the environmental toxics (risk communication programs). In the SLP city, local authorities have installed drinking water bottle filling stations (with reverse osmosis filtration system to remove among others fluoride from water) to provide free drinking water to families living in marginalized areas of the city. To date there are 25 stations. Also, in the drinking water monitoring program conducted in the metropolitan area of the San Luis Potosí; 97% of the bottled water samples analyzed ($n=200$) in 2017 were below 0.7 mg/L (NOM-041, 1994). However, the levels of fluoride in tap water remains over the level of 1.5 mg/L (NOM-127, 2000), ranging from 0.6 -7.3 mg/L; the 87% of the sample were above the NOM-127 ($n= 200$ tap water samples). Almost 70% of the population still using tap water for cooking.

The root causes for the poor math performance is partly understood. There are three suspected identified factors. The teacher factor (mastery, instructional techniques classroom management, etc.). The student factor (study habits, time management and attitude towards mathematics). Third the environmental factors such as parent's attitudes, classroom setting and peer group. In addition, environmental neurotoxic agents must be accounted particularly F exposure. Due to the implications on memory, learning and visuospatial organization alterations and the role of these higher brain functions on learning mathematics; because millions of children are currently exposed in Mexico in endemic hydrofluorosis areas (Calderón J., Machado B., Navarro M.E., Carrizales L., & Diaz-Barriga F., 2000; Dec et al., 2017; Khan et al., 2015; Rocha-Amador et al., 2009; Van de Weijer-Bergsma et al., 2015).

We demonstrated with this inexpensive (60 usd 1child/year) and well-structured math intervention program that was possible to enhance the child math performance and counteract some of the effects previously thought to be irrevocable.

According the latest data from an international mathematical assessment, Mexico is ranked in the 56th position from 70 countries evaluated (OECD, 2016). At domestic evaluations in the PLANEA 2015 test, SLP city ranked in the 8th position at national level (INEE, 2015b). The national agenda must include actions focus to develop mathematical proficiency to revert this situation. The Sustainable Development Goal number four state “Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all”. In addition, 34% of the population lives in areas with medium to high marginalization and 65% of the wells had F levels above the NOM-127-SSA1-1994. The study limitations include the small sample size; while it allowed the complete follow-up of involved children, but also limited the generalizability of the results.

5. Conclusion.

This targeted intervention program demonstrated that proper stimulation could reduce the negative impacts on cognitive development and math abilities in children at high risk for F exposure, living in marginalized area and attending an under-resourced school.

Aknowledgements

We would like to thank the elementary school “Leona Vicario” participants for making this research possible. Mariana Calderon Hernandez and Gisela de Jesus Galvan Almazan for their technical assistance. This work was supported by Sectoral Fund for Research in Health and Social Security, announcement 2015-4 issued by the Ministry of Health, the Mexican Institute of Social Security, the Institute of Security and Social Services of State Workers and the National Council of Science and Technology [project number 00000266815] and the Fund to Support Research [FAI-UASLP 2015]. Jazmin Vazquez-Medina thanks to CONACYT her scholarship number 372206.

Declarations of interest

“None”

Table 1. Characteristics of the children involved in the intervention program. (n=23)

Measure	Mean ± SD (range)	
	n	%
Age (years)	8.28 ± 0.34 (7.9-9.3)	
Gender		
Female	13	56.5
Male	10	43.5
Family Structure		
Live with single parent	6	26.1
Live with both parents	17	73.9
Socioeconomic Level*		
Low	11	47.8
Medium	12	52.2
Dental Fluorosis**		
Mild	12	52.2
Moderate	7	30.4
Severe	4	17.4

*Measured through AMAI survey; ** Measured with modified Dean's index

Table 2. Comparison of math performance stratified by dental fluorosis grade group pre- and post-intervention.

Measure	Total (n=23)	Dental Fluorosis Grade		
		Mild (n=12)	Moderate (n=7)	Severe (n=4)

	Mean ± SD (range)	Mean ± SD (range)	Mean ± SD (range)	Mean ± SD (range)
Math skills diagnostic test (scores)				
Pre	83.8 ± 15.9*** (38.3-100)	83.2 ± 17.7** (38.3-100)	88.1 ± 9.7* (70-98.3)	78.3 ± 21 (55-100)
Post	93 ± 8.3 (63-100)	94.5 ± 5.9 (82-100)	95.9 ± 3.3 (92-100)	83.7 ± 14.7 (63-97)
Math school reports (scores)				
Pre	72 ± 15** (60-100)	75 ± 15 (60-100)	73 ± 16 (60-96)	61 ± 5** (60-70)
Post	84 ± 11 (65-100)	87 ± 10 (65-100)	84 ± 13 (65-100)	76 ± 1 (75-78)

*p< 0.05; **p<0.01; ***p<0.001

Scores for math skills diagnostic test and math school reports have scale from (0-100)

Table 3. Comparison of cognitive abilities test stratified by dental fluorosis grade group pre- and post-intervention.

Measure	Dental Fluorosis Grade			
	Total (n=23)	Mild (n=12)	Moderate (n=7)	Severe (n=4)
	Mean ± SD (range)	Mean ± SD (range)	Mean ± SD (range)	Mean ± SD (range)
General Ability Index				
Pre	98 ± 10.5*	101.4 ± 10.2	96.5 ± 5.8	90.5 ± 15.1

	(69 - 122)	(90 - 122)	(88 - 104)	(69 - 101)
Post	104.2 ± 15.1 (77 - 127)	107.4 ± 13.3 (82 - 127)	102.7 ± 13.8 (84 - 127)	97 ± 22.8 (77 - 121)
Verbal Comprehension Index				
Pre	97.3 ± 9.7** (71 - 119)	100.7 ± 9.3* (89 - 119)	94.6 ± 5.7 (87 - 102)	92 ± 14.6 (71 - 102)
Post	108.1 ± 17.4 (75 - 140)	112.7 ± 15.8 (91 - 140)	103.7 ± 13 (89 - 128)	101.7 ± 27.8 (75 - 130)
Perceptual Reasoning Index				
Pre	98.6 ± 11.7 (73 - 121)	101.5 ± 10.9 (84 - 121)	98.7 ± 12 (86 - 117)	89.7 ± 11.8 (73 - 98)
Post	97.9 ± 13.3 (69 - 119)	99.2 ± 12.5 (69 - 119)	99.6 ± 15.1 (79 - 119)	91.2 ± 13.9 (77 - 106)
Working Memory Index				
Pre	96.6 ± 10.5* (77 - 116)	96.3 ± 9.3* (86 - 116)	99.1 ± 8.8 (88 - 110)	93 ± 17.4 (77 - 113)
Post	101 ± 12.4 (77 - 132)	102.3 ± 12.6 (88 - 132)	101.1 ± 11.9 (91 - 120)	97 ± 15 (77 - 110)

*p< 0.05; **p<0.01;

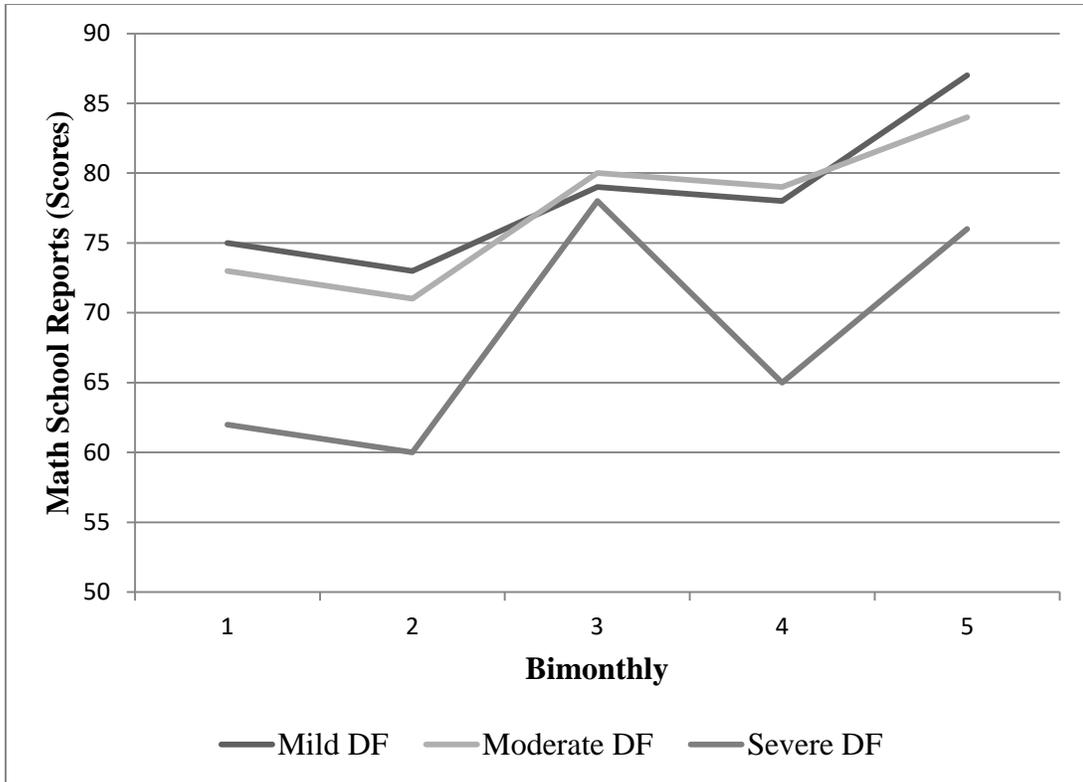


Figure 1. Comparison of bimonthly math school reports scores according to dental fluorosis. The children were grouped according to the grade of dental fluorosis (DF) determined by Dean’s modified index using criteria recommended by the World Health Organization (WHO). Scored as mild, moderate and severe.

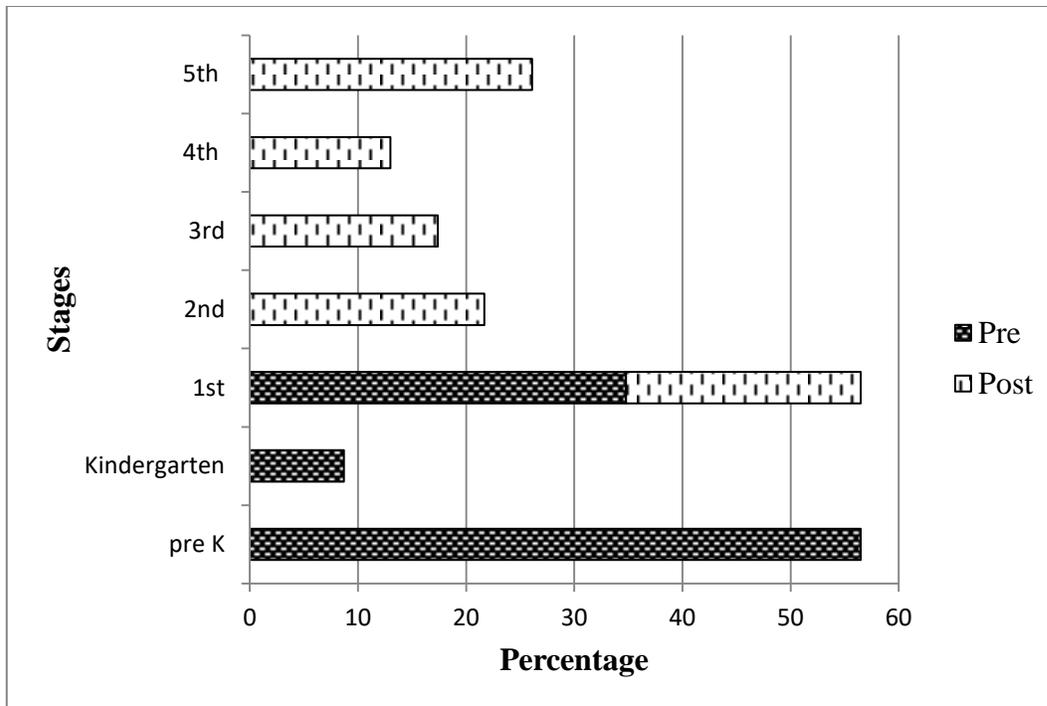


Figure 2. Proportion of stages completed by children pre and post intervention program. Comparison.

References

- Alaimo, K., Olson, C., & Frongillo, E. (2001). Food insufficiency and American school-aged children's cognitive, academic, and psychosocial development. *Pediatrics*, *108*(1), 44–53. <https://doi.org/10.1542/peds.108.3.e44>
- Alves, A., Assis, C., Martins, A., & da Silva, L. (2017). Cognitive performance and academic achievement: How do family and school converge? *European J of Education and Psychol*, *10*, 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.ejeps.2017.07.001>
- Bashash, M., Thomas, D., Hu, H., Martinez-mier, E. A., Sanchez, B. N., Basu, N., ... Hernández-avila, M. (2017). Prenatal Fluoride Exposure and Cognitive Outcomes in Children at 4 and 6 – 12 Years of Age in Mexico. *Environ. Health Perspect.*, *1*, 1–12. <https://doi.org/10.1289/EHP655>
- Bradley, R. H., & Corwyn, R. F. (2002). Socioeconomic Status and Child Development. *Annual Rev of Psychol*, *53*(1), 371–399. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135233>
- Calderón, J., Machado, B., Navarro, M., Carrizalez, L., & Díaz-Barriga, F. (2000). Influence of fluoride on reaction time and organization visuospatial in children. *Epidemiology*, *11*(4), S153.
- Choi, A. L., Sun, G., Zhang, Y., & Grandjean, P. (2012). Developmental Fluoride Neurotoxicity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ. Health Perspect.*,

120(10), 1362–1368. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104912>

- CONAPO. (2012). Índice de marginación urbana 2010 [Urban marginalization index 2010]. In *CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN* (First Edit). MÉXICO, D.F. Retrieved from http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Capitulo_1_Marginacion_Urbana_2010. Accessed: 2018-05-11. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zL6hX5ps>)
- Dec, K., Łukomska, A., Maciejewska, D., Jakubczyk, K., Baranowska-Bosiacka, I., Chlubek, D., ... Gutowska, I. (2017). The Influence of Fluorine on the Disturbances of Homeostasis in the Central Nervous System. *Biological Trace Element Res*, 177(2), 224–234. <https://doi.org/10.1007/s12011-016-0871-4>
- DenBesten, P., & Li, W. (2011). Chronic fluoride toxicity: Dental fluorosis. *Fluoride and the Oral Environ*, 22, 81–96. <https://doi.org/10.1159/000327028>
- Fernández-Zabala, A., Goñi, E., Camino, I., & Zulaika, L. M. (2016). Family and school context in school engagement. *European J of Education and Psychol*, 9, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.ejeps.2015.09.001>
- Flanagan, D. P., & Kaufman, A. S. (2012). *Claves para la evaluación con WISC-IV*. (2a ed.). México: Manual Moderno.
- Fry, D., Fang, X., Elliott, S., Casey, T., Zheng, X., Li, J., ... McCluskey, G. (2018). The relationships between violence in childhood and educational outcomes: A global systematic review and meta-analysis. *Child Abuse and Negl*, 75(January 2017), 6–28. <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2017.06.021>
- Grimaldo, M., Borja-Aburto, V. H., Ramírez, a L., Ponce, M., Rosas, M., & Díaz-Barriga, F. (1995). Endemic fluorosis in San Luis Potosi, Mexico. I. Identification of risk factors associated with human exposure to fluoride. *Environ. Res.*, 68, 25–30. <https://doi.org/10.1006/enrs.1995.1004>
- Grimaldo, M., Turrubiarres, F., Milan, J., Pozos, A., Alfaro, C., & Díaz-Barriga, F. (1997). Endemic fluorosis in San Luis Potosi, Mexico. III. Screening for fluoride exposure with a geographic information system. *Fluoride*, 30(1), 33–40. Retrieved from www.fluoridresearch.org/301/files/FJ1997_v30_n1_p033-040.pdf
- INEE. (2015a). PLANEA. Resultados Nacionales 2015, por entidad federativa. [National Results 2015 by state]. Retrieved from http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2015/difusion_resultados/1_Resultados_nacionales_Planea_2015.pdf. Accessed: 2018-05-11. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zLA5VqJF>)
- INEE. (2015b). PLANEA. Resultados nacionales 2015. [National Results 2015]. Retrieved from <http://www.inee.edu.mx/images/stories/2015/planea/final/fasciculos-finales/resultadosPlanea-3011.pdf>. Accessed: 2018-05-11. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zLAFaheZ>)
- Jarquín-Yañez, L., Mejiá-Saavedra, J. D. J., Molina-Frechero, N., Gaona, E., Rocha-Amador,

- D. O., López-Guzmán, O. D., & Bologna-Molina, R. (2015). Association between urine fluoride and dental fluorosis as a toxicity factor in a rural community in the state of San Luis Potosi. *Scientific World J*, 2015, 4–8. <https://doi.org/10.1155/2015/647184>
- Khan, S. A., Singh, R. K., Navit, S., Chadha, D., Johri, N., Navit, P., ... Bahuguna, R. (2015). Relationship between dental fluorosis and intelligence quotient of school going children in and around lucknow district: A cross-sectional study. *J of Clinical and Diagnostic Res*, 9(11), ZC10-ZC15. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/15518.6726>
- Loyola-Rodriguez, J. P., Pozos-Guillen, A. J., Hernandez-Guerrero, J. C., & Hernandez-Sierra, J. F. (2000). Fluorosis en denticion temporal en un area con hifrofluorosis endemica. *Salud Publ de Mex*, 42(3), 194–200. Retrieved from <https://www.scielosp.org/pdf/spm/2000.v42n3/194-200/es>
- Lu, Y., Sun, Z. R., Wu, L. N., Wang, X., Lu, W., & Liu, S. S. (2000). Effect of high-fluoride water on intelligence in children. *Fluoride*, 33(2), 74–78. Retrieved from www.mercurioenlaboca.org/comunidad/uploads/FileUpload/48/dbb7280c2462ff3c18f22e0e6b23a2.pdf
- NOM-041. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993, Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Retrieved from http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4695654&fecha=16/05/1994. Accessed: 2018-05-11. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zL9oPeFJ>)
- NOM-127. (2000). Modificacion a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Retrieved from http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=31/12/1969. Accessed: 2018-05-11. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zLA1Vb6q>)
- OECD. (2016). PISA 2015 Results Excellence and Equity in Education (Volume 1). Retrieved from <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7991/%0A-2015-Como-le-fue-a-la-region.pdf?sequence=1>. Accessed: 2018-05-11. (Archived by WebCite® at <http://www.webcitation.org/6zLALU4gc>)
- R Development Core Team. (2016). R: A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing Vienna Austria*, 0, {ISBN} 3-900051-07-0. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800737>
- Rocha-Amador, Navarro, M. E., Carrizales, L., Morales, R., & Calderón, J. (2007). Decreased intelligence in children and exposure to fluoride and arsenic in drinking water. *Cadernos de Saúde Pública*, 23(suppl 4), S579–S587. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2007001600018>
- Rocha-Amador, Navarro, M., Trejo-Acevedo, A., Carrizales, L., Pérez-Maldonado, I., Díaz-Barriga, F., & Calderón, J. (2009). Use of the Rey-Osterrieth Complex Figure Test for neurotoxicity evaluation of mixtures in children. *NeuroToxicology*, 30(6), 1149–1154.

<https://doi.org/10.1016/j.neuro.2009.09.003>

- Trivedi, M. H., Verma, R. J., Chinoy, N. J., Patel, R. S., & Sathawara, N. G. (2007). Effect of high fluoride water on intelligence of school children in India. *Fluoride*, *40*(3), 178–183.
- Valdez Jiménez, L., López Guzmán, O. D., Cervantes Flores, M., Costilla-Salazar, R., Calderón Hernández, J., Alcaraz Contreras, Y., & Rocha-Amador, D. O. (2017). In utero exposure to fluoride and cognitive development delay in infants. *NeuroToxicology*, *59*, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2016.12.011>
- Van de Weijer-Bergsma, E., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2015). Verbal and visual-spatial working memory and mathematical ability in different domains throughout primary school. *Mem & Cognit*, *43*(3), 367–378. <https://doi.org/10.3758/s13421-014-0480-4>
- Warsito, O., Khomsan, A., Hernawati, N., & Anwar, F. (2012). Relationship between nutritional status, psychosocial stimulation, and cognitive development in preschool children in Indonesia. *Nutrition Res and Practice*, *6*(5), 451–457. <https://doi.org/10.4162/nrp.2012.6.5.451>
- Wechsler, D. (2007). *Escala Wechsler de inteligencia para niños-IV: Manual técnico. Estandarizado en México* (4a ed.). México: Manual Moderno.

ANEXO C



PROGRAMA METROPOLITANO PARA LA VIGILANCIA Y PROMOCIÓN DE LA SALUD MENTAL INFANTIL

UNIVERSIDAD JUAREZ DEL ESTADO DE DURANGO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI



Carta de Consentimiento Informado

El (La) que suscribe _____ Padre, Madre, o tutor del(a) niño(a) _____, de _____ años de edad, del grupo _____, en pleno uso de mis facultades físicas y mentales, declaro haber sido invitado(a) para que mi hijo(a) participe en el estudio de " Programa Metropolitano para la Vigilancia y Promoción de la Salud Mental Infantil"

Para este fin he sido informado(a) en forma amplia y clara de que la participación de mi hijo(a) consistirá en: 1) Realizarle exámenes antropométricos y psicométricos para evaluar su desarrollo cognitivo y salud mental, 2) La toma de una muestra de sangre y orina para la determinación de contaminantes ambientales y biometría hemática, en el entendido de que todos estos exámenes serán gratuitos, y 3) La orientación de algún programa de intervención que ayude a mi hijo en su estimulación y la participación de ser necesario en pláticas psicoeducativas en la escuela de mi hijo.

He sido ampliamente informado(a) de que los riesgos de estudio son mínimos, similares a los de un análisis de sangre usual de laboratorio clínico, los cuales pueden consistir en un ligero dolor y molestias pasajeras en el sitio de la punción venosa.

También he sido informado(a) de los beneficios de participar en el presente estudio, los cuales consistirán en ser enterado(a) por escrito de todos los resultados de los estudios a que sea sometido mi hijo(a), y participar en las pláticas de intervención psicoeducativa. También se me ha informado que los resultados obtenidos sólo serán utilizados con fines de investigación científica y que los datos que aporte serán mantenidos en estricta confidencialidad resguardados por la Universidad Juárez del Estado de Durango y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Por lo anterior expreso libremente, y sin ningún tipo de coerción, mi aceptación de participación en el presente estudio, en la inteligencia de que puedo retirar a mi hijo(a) en cualquier momento, si así lo estimo conveniente, sin que se vea afectado(a) de manera alguna, informándolo a los encargado por escrito.

_____ a _____ de _____ de 20__.

Acepto participar:

Nombre: _____ Firma: _____

Teléfono de contacto: _____

Testigo1: (Nombre): _____ Firma: _____