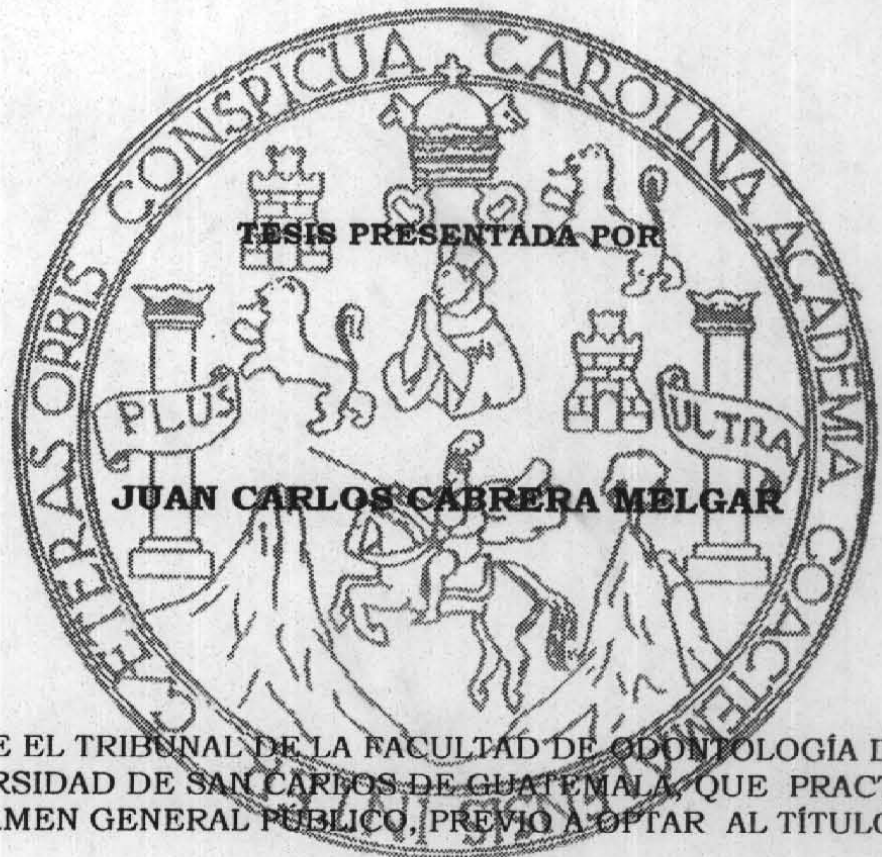


931
Ab. 69

**EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE FLUORURACIÓN DE EMPAGUA
POR MEDIO DE LA ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE FLUORURO, A
TRAVÉS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE
FLUORURO EN LA ORINA, EN ESCOLARES DE NIVEL PRIMARIO,
INSCRITOS EN 1998 EN ESCUELAS PÚBLICAS Y PRIVADAS QUE
SON ABASTECIDAS POR EL AGUA DE EMPAGUA.**



ANTE EL TRIBUNAL DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, QUE PRACTICÓ EL
EXAMEN GENERAL PÚBLICO, PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1998.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

09
7(1077)
C. 4

- II -

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Decano:	Dr. Danilo Arroyave Rittscher
Vocal Primero:	Dr. Eduardo Abril Gálvez
Vocal Segundo:	Dr. Luis Barillas Vásquez
Vocal Tercero:	Dr. César Mendizábal Girón
Vocal Cuarto:	Br. Guillermo Martini Galindo
Vocal Quinto:	Br. Alejandro Rendón Terraza
Secretario:	Dr. Carlos Alvarado Cerezo

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO

Decano:	Dr. Danilo Arroyave Rittscher
Vocal Primero (Miembro J.D.):	Dr. Eduardo Abril Gálvez
Vocal Segundo (Asesor):	Dr. Ricardo Sánchez Ávila
Vocal Tercero:	Dr. Edgar Sánchez Rodas
Secretario:	Dr. Carlos Alvarado Cerezo

DEDICO ESTE ACTO

A DIOS

A LA SANTÍSIMA VIRGEN

A MIS PADRES

RIGOBERTO CABRERA

ESTELA MELGAR DE CABRERA

A MIS HERMANOS

ERICK, CLAUDIA Y JUDITH

A MI FAMILIA

A MI NOVIA

DRA. ERIKA MELÉNDEZ

A LAS FAMILIAS

GÓMEZ RAMÍREZ

MELENDEZ DE LEÓN

A MIS AMIGOS

ING. DAVID LEZANA

PBRO. LUIS FERNANDO DUBÓN

DEDICO ESTA TESIS

A GUATEMALA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

A MI ASESOR

DR. RICARDO SÁNCHEZ ÁVILA

A MIS CATEDRÁTICOS, ESPECIALMENTE A:

DRA. LUCRECIA DE RALÓN

DRA. PATRICIA HERNÁNDEZ

DR. VICTOR HUGO LIMA

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE PROMOCIÓN:

SRA. MAYRA POLANCO AVILA

LUIS ROBERTO CAMPAIGNAC

JORGE LUIS BENAVENTE

DR. KENNETH PINEDA



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Tesis titulado: **“EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE FLUORURACIÓN DE EMPAGUA POR MEDIO DE LA ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE FLUORURO, A TRAVÉS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN LA ORINA, EN ESCOLARES DE NIVEL PRIMARIO, INSCRITOS EN 1998 EN ESCUELAS PÚBLICAS Y PRIVADAS QUE SON ABASTECIDAS POR EL AGUA DE EMPAGUA”**, conforme lo demandan los Estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al título de Cirujano Dentista.

Deseo expresar mi sincero agradecimiento al Dr. Ricardo Sánchez Ávila por su asesoría y apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

Y a vosotros Miembros del Honorable Tribunal Examinador aceptad las muestras de mi mas alta consideración y respeto.

GRACIAS

INDICE

	Página
I. Sumario	1
II. Introducción	2
III. Planteamiento del problema	3
IV. Justificación	4
V. Revisión de Literatura	5
VI. Objetivos	22
VII. Variables	23
VIII. Indicadores de las Variables	24
IX. Metodología	25
X. Presentación y Análisis de resultados	32
XI. Conclusiones	46
XII. Recomendaciones	47
XIII. Anexos	48
XIV. Referencias Bibliograficas	49

I. SUMARIO

Uno de los objetivos generales del presente estudio fue determinar si la ingesta de fluoruro del agua de consumo estimada a partir del análisis de la concentración de fluoruro en la orina es adecuada, para la prevención de la caries dental, para tal efecto se diseñó una metodología, la cual se inició con la selección de una muestra representativa, a través de un muestreo aleatorio por conglomerados, 6 escuelas o colegios de nivel primario y a su vez 15 escolares de cada uno, comprendidos entre las edades de 7 a 14 años, para un total de 90 escolares que conformaron la muestra. La población total del presente estudio fue aproximadamente 90930 escolares inscritos en el perímetro de abastecimiento de agua de consumo de la Empresa Municipal de Agua, (EMPAGUA).

Anterior a la recolección de los datos, se llevaron a cabo varias sesiones de prueba para poder calibrar el electrodo específico para ion Flúor, ya que en algunas ocasiones pueden variar por diversos factores, una vez calibrado el electrodo se visitaron los establecimientos elegidos para el estudio y a 15 escolares en cada uno de ellos, para informarles en que consistía el estudio y así poder lograr su colaboración, principalmente es de hacer notar que las mujeres se negaron a colaborar. A continuación en días posteriores se procedió a la recolección de muestras de orina y agua de las escuelas para su posterior análisis, obteniendo los siguientes resultados: La Media Aritmética de la concentración de fluoruro en orina fue de 0.419 mg/l, la Desviación Estandar fue de 0.103 mg/l, se obtuvo una Mediana de 0.4 mg/l y un Rango de 0.725 - 0.236 mg/l. Del total de examinados únicamente, uno tuvo una concentración de fluoruro en orina aceptable, la cual es indicativa de una aceptable ingesta de fluoruro. Con respecto a la concentración de fluoruro en agua, se encontraron niveles de fluoruro muy bajos que varían de 0.28 mg/l a 0.466 mg/l, lo cual se considera insuficiente para ser considerados en un programa de prevención de Caries Dental y Enfermedad Periodontal.

Estos resultados nos confirman los encontrado por Lara en 1996, un alto índice de Caries Dental, por lo tanto se considera que el Programa de Fluoruración del agua de consumo EMPAGUA no está funcionando de una manera adecuada.

II. INTRODUCCION

Una de las enfermedades más comunes en todas las edades y en todo el mundo es la caries dental (24). Diversos factores se entrelazan agudizando el problema, entre ellos el factor socioeconómico, cultural y la indiferencia. Debido a este problema, tanto los países desarrollados como los poco industrializados están familiarizándose con las técnicas preventivas de la fluoruración del agua potable, debido a sus múltiples ventajas sobre cualquier otro método (17).

En febrero de 1989, se implementó el programa de fluoruración, por medio de un convenio entre la Municipalidad de Guatemala, el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, con el objeto de lograr una disminución en la incidencia y prevalencia de caries dental en la población guatemalteca beneficiada con el agua de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA).

El presente estudio tuvo el propósito de evaluar el programa de fluoruración de La Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), por medio de la determinación de la ingesta de ion flúor a través de la concentración de este elemento en la orina en escolares de nivel primario, de 7 a 14 años de edad, en la ciudad de Guatemala, además de proporcionar información a las distintas entidades relacionadas con el tema, sobre las condiciones actuales del programa de fluoruración.

III. FORMULACION DEL PROBLEMA

Investigaciones realizadas en países industrializados, los cuales han implementado un eficaz programa de fluoruración han demostrado que la reducción de caries dental es significativa, 65 % como promedio, en comparación con niños de las mismas edades residentes en áreas en las cuales la concentración de flúor en las aguas es menor a 1 ppm (31).

Los esfuerzos por incorporar fluoruros al agua de consumo humano de la Ciudad de Guatemala, se remontan al año 1952, posteriormente se hicieron nuevos intentos e incorporaciones en los años de 1954, 1961, 1968 (11), y finalmente desde 1989 (22).

Por tal motivo el presente estudio pretendió evaluar : Si en realidad el programa en cuestión está funcionando adecuadamente, se esperaría encontrar niveles de concentración de fluoruros en orina de los escolares evaluados, que fueran un reflejo de la ingesta adecuada de fluoruros del agua de consumo y por ende que esté en concordancia con los indicadores de caries dental.

IV. JUSTIFICACION

La caries dental es una de las enfermedades más prevalentes y difundidas en el mundo con 98% de incidencia en la población guatemalteca (20), debido principalmente, a la falta de conocimiento de como prevenirla, por lo tanto se hace necesario un enfoque de prevención primaria para reducir los altos índices de la misma. Por tal motivo, a partir de 1989, se implementó el programa de fluoruración del agua de consumo de la ciudad capital como medida alternativa de prevención eficaz y masiva, la cual llega a toda la población sin discriminación y a bajo costo. También se hace referencia en el convenio del programa de fluoruración – “se solicitará la colaboración de las universidades del país que cuenten con facultades de Odontología para la evaluación del programa” (11). En base a lo anterior es indispensable que un programa de tal magnitud, y que ha funcionado por mas de 8 años, sea evaluado, determinando si los niveles de concentración de flúor en el agua de consumo son óptimos o deficientes y si realmente se están ingiriendo dosis adecuadas de flúor.

V. REVISION DE LITERATURA

Durante los últimos años se han desarrollado investigaciones sobre la acción biológica de los fluoruros, el interés por estos estudios aumentó a raíz de la observación de que los fluoruros ejercen una influencia particular en la dentadura, inhibición pronunciada de la caries dental y a dosis mayores perturbación de la formación del esmalte (19).

En los dientes igual que en los huesos, la concentración de flúor está directamente relacionada con la cantidad ingerida y para determinar esta, el método más confiable ha sido, determinar la concentración y excreción del ion flúor en la orina (35, 36).

Los fluoruros ocupan un lugar primordial en lo que respecta al nivel preventivo de la patologías bucales mas comunes, como lo son la caries dental y la enfermedad periodontal, teniendo en cuenta que las mismas afectan a más del 90% de los seres humanos. En la presente revisión de literatura se desarrollarán los siguientes temas: elemento flúor, su papel en la caries dental y enfermedad periodontal, efectos del fluoruro en el agua de consumo, vías de ingesta, su metabolismo, sus efectos tóxicos, contenido de fluoruros en algunos alimentos, fuentes de fluoruros, antecedentes e historia de la fluoruración de las aguas de consumo, procedimiento de adopción del programa de fluoruración del agua de consumo, situación actual del programa de fluoruración en la ciudad capital, agentes fluorizantes agregados al agua potable, la concentración óptima, la relación clima y fluoruración, la seguridad de la fluoruración, otros métodos alternos de la administración de fluoruros, métodos para determinar el nivel de fluoruros,

FLUOR

Es un elemento halogenado y como tal es bastante reactivo, formando iones negativos o compartiendo electrones, se caracteriza por su pequeño tamaño atómico y además que no se encuentra puro en la naturaleza, ya que se ha encontrado en forma de fluoruro en la mayoría de las veces (4, 23).

Sus principales características físicas son:

1. Densidad de 1.14 gr/cm³.
2. Electronegatividad de 4.0.
3. Punto de fusión de -218° C.
4. Aspecto, verde amarillento.
5. Peso atómico 19.
6. Número atómico 9.

Se combina con todos los elementos químicos excluyendo al oxígeno y platino (43).

Se ha demostrado en varios estudios que las altas concentraciones de fluoruro en el tejido dental se relacionan directamente con la insolubilidad del esmalte dentario cuando se

expone a los ácidos. Por lo cual se ha explicado la acción anticariogénica del flúor, reduciendo la incidencia de caries dental en un 50% aprox. cuando se administra en concentraciones de 1-2 ppm en el agua de consumo.

Son bien conocidas dos teorías sobre el mecanismo de acción del flúor en la prevención de la caries dental:

- a. Acción físico-química: El flúor fortalece el esmalte haciéndolo mas resistente a los ácidos, esta teoría es la más aceptada.
- b. Acción antibacterial: El flúor inhibe las enzimas bacterianas productoras de ácidos.

VIAS DE INGESTION

1. APARATO RESPIRATORIO

De los fluoruros dispersos en la atmósfera, se considera que algunos se forman, por la acción mecánica del viento sobre la superficie oceánica, en otras ocasiones se han detectado fluoruros en la atmósfera de orígenes tales como: humos industriales, humo del carbón y emanaciones volcánicas (4). Como es de esperar las concentraciones de flúor atmosférico son de poca significación.

2. APARATO DIGESTIVO

La ingesta de flúor por esta vía es en promedio de 0.5 mgs. diarios, ya que ciertos alimentos contienen mayor concentración que otros. La mayoría de las aguas potables contienen fluoruros, por lo que constituye una fuente importante (10).

Estudios realizados anteriormente han revelado que la ingesta de flúor diaria de 0.5 - 1.0 mg en niños y 1.5 - 2.0 mg en adultos, puede reducir la caries dental en un 50%, sin el efecto indeseable de fluorosis dental (10).

Otra forma de ingesta de flúor es por medio de comprimidos y pastillas que contienen comúnmente 1 mg de flúor, en forma de fluoruro sódico, aunque tal forma de ingestión se ha objetado porque se considera que la ingestión de 1 mg de fluoruro diario, resulta menos eficaz, que la administración de la misma dosis a lo largo del día en cantidades pequeñas, debido a la rapidez de absorción, distribución y excreción (24).

Otra forma por la cual se ha sugerido administrar fluoruros es por medio de la sal de mesa. En Europa hace varios años se introdujo la fluoración de sal a gran escala, que contenía aprox. 90 mgs. de F/Kg o 200 mg de fluoruro de sodio/Kg, pero se han encontrado problemas para su uso universal. El agua fluorada y la sal fluorada, constituyen las mejores medidas preventivas en contra de la caries dental, sin embargo una dieta balanceada puede considerarse importante (2, 18).

VIAS DE INCORPORACION DE FLUOR AL TEJIDO DENTARIO

a. Endógena:

Incorpora flúor en todas las fases de la formación coronaria, en forma centrífuga, desde la pulpa, a donde llega por medio de la sangre (35).

b. Exógena:

Incorporación de flúor en forma centripeta, de la superficie exterior del esmalte hacia la pulpa (35).

c. Mixta:

Es la más importante ya que incluye las dos anteriores.

METABOLISMO

El metabolismo de los fluoruros es altamente complejo, debido a varios factores que se conjugan, tales como: ingesta, excreción, edad, clima, individuos, enfermedades renales, etc. (34)

Absorción:

Es el paso de sustancias a través del lúmen del tracto gastrointestinal, que luego por medio de capilares es distribuido al organismo para su utilización. Es importante apuntar dos aspectos importantes que giran en torno de este tema: (23).

1. Los fluoruros se pueden originar de fuentes orgánicas o inorgánicas.
2. Los fluoruros inorgánicos pueden ser: solubles, insolubles e inertes.

El flúor es rápidamente absorbido, a menos que haya sido ingerido en forma de sólido insoluble o compuestos orgánicos. (23)

Los compuestos poco solubles como su nombre lo indica se absorben incompletamente y dependen de su solubilidad, y de las propiedades físicas de los cristales, tamaño de las partículas, etc. Los compuestos inertes son tan estables que no liberan iones fluoruro, y por lo tanto no se absorbe nada. Los compuestos fluorados orgánicos, se absorben como tales, pues no forman iones flúor.

Mecanismo de Absorción:

Es un mecanismo netamente pasivo de transporte (7). Se lleva a cabo por medio de difusión de iones y es regulado por la ingesta y la edad (4).

Luego de la absorción el flúor llega a líquidos extracelulares y seguidamente toma dos caminos:

1. *Se deposita principalmente en huesos y tejido dentario.*
2. *Se excreta por vía urinaria.*

El depósito de flúor en el tejido óseo se ve influenciado por la edad, ya que en los niños con los huesos en formación, se da una retención de hasta el 50% de la dosis ingerida, en cambio en el adulto solamente se capta del 2 - 10 %, mientras que en la senectud , existe un incremento en el depósito de flúor, el cual se ha comprobado, que minimiza la osteoporosis senil (36).

La ingesta previa influye en el sentido de que cuando menor sea la necesidad del organismo existente, mayor será la excreción. Otro factor importante que hace variar la absorción es la presencia de calcio y magnesio, ya que neutraliza la absorción al formar fluoruro de calcio y magnesio insolubles (36).

Muy importante es apuntar que la magnitud y el tiempo que toman los fluoruros para alcanzar su máxima concentración en el plasma son inversamente proporcionales al ph del contenido gástrico, o bien, a mayor acidez gástrica = mayor absorción.

Por lo general se conoce que 30 minutos son necesarios para absorber el 50% de los fluoruros ingeridos, a lo largo de 1 hora es muy probable que el 75% de una dosis sea absorbida y el 90% aprox. en 8 horas. Esto indica que la absorción de los fluoruros es rápida siempre y cuando se reúnan condiciones ideales (42).

La absorción de los fluoruros disueltos en agua potable es casi total y no depende de su concentración. La absorción de fluoruros de la leche y el té, según estudios, se ha observado que es mas lenta y dificultosa por factores tales como la coagulación de la leche en el estómago (7).

A juzgar por la rápida absorción de los fluoruros se ha afirmado que la misma se lleva a cabo en el estómago y porciones superiores del intestino delgado (7).

Distribución.

La presencia constante de fluoruro en los tejidos y líquidos orgánicos, se explica por la universalidad del flúor en los alimentos y el agua potable. Después de la ingesta de fluoruros y su absorción, sus concentraciones plasmáticas normales llegan a .02 - .05 mg/l cuando la ingesta óptima es de 1.5 - 4 mgs. diarios (8).

El plasma es un medio adecuado para determinar el contenido de flúor en líquidos orgánicos. Existen en el organismo mecanismos que regulan la cantidad constante de fluoruro en el plasma y en otros líquidos orgánicos (39). Además toda elevación se ve compensada por la fijación de flúor a huesos, dientes y por su eliminación en la orina.

Estudios han confirmado que el flúor atraviesa la barrera placentaria y se fija en los dientes y huesos del feto en formación, por lo tanto la ingesta de flúor por parte de la madre en etapa de gestación favorece indiscutiblemente la formación de tales tejidos (41).

Los *huesos y los dientes* son los dos destinos finales del flúor en su incorporación al organismo humano, diferenciándose entre sí, que los dientes una vez formados no son reestructurados, aunque se observa una apreciable captación en la etapa de mineralización (26, 41). El flúor se fija en los dientes principalmente en la etapa de formación y calcificación.

Excreción

La eliminación del fluoruro de la sangre se lleva a cabo por *filtración glomerular* (35). Principalmente el flúor se excreta a través de la *orina*, y una pequeña parte a través de heces, saliva, sudor y leche humana (13, 44).

La excreción es dependiente de factores tales como: *Cantidad ingerida, insolubilidad del compuesto, vía de absorción* (13) y *salud del individuo* en lo referente a enfermedades renales graves (5).

La excreción de flúor puede variar con la *edad*, ya que, a una edad mayor (adultos), disminuye la fijación de flúor en los tejidos duros y por lo tanto aumenta la excreción por la orina, al contrario que en la infancia y senectud (37).

La excreción urinaria es una *vía rápida* por la cual el flúor es eliminado del organismo, lo cual es de gran importancia como mecanismo protector en casos de intoxicación grave por fluoruros (12).

En la excreción urinaria de los fluoruros intervienen ciertas variables tales como: Ritmo de filtración glomerular, velocidad de flujo urinario y el ph de la orina, a mas alcalinidad urinaria, se observa un promedio mas alto de excreción de fluoruro (7).

La orina representa el fluido orgánico que tiene *las mejores características para evaluar la ingesta de fluoruro*, como lo son: Alta concentración de flúor con relación a otros fluidos, fácil obtención de la muestra, excreción rápida, etc. (7).

Al analizar la importancia de la concentración de flúor en orina es necesario distinguir dos grupos, basándose en la ingesta:

- a. Individuos que tienen una ingesta constante, los cuales, al realizar estudios a largo plazo, se ha demostrado que en base a ingesta, excreción urinaria y

concentraciones óseas de flúor, estas persona llegan a alcanzar un **equilibrio**, y como dato interesante se observa una excreción urinaria baja de **menos de 1-2 ppm**.

b. Individuos que *irregularmente* están expuestos al fluoruro *intensamente* en un *lapso breve*; en este caso, el organismo no esta expuesto a la captación de fluoruro, ya que, como anteriormente se comentó, la rápida absorción, distribución y excreción no permiten la saturación de flúor a los tejidos duros (5).

En poblaciones en donde el agua de consumo es fluorada, las personas que han residido en ellas *por mucho tiempo* llegan a alcanzar un **equilibrio**, donde se observa que la ingesta es igual a la excreción de flúor, y en el caso contrario, personas que no han tenido exposición a agua fluorada artificialmente a 1 ppm, la concentración urinaria aumenta de 1-6 semanas a obtener una excreción de 1 ppm (35).

Las concentraciones pueden variar de individuo en individuo, de día en día, de hora en hora, lo cual se afirma ya que se han estudiado ciertos hábitos importantes que practican diversas personas, como lo son: la ingesta de algún alimento particular rico en flúor, etc. (35).

Toxicidad

Los efectos tóxicos se han estudiado en varios trabajos, los cuales han evidenciado que tales efectos que causa la exposición a altas dosis de flúor, se manifiestan principalmente en los dientes (fluorosis dental), huesos y secundariamente en el sistema nervioso central (38).

En la fluorosis endémica se observan depósitos irregulares de flúor en los distintos huesos del cuerpo, principalmente de la cabeza y tronco, los cuales se observan radiológicamente como osteoclerosis con osteofibrosis pronunciada.

En casos crónicos de toxicidad, el conducto raquídeo y los agujeros de conjunción se estrechan irregularmente provocando complicaciones radiculomielopáticas (38).

CONTENIDO DE FLUORURO EN ALGUNOS ALIMENTOS

Por lo regular el contenido de flúor en la mayoría de los alimentos es pequeño, pero existen varios otros tales como el pescado y el té los cuales tienen valores altos en el contenido de fluoruros, estos son excepcionales.

A continuación se enumeran ciertos alimentos bastante comunes con su contenido de fluoruro (17).

ALIMENTOS	FLUORUROS (mg/l)
Leche	0.07 - 0.22
Huevos	0.06
Mantequilla	1.50
Queso	1.60
Carne de res	0.20
Higado	1.50 - 1.60
Pollo	1.40
Espinaca	1.00
Sardinas enlatadas	7.30 - 12.50
Salmón enlatado	8.50 - 9.00
Pescado fresco	1.60 - 7.00
Té (varios tipos)	30.00 - 60.00
Chocolate en polvo	0.50 - 2.00
Repollo	0.31 - 0.50
Lechuga	0.60 - 0.80
Tomate	0.60 - 0.90
Puerco	0.20
Beef steak	1.30

FUENTES DE FLUORURO

El flúor constituye aproximadamente el 0.077 por ciento de la corteza terrestre y, como tal, se clasifica como el decimotercero entre los elementos, por orden de abundancia. El agua de mar contiene aproximadamente 1.4 mg/l, lo cual hace que el flúor sea el duodécimo elemento por orden de concentración.

En el organismo humano existen solo pequeñas cantidades; pero no obstante, en este caso sigue teniendo el lugar número trece en abundancia (17).

Es bastante conocido el hecho de que el flúor se encuentra en combinación con un sin número de elementos formando fluoruros, los cuales podremos encontrar en las aguas de los manantiales, pozos y galerías, que en primera instancia fue agua de lluvia, la cual se infiltró en el suelo y llegó a disolver minerales, entre ellos el flúor, dando así origen al agua subterránea con alta concentración de flúor. También en la atmósfera encontramos fluoruros, en forma de humo de carbón, gases de desperdicio industrial, humo volcánico, etc. (17)

El químico francés Gautier, encontró que el flúor se encuentra en todas las aguas del planeta prácticamente (17).

ANTECEDENTES

FLUORURACION A NIVEL MUNDIAL (Historia y Desarrollo)

Marggraf en 1768 y Schell en 1771, condujeron los primeros estudios que revelaron el comportamiento del flúor como elemento químico, este último que es generalmente reconocido como el descubridor del flúor, encontró que la reacción de espato-flúor y ácido sulfúrico producía el desprendimiento de un ácido gaseoso (ácido fluorhídrico). (26)

Morichini, demostró la presencia del elemento en dientes de elefantes fosilizados, demostrando así la presencia del flúor en materia biológica.

Hace más de setenta años, en varios lugares sumamente dispersos del mundo, se observó que grupos pequeños de personas, tenían una susceptibilidad notablemente inferior a caries dental, que era muy común en otras partes. Esta situación era algo fuera de lo común y bastantes estudiosos del tema trataron de descubrir la causa. Posteriormente se encontró que la razón de esto era que el agua que se consumía en dichas poblaciones, contenía un ingrediente característico (flúor). Y llegaron a la conclusión de que la efectividad del ingrediente dependía de su concentración, el exceso producía resultados indeseables y una cantidad muy pequeña era ineficaz. Como consecuencia de esto se presentó la interrogante de que si el hecho de agregar el ingrediente (flúor) en la proporción correcta al agua que tomaban, tendría como resultado una reducción similar de caries dental. Esto se puso a prueba en varios lugares y, efectivamente, se encontró que se tenían iguales resultados que cuando el ingrediente flúor formaba parte de ella por naturaleza. Como resultado, en muchos lugares se procedió a agregar este compuesto a sus abastecimientos de agua. Esta es, en síntesis la historia de la fluoruración de las aguas de consumo humano y su relación con el control de la caries dental (17).

Diversos investigadores en la materia, entre estos Mckay (30), Eager (30), y Hannan (30), señalaron en varias oportunidades, que la reducción de caries no fue el primer indicio de los efectos del flúor en el tejido dentario, ya que ellos, hicieron estudios en poblaciones tanto de Estados Unidos como de Europa y observaban que las personas en donde la concentración de flúor era de 2ppm aprox. padecían de un moteado de los dientes, en un principio se pensó que esta condición era originada por varios factores como por ejemplo: la leche de la región, enfermedades de la niñez, por la concentración de calcio de ciertos abastecimientos de agua. Mckay, en 1916, llegó a la conclusión que debía ser causado por una sustancia desconocida en el agua que bebían. Estaba tan convencido de esto, que recomendó que el abastecimiento de agua de Oakley, Idaho, fuera cambiado, el abastecimiento se cambió en 1925, por un manantial cercano que había sido usado por otros niños que no padecían este mal. En Bauxite, Arkansas, un estudio similar tuvo como resultado que se cambiara su abastecimiento de agua en 1928, se observó que personas que se habían cambiado a Bauxite, pero cuyas dentaduras se habían formado en otras partes, no presentaban este fenómeno (30 - 40).

Trascurrieron varios años antes que se descubriera la causa del esmalte moteado, casi simultáneamente, por tres diferentes grupos de científicos que trabajaban en forma independiente, y con instrumentos y métodos totalmente diferentes y en sitios tan alejados como Pittsburgh, Pensilvania; Arizona y Africa del Norte. Mientras tanto aparecieron informes de otros países (Canadá, Argentina, Japón e Inglaterra) describiendo condiciones dentales similares y se anotó que las caries dentales eran menores en aquellas áreas donde se habían notado la aparición de manchas en el esmalte de los diente (30 -40).

En Oakley, Idaho la situación fue similar, pues se descubrió que los niños nacidos después de que cambiara la fuente de abastecimiento de agua y aquellos niños que vivían en áreas donde el abastecimiento de agua no provenía de pozos profundos no presentaban las manchas en el esmalte (30).

En este momento, Mckay pudo establecer:

1. El esmalte moteado puede producirse solo durante el período de calcificación de los dientes y no más tarde (aproximadamente hasta los 12 años)
2. Una vez que se forman esta lesiones, no pueden corregirse ni durante el período de calcificación, ni después. No existe ningún tratamiento médico o dietético que pueda aminorar esos deterioros.
3. Parece ser que el flúor es el único agente, que ordinariamente forma parte de la dieta, que tiene influencia sobre la formación del esmalte.
4. Una vez que se concluye la calcificación, la estructura del esmalte permanece inalterada a pesar de los cambios que se efectúen en la dieta.

Con estos conocimientos, era indispensable agregar fluoruros al abastecimiento de agua potable y medir sus efectos. Fue necesario determinar experimentalmente si se podían o no, duplicar las condiciones observadas al utilizar agua naturalmente fluorada, cuando los fluoruros se agregaban deliberadamente. Esta sugerión fué hecha por el doctor Dean en 1938, por Cox en 1939, y por Ast en 1942. Hutton fue el primero que sugirió agregar flúor a un abastecimiento de agua específico, el de Brantford, Ontario. La interrupción producida por la segunda guerra mundial retrasó la iniciación de dichas demostraciones, hasta 1945, cuando tres ciudades, Grand Rapids, Michigan; Newburgh, New York; y Brantford, Ontario; iniciaron la fluoruración (17).

PROCEDIMIENTO DE ADOPCION DEL PROGRAMA DE FLUORURACIÓN DEL AGUA DE CONSUMO

La OPS aprobó unánimemente la resolución No. 23 del 7 de septiembre de 1964 que dice: "Teniendo en cuenta que la fluoruración de los abastecimientos públicos de agua potable, es un medio eficaz para prevenir la caries dental; decide, sugerir a las autoridades nacionales que tienen la responsabilidad de proporcionar los abastecimientos de agua

potable, que tomen medidas inmediatas para iniciar la fluoruración de sus abastecimientos de agua a través de sus sistemas" (30).

El método más eficaz y económico para proporcionar a la población una protección parcial contra la caries, es la fluoruración de las aguas de consumo. Varios factores son de importancia tales como el hecho de que no requiere esfuerzos conscientes de parte de los beneficiarios, los cuales por lo general son niños, lo que contribuye considerablemente a su eficacia (17, 28).

La AIDIS recomendó en 1964 que la fluoruración sea considerada como un proceso normal del tratamiento de aguas y que, por consiguiente, deberá usarse en todas las poblaciones en donde la composición química del agua tratada lo amerite (9).

LA SITUACION ACTUAL DEL PROGRAMA DE FLUORURACIÓN.

Desde 1954 a 1968 se llevaron a cabo varios estudios de factibilidad, presentaciones de planes, por parte de entes gubernamentales y entidades autónomas, y algunas veces, se inició la fluoruración de las aguas de consumo, pero siempre por problemas en la falta de la organización se interrumpía el proyecto (11 - 29).

El 26 de julio de 1988, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, la Municipalidad de Guatemala por medio de la alcaldía y el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, unieron esfuerzos con el objeto de suscribir un Convenio Tripartito mediante esfuerzos combinados para llevar a cabo el Programa de Fluoruración del Agua Potable de la Ciudad Capital, para prevenir la caries dental y cumplir los fines de Salud bucal (11).

A partir del 15 de febrero de 1989, EMPAGUA inició en forma permanente la incorporación de flúor al agua de todas las plantas municipales de esta Ciudad (11).

El químico que se utilizó fue el sílico fluoruro de sodio en una concentración ideal (0.8 mg/l de agua) (22).

En la actualidad, solamente la planta "Lo de Coy", se encuentra dosificando fluoruro en intervalos de periodos de tiempo irregulares, ya que cuando se acaba el fluoruro tardan meses para que llegue el siguiente pedido.

AGENTES FLUORIZANTES AGREGADOS AL AGUA POTABLE

Cualquier compuesto que forma iones de fluoruro en soluciones acuosas puede ser usado para el ajuste incremental del contenido de fluoruro de un abastecimiento de agua. No obstante, existen consideraciones prácticas que tienen que ver con la selección de los agentes fluorizantes (3).

Primero: El compuesto debe tener suficiente solubilidad para permitir su uso en la práctica rutinaria de la planta de tratamiento.

Segundo: El catión al cual el ion fluoruro está unido no debe presentar ninguna característica indeseable.

Tercero: El material debe de ser de costo reducido y fácilmente obtenible en los grados de tamaño y pureza que son apropiados para el propósito que se desea (29).

Los agentes más comúnmente usados son: (29)

A. COMPUESTOS LIQUIDOS

- a. Acido fluosilícico.
- b. Acido fluorhídrico.

B. COMPUESTOS SOLIDOS (17)

- a. Fluoruro de calcio (fluorita).
- b. Sílico fluoruro de sodio.
- c. Fluoruro de sodio.
- d. Sílico fluoruro de magnesio.
- e. Sílico fluoruro de amonio
- f. Fluoruro de potasio.

RELACION CLIMA Y FLUORURACION

Existen diferencias entre el clima y la concentración del ión flúor de las aguas que son destinadas al consumo humano de una región, las cuales deben de tenerse muy en cuenta cuando se piense en la introducción de programas de "*Fluoruración de Agua Potable*", con el fin primordial de encontrar las concentraciones óptimas, para la adición de fluoruros en relación al consumo, variación de temperaturas y contenido natural de éstos.

Se ha estimado que en localidades de clima frío el consumo de agua es bajo, por lo tanto, el nivel de fluoruros debe ser más alto, por otro lado cuando el consumo de aguas se incrementa (clima caliente), la concentración de flúor debe ser más baja. A continuación se incluye una tabla que muestra los límites recomendados para la concentración de fluoruros según las normas de agua potable del servicio de Sanidad Pública de los Estados Unidos de Norteamérica (17).

PROMEDIO DE TEMPERATURAS MAXIMAS EN GRADOS C	LIMITES RECOMENDADOS PARA LA CONCENTRACION DE FLUORURO mg/l
---	--

	Inferior	Optimo	Superior
10.0 12.0	0.9	1.2	1.7
12.2 14.6	0.8	1.1	1.5
14.7 17.7	0.8	1.0	1.3
17.8 21.4	0.7	0.9	1.2
21.5 26.3	0.7	0.8	1.0
25.4 32.5	0.6	0.7	0.8

Los promedios de temperatura deben obtenerse en base a datos correspondientes a un mínimo de 5 años.

Por su parte las normas guatemaltecas y de la OMS establecen lo siguiente:

COGUANOR NORMA GUATEMALTECA 29001

Límite máximo aceptable	-----
Límite máximo permisible	1.70 mg/l

OMS (EDICION 1971)

Límite recomendado	0.8 - 1.0 mg/l
Límite aceptable	1.5 mg/l

COGUANOR NORMA GUATEMALTECA NGO 29001: AGUA FLUORADA (25)

Cuando al agua potable se le ha adicionado compuestos derivados del flúor debe haber una relación entre los límites de la concentración del ion flúor en función del promedio anual de las máximas temperaturas diarias del aire, lo que se consigue en el siguiente cuadro:

PROMEDIO DE TEMPERATURAS MAXIMAS DIARIAS EN GRADOS C.		LIMITES RECOMENDADOS PARA LA CONCENTRACION DE FLUORURO mg/l		
--	--	--	--	--

		Mínimo	Optimo	Máximo
10.1	12.0	0.9	1.2	1.7
12.1	14.6	0.8	1.1	1.5
14.7	17.7	0.8	1.0	1.3
17.8	21.4	0.7	0.9	1.2
21.5	26.3	0.7	0.8	1.0
26.4	32.5	0.6	0.7	0.8

Los promedios de temperatura deben obtenerse en base a datos correspondientes a un mínimo de 5 años.

DETERMINACION DE LA CONCENTRACION OPTIMA

Teniendo en cuenta las tablas anteriormente incluidas se puede determinar que la mejor concentración de fluoruros producirá la máxima reducción de caries dental, con menos peligro de una fluorosis objetable. Esta concentración varía con el clima, a mayor temperatura, corresponde un mayor consumo de agua, por lo tanto, la concentración de fluoruros debe ser menor (40).

Esta relación está basada en la cantidad de agua consumida por escolares que viven en lugares a diferentes temperaturas máximas promediadas:

$$\text{mg/l de fluoruros} : 22.2/E$$

donde E es el promedio del consumo diario del agua calculado en gramos de agua por kilogramo de peso (del niño), y se obtiene así:

$E = 10.3 + 0.725 \times$ el promedio de la temperatura máxima en grados centígrados.

Por ejemplo: si la temperatura promedio de una comunidad es de 12.8° C.

$$\text{Entonces, } E = 10.3 + 0.725 \times 12.8 = 19.58$$

Entonces, $22.2/19.58 = 1.13$ mg/l de fluoruros, será la concentración óptima del agua.

Es bien conocido que el flúor existe en todos los alimentos, pero a concentraciones insuficientes como para proveer un efecto anticariogénico importante. La suplementación fluórica por medio de las aguas de bebida es el método más eficaz, económico y seguro de proporcionar flúor a la población (12).

SEGURIDAD DE LA FLUORURACION

Se conoce que la fluoruración es la medida de prevención más estudiada por el gran equipo de salud pública, entre químicos, biólogos, médicos, dentistas, etc. la investigación de fluoruros es llevada a cabo, para darle a la población en general una confiabilidad, en su amplio uso para combatir la caries dental.

Estudios profundos han demostrado que no existe ninguna razón científica conocida para que la gente de cualquier comunidad que cuente con un abastecimiento centralizado de agua, no cuente con los beneficios económicos y de salud de la fluoruración, como una medida segura y efectiva de salud pública (30).

Los antagonistas de la fluoruración han atribuido al consumo de agua fluorada, en uno y otro tiempo, prácticamente todas las enfermedades físicas, mentales o morales que hayan azotado al hombre (17).

En diversas regiones del mundo se han llevado a cabo estudios para averiguar que relación tiene la ingesta de flúor con las más comunes enfermedades que afectan a la humanidad tales como cáncer, enfermedades del sistema nervioso central y enfermedades renales entre otras. Llegando a concluir que no existía ninguna relación entre los pacientes que padecían estas enfermedades, con otros de otras poblaciones, que padecían las mismas y que no ingerían agua fluorada.

El National Heart and Lung Institute conforme a una investigación realizada en 1972, concluyó que: Las comparaciones entre comunidades fluoradas y no fluoradas, no presentan diferencia entre las tasas de muerte del corazón (32).

OTROS METODOS PARA ADMINISTRAR FLUORUROS

Muchas personas que están convencidas de los beneficios de la fluoración, creen, no obstante, que deben usarse otros medios y no el agua potable, para proporcionar los fluoruros (17).

Las siguientes alternativas son las que más a menudo se han sugerido:

a. Aplicaciones locales

Consiste en la aplicación de fuertes soluciones de fluoruro directamente a la dentadura de niños y adultos, tiene una eficiencia de 40%, sus principales objeciones son: No es tan eficaz como la fluoruración del agua, requiere de un tratamiento largo, es costoso, no hay suficientes dentistas disponibles para hacer este trabajo con todos los niños y requiere un esfuerzo individual de los padres a fin de completar el tratamiento.

b. Pastas dentífricas, enjuagues bucales y goma de mascar

La acción de estos medios es similar a la de las aplicaciones locales, pero son autoadministrados. Las pastas de dientes que contienen fluoruros estañosos han demostrado ser eficientes; en tanto los enjuagues bucales y las gomas de mascar que contienen fluoruros no han resultado ser muy eficaces, sus principales objeciones son: Peligra un consumo excesivo sobre todo en los niños y requieren de un gran esfuerzo personal, para que realmente sean eficaces.

c. Tabletas que contienen fluoruros

Se han usado tabletas que contienen generalmente 1.0 mg/l de ión fluoruro, en dos formas: Tomadas diariamente como pastillas o disueltas en el agua que los niños beben. No se tienen informes concretos de su efectividad; se le objeta su costo excesivo, la dificultad de mantener una constancia diaria durante por lo menos ocho (8) años, lo que origina dudas sobre su efectividad o sobre si es práctico y, riesgos de que un niño ingiera accidentalmente una gran cantidad de tabletas.

d. Agua embotellada

Es posiblemente el mejor sustituto de los abastecimientos públicos fluorados ya que han demostrado ser la más eficaz, la menos peligrosa y la menos cara de todas las demás alternativas. Se le objeta lo caro que podría ser el costo de su distribución, así como requiere, al igual que las tabletas, el mismo esfuerzo continuo y consciente de parte de los padres.

e. Sal y pan

Existe variedad en el consumo de éstos entre los niños, no hay datos disponibles sobre la cantidad de fluoruros que se deban emplear, así como no hay suficientes pruebas de su eficacia.

f. Leche

Se ha pensado en ella como probable alternativa, probablemente porque se trata de un alimento de un uso tan universal para los niños. Algunas de sus objeciones son no se sabe que cantidad de fluoruro hay que agregarse, hay variaciones en el consumo de la leche por parte de los niños, no hay pruebas de que los fluoruros sean eficaces en la leche y los costos serían elevados.

Teniendo en cuenta todas las objeciones a cualquier alternativa del agua fluorada, puede verse que la efectividad y seguridad de los fluoruros administrados en el agua potable, a los niveles recomendados tienen una mejor base que cualquiera de estos otros medios.

SEPARACION Y DETERMINACION DE FLUORUROS (38, 44)

Es necesario separar el fluoruro de otros constituyentes de la muestra, al ser analizada. Frecuentemente, la separación es obtenida por destilación o difusión. El intercambio iónico se ha propuesto también. También se usan Pirohidrolisis y técnicas de la precipitación en casos más especializados.

La destilación era anteriormente la técnica de la separación más frecuentemente usada en la determinación de la concentración de fluoruro en la orina. El método básico de Willard & Winter (1933) incluyó la volatilización de ácido del hexafluorosilicio con vapor de ácido perclórico o sulfúrico a 135° C, en la presencia de vidrio en polvo. Esta técnica aún se utiliza extensamente, y es el método de comparación con otros métodos para la determinación del fluoruro.

Ampliamente se han usado métodos de difusión para la separación de fluoruro para determinaciones y micromuestras, y se han encontrado muchas aplicaciones en trabajo clínico y bioquímico. Con el método de la difusión desarrollado por Singer & Armstrong (1954, 1959, 1965), fluoruro de hidrógeno liberado por ácido perclórico o ácido sulfúrico es captado por una capa del álcali en un vaso cerrado.

Métodos colorimétricos:

Con ciertos iones multivalentes, los iones de fluoruro forman complejos de distintos colores estables, tal como $(AlF_6)^{3-}$, $(FeF_6)^{3-}$, $(ZrF_6)^{2-}$, y $(ThF_6)^{2-}$. La mayor parte de los métodos colorimétricos para la determinación indirecta de iones del fluoruro se basa en tal formación del complejo, i.e., en la resultante de las reacciones de iones del fluoruro con complejos coloreados de estos metales y tintes orgánicos. El grado de cambio del color puede ser evaluado por comparación con una norma visual o, como en la mayoría de casos, por espectrofotometría. Normalmente los reactivos usados son [zirconyl-alizarin] para [titration] visual y [zirconyl-SPADNS] o circonio-eriochrome [cyanine] R para espectrofotometría.

El [alizarin] método azul, ha sido utilizado para la determinación de la concentración de fluoruro por medio del espectrofotómetro. La reacción básica es que un complejo del [cerium] rojo con [complexone] del [alizarin] se pone azul al agregar iones del fluoruro.

Métodos colorimétricos se han usado para la determinación del fluoruro de tejidos de animales y fluidos, agua, tierras, comidas y bebidas y aire. Un analizador semi-automatizado que utiliza la técnica colorimétrica es comercialmente disponible.

El electrodo selectivo para fluoruro:

El electrodo selectivo para fluoruro, fue introducido por Frant & Ross (1966). Debido a su funcionamiento excelente, rapidez, y conveniencia general, se ha vuelto un

método importante por determinar fluoruro en una variedad extensa de muestras procedentes del organismo y la industria.

La selectividad del electrodo se basa en las propiedades de una membrana de [sparingly] cristales solubles solos de [lantano], [praseodinio] o fluoruro de [neodinio]. La cual proporciona una respuesta de electroquímica, que es proporcional a la actividad de la ion del fluoruro en la muestra.

El electrodo selectivo para fluoruro es utilizado para la determinación de fluoruros en bebida-agua, en desagües industriales, agua marina, aire, y aerosoles, gases, tierras y minerales, *orina*, suero, plasma, plantas, y otros materiales biológicos. Se han desarrollado micro métodos en determinaciones en las cuales, se pueden realizar en volúmenes tan pequeños como 10 [microlitros] o menos. Existen instrumentos disponibles para la supervisión automatizada de los niveles de fluoruro al usar el electrodo selectivo.

La precisión y exactitud del método del electrodo exceden a las técnicas del método colorimétrico para la mayoría de muestras a estudiar.

Otros métodos:

Se ha estado introducido recientemente para la determinación de fluoruro la cromatografía de iones.

Los métodos restantes para determinar fluoruro son especializados, principalmente procedimientos que son apropiados específicos para una muestra seleccionada o en la que se utilizan medios especializados; parece improbable encontrar aplicación extendida, en general.

VI. OBJETIVOS

GENERALES

Determinar si la ingesta de flúor a través del agua de consumo, estimada a partir del análisis de la concentración de flúor en la orina es la adecuada, para la prevención de caries dental.

Determinar la concentración de fluoruro del agua abastecida por la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), en diferentes fuentes de distribución.

ESPECIFICO

Determinar la concentración de fluoruro en la orina de los escolares, a partir de una muestra representativa, de un total de 90930 individuos, distribuidos en 439 escuelas públicas y privadas, que se encuentran dentro del perímetro de distribución del agua de la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), en el año de 1998.

VII. VARIABLES

INDEPENDIENTE

- Concentración de fluoruro en el agua de consumo.

Es la cantidad de fluoruro que se encuentra en las muestras de agua obtenidas en las escuelas del perímetro de distribución de EMPAGUA.

DEPENDIENTE

- Concentración de fluoruro en la orina.

Es la cantidad de fluoruro medida en partes por millón, en la orina de los escolares de nivel primario, inscritos en el año de 1998, en las escuelas públicas y privadas que abarcan el perímetro de abastecimiento de agua de EMPAGUA, sin importar el sexo.

VIII. INDICADORES DE LAS VARIABLES

- De la variable concentración de fluoruro en agua.

Es la cantidad de fluoruro en agua, expresada en partes por millón o mg/l, que se registra en la pantalla del potenciómetro, por medio del método del electrodo específico para Ion flúor.

- De la variable concentración de fluoruro en orina.

Es la cantidad de fluoruro en orina, expresada en partes por millón o mg/l, que se registra en la pantalla del potenciómetro, por medio del método del electrodo específico para Ion flúor.

IX. METODOLOGIA

La metodología del presente estudio conllevó dos aspectos:

1. La estimación de la ingesta de fluoruro a través de la estimación de la concentración de flúor de los escolares del nivel primario de la región metropolitana de Guatemala.
2. La estimación de la concentración de fluoruro en el agua de consumo distribuida por EMPAGUA.

Conjuntamente al análisis de las muestras tanto de agua como de orina de los escolares, se procedió a entrevistar a las autoridades encargadas del programa de fluoruración, para establecer como se ha ido desarrollando dicho programa. En dichas entrevistas se cuestionó sobre: Si la implementación del proyecto ha sido de acuerdo a los lineamientos establecidos por organismos de salud a nivel mundial, si todos los involucrados han cumplido con los aportes económicos para el funcionamiento adecuado del programa, si existen evaluaciones periódicas de los niveles de fluoruro en el agua, si las universidades del país han colaborado con el programa en mención y si dicho programa a cubierto a toda la población que recibe agua de EMPAGUA.

Planificación del estudio de campo.

Población de estudio.

La población que abarcó este estudio la integran todos los niños y niñas, entre 7 y 15 años de edad que se encuentran inscritos en el año de 1998 en las escuelas públicas y privadas del nivel primario que funcionan en la ciudad capital, localizadas dentro del perímetro de distribución de EMPAGUA, con el objeto de tener un punto de referencia para la selección de escolares beneficiados por el programa en mención.

Procedimiento de muestreo

Diseño de la Muestra: El procedimiento de muestreo para la selección de la muestra de escolares se elaboró por conglomerado bi-etápico. En el que la primera etapa consistió en la selección aleatoria de las escuelas públicas y privadas; y la segunda en la selección también aleatoria de niños que estudian en las escuelas seleccionadas.

Tamaño de la muestra Considerando el número total de niños de las escuelas públicas y privadas que se abastecen con el agua de EMPAGUA en el año de 1998 y como variables, la concentración de fluoruro en el agua de consumo, la concentración de flúor en la orina, se calculó el tamaño de la muestra utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Nc^2 X^2 + Var^2}{\frac{Le^2 \times N - 1}{N} + \frac{Nc^2 \times Var^2}{N}} \quad (6)$$

En donde:

n= Tamaño de la muestra.

N= Escolares de nivel primario, de ambos sexos, de 7 a 15 años de edad que se encuentren inscritos en el año de 1997 en escuelas públicas y privadas en el distrito de la ciudad Capital, los cuales son 90930, distribuidos en 439 escuelas públicas y privadas. (USIPE : anuario estadístico, 1997 Ministerio de Educación.)

Nc= Nivel de confianza que se desea en la estimación, de 95% de probabilidad, que corresponde a un valor de 1.96.

Var= Varianza del nivel de concentración del fluoruro en orina estimada a partir de una desviación estándar de 0.253 mg/l de acuerdo a los resultados obtenidos en un estudio sobre fluoruros realizado en escolares de nivel primario en Guatemala en 1996 (6).

Le = Límite de error para realizar la estimación , el cual se considera aceptable para este estudio 0.10 mg/l , tomado como diferencia biológica en las estimación de la concentración de flúor en la orina.

ED= Efecto de diseño por utilizar muestreo por conglomerado, el cual para el presente estudio se utilizará 3.

$$n = \frac{1.96^2 X^2 + 0.253^2}{\frac{0.10^2 \times 90929}{90930} + \frac{1.96^2 \times 0.253^2}{90930}} \quad X \quad 3$$

$$n = 73$$

En tal efecto de estos datos, se ha encontrado que el tamaño de la muestra debe ser de un mínimo de 75 escolares.

Etapas de Selección:

Primera etapa: Se solicitó al Centro de Computo del Ministerio de Educación, las listas de las escuelas tanto privadas como públicas, así como también el número de niños inscritos por escuela en el año de 1997. Posteriormente se calculó el número de los conglomerados para la región metropolitana. La selección de conglomerados se realizó utilizando una tabla de números aleatorios.

Segunda etapa: Para llevar a cabo esta etapa, se solicitó las listas de todos los escolares inscritos en las escuelas públicas y privadas seleccionadas. Una vez obtenidas las listas se seleccionó aleatoriamente por establecimiento.

Criterios de inclusión de los escolares de la muestra:

Para ser incluido en la muestra, los escolares tuvieron que haber vivido en áreas que son abastecidas por la red de EMPAGUA, y que tuviesen por lo menos 5 años de estar recibiendo este beneficio, además de no estar en tratamiento médico con vitaminas o medicamentos que contengan fluoruro y que no refieran padecer alguna enfermedad renal.

Calibración de examinadores:

Previo a la realización de la investigación se realizó sesiones teórico-prácticas con el objeto de calibrarse en las técnicas de recolección de muestras y técnicas de laboratorio.

Ética de la investigación:

Para la realización de la investigación en las escuelas se proporcionó una carta de presentación y respaldo de este estudio por parte de las autoridades de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Previo a la toma de muestra se habló con los directores de las escuelas seleccionadas, para informarles la finalidad del estudio y se solicitó la autorización por escrito para realizarlo en la escuela, se hizo la aclaración que la participación y colaboración es totalmente voluntaria y desinteresada.

Recolección de muestras de orina:

El procedimiento para la recolección de las muestra de orina que se utilizó fue el de cuatro horas. Este tipo de metodología, con esta muestra y en estas circunstancias proporciona muy buenos resultados en las estimación de valores de concentración de flúor, en grupos de individuos de similares características. En estudios epidemiológicos, este tipo de procedimiento, cobra importancia ya que sus resultados, dan idea bastante precisa de la ingesta del ion flúor, además de ser un procedimiento sencillo para la obtención de las muestras.

Previo a la recolección de las muestras se registraron los datos generales de los escolares participantes, para lo cual se elaboró una ficha especial.

➤ **Toma de muestra de orina:**

1. Se identificó adecuadamente cada recipiente (plástico de boca ancha, con capacidad mínima de 500 ml.) y se le indicó al participante cuál frasco le corresponde.
2. Se instruyó en forma adecuada a todos los participantes sobre la metodología que se utilizó para la recolección de la muestra.
3. Se le indicó al escolar que debe evacuar su orina en forma completa, haciendo la observación que ésta sólo puede ser evacuada en el periodo de las 8:00 a 12:00 horas, anotándose la hora en que se realizó.
4. Se midió el volumen total de la micción efectuada (segunda, tercera, etc.) y se anotó la hora.
5. Se midió 100 ml. de orina con una probeta y se depositaron en un recipiente plástico hermético.
6. A cada muestra de 100 ml. se le agregaron 20 gotas de EDTA al 8 % y se cerraron cada recipiente con su respectiva tapa de plástico.
7. Se identificaron las muestra de orina en forma codificada para cada investigación.
8. Se recolectaron todos los recipientes descartables en una bolsa plástica para depositarlos en la basura.
9. Se agradeció la colaboración a las personas que proporcionaron la muestra y al representante de la institución.
10. Se transportaron en una hielera todas las muestras para su análisis en el laboratorio del área de Bioquímica, de la escuela de Química, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Recolección de muestras de agua potable:

El procedimiento de recolección de las muestras de agua, fue el de colectar al menos 100 ml. de agua de la fuente más importante de la escuela, agregarle 20 gotas de EDTA al 8% y depositarlo en un recipiente plástico, sellado y debidamente identificado, posteriormente se transportó las muestras en una hielera para su análisis en el laboratorio antes mencionado.

Método para cuantificar fluoruro por medio de la técnica del electrodo específico:

Equipo requerido:

- a. Potenciómetro.
- b. Electrodo de combinación de fluoruro.
- c. Agitador magnético, para mantener la agitación uniforme y constante.
- d. Barras magnéticas para homogenizar la solución.
- e. Beakers plásticos para recolectar desechos.
- f. Succionador.
- g. Pipetas de polipropileno de al menos 10 ml.
- h. Pipetas de plástico.
- i. Micropipetas de 1 ml.
- j. Goteros plásticos.
- k. Un balón aforado de polipropileno de 250 ml.
- l. Probetas de polipropileno de 100 ml.
- m. Servilletas de papel.

Soluciones necesarias:

1. Agua destilada, para preparar todas las soluciones estándares y para lavar todo el instrumental plástico, el electrodo y las barras magnéticas.
2. Solución estándar: Se preparó una solución base de 100 ppm de fluoruro de sodio de la siguiente manera: Se pesó 0.221 gr. de fluoruro de sodio en polvo de 95 % de pureza y se diluyó en un litro de agua destilada. A partir de esta solución se prepararon seis estándares con las concentraciones de 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 1.5 ppm.
3. EDTA al 8 % se utilizó para destruir los complejos que forma el flúor naturalmente con el hierro (Fe). Este complejo no puede ser medido por el electrodo específico para el ion flúor, por lo que si no se le agrega esta solución, se subvaloraría la cantidad de fluoruro presente, o sea que se estaría midiendo menos de los que realmente existe. Al agregar EDTA se obtiene: $\text{FeF}_6^{-3} + \text{EDTA}^{-2} \rightarrow 6\text{Fe} + \text{Fe}(\text{EDTA})_3$. En esta reacción el flúor ya puede ser medido por el electrodo. Preparación de EDTA: 20 gr. Titriplex III en 250 ml. de agua destilada, se obtiene EDTA al 8 %.
4. TISAB de bajo nivel: Es el ajustador del esfuerzo iónico total. El TISAB aporta una gran cantidad de iones distintos al flúor para que las variaciones de estos no sean significativas haciendo que el electrodo sea sensible únicamente a las variaciones del flúor. Preparación de TISAB de bajo nivel: En un beacker de 1 litro se colocaron 500 ml. de agua destilada, se agregaron 57 ml. de ácido acético glacial más 58 gr. de cloruro de sodio

de grado reactivo, se colocó en baño de agua para enfriar. Luego se introdujo en la solución un electrodo de PH y se agregó en incrementos, una solución 5 molar de NaOH hasta que el PH llegó a un valor entre 5.0 – 5.5. Se enfrió a temperatura ambiente y se aforó a un litro con agua destilada.

Análisis de la concentración de fluoruro en la orina y en el agua potable:

- Para determinar el contenido de fluoruro en la orina y en el agua se utilizó un electrodo de combinación selectivo para fluoruro adaptado a un potenciómetro.
- Las muestras de agua y orina para ser analizadas se encontraban en forma líquida y a temperatura ambiente, por lo que se sacaron de refrigeración dos horas antes de ser analizados.
- Antes de analizar las muestras de agua y orina se procedió a la calibración del electrodo.
- Calibración de la pendiente del electrodo: Se colocó en beaker plástico 50 ml. de agua destilada y 50 ml. de TISAB de bajo nivel. Se homogenizó el contenido por medio de un agitador magnético y posteriormente se introdujo el electrodo, se esperó a que se estabilizara la lectura en milivoltios en la pantalla del potenciómetro y se le agregó 1 ml. de la solución estándar de fluoruro de sodio de 100 ppm hasta que la lectura en la pantalla se estabilizó en un valor de cero. Luego se le agregó otros diez mililitros de 100 ppm, y se esperó a que se estabilizara en la pantalla el valor de 56 mv (+2), lo cual comprueba el buen funcionamiento del electrodo.

Curva de calibración:

1. Se prepararon seis soluciones estándar de fluoruro de sodio de las siguientes concentraciones 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 1.5 ppm según lo que se esperaba encontrar de concentración de fluoruro en las muestras de orina y de agua.
2. Se colocó en beaker de plástico 42.5 ml de cada solución estándar mas 7.5 ml. de TISAB de bajo nivel, se homogenizó la mezcla con la ayuda del agitador magnético, luego se introdujo el electrodo y se esperó que se estabilizara en la pantalla del potenciómetro, la lectura en mv. de cada una de las soluciones estándar y se anotó en orden ascendente de concentración.
3. En cada medición se lavó el electrodo y la barra magnética con agua destilada y se secó cuidadosamente.
4. Al terminar las mediciones se elaboraron gráficas de las curvas de calibración.
5. Análisis de la concentración de fluoruro en las muestra de orina y agua.

6. A cada muestra de orina o de agua de un volumen de 42.5 ml. se le agregó 7.5 ml. de TISAB de bajo nivel, previo a ser analizada.
7. Se introdujo en la muestra de orina o agua a medir, una barra magnética.
8. Se colocó la muestra en un agitador magnético.
9. Se sumergió el electrodo en la muestra y se esperó hasta que se estabilizara la lectura en la pantalla del potenciómetro. Luego se registró las lecturas en milivoltios para cada una de las muestra de agua y orina.
10. Se lavó el electrodo y la barra magnética con agua destilada y se secó previo al análisis de otra muestra.
11. En base a las curvas de calibración obtenidas, se calculó las concentraciones de flúor en la orina y en el agua.

Procesamiento de datos:

Los hallazgos epidemiológicos obtenidos en esta investigación fueron descritos a través de estadísticos descriptivos como media, desviación estándar y porcentaje.

X. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En 1989 se implementó el programa de fluoruración del agua potable de EMPAGUA, para lo cual se habilitaron las instalaciones de la planta "Lo de Coy" en Mixco, la cual es la única que posee el sistema para la dosificación de fluoruro al agua de consumo. Según autoridades de EMPAGUA, la planta "Lo de Coy", abastece solamente a las zonas: 1, 2, 3, 7, 11, 19 y parcialmente a las zonas 4, 8 y 18. Es importante mencionar que en las zonas anteriormente mencionadas existe una dilución del fluoruro dosificado en Lo de Coy, puesto que, debido a la demanda de agua se han hecho conexiones en la red de distribución de agua con otras plantas y pozos.

Es conveniente traer a colación que, varios de los escolares que colaboraron con el estudio, aclaraban que en el colegio o escuela les prohibían beber agua del chorro, y por lo tanto tenían a su disposición agua embotellada.

De un total de 90930 escolares distribuidos en 439 escuelas y colegios del nivel primario de la zona metropolitana, que se encuentran dentro del perímetro de abastecimiento de agua EMPAGUA, se seleccionó a través de un muestreo por conglomerado, 6 escuelas y 15 niños para cada una, haciendo un total de 90 escolares, de los cuales todos fueron hombres ya que de las mujeres ninguna quiso colaborar con el estudio, ya sea por causas personales, del establecimiento o falta de consentimiento de los padres de familia.

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante el trabajo de campo de este estudio, para ello los siguientes cuadros fueron ordenados por edad y escuela.

CUADRO 1

DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA DE LOS ESCOLARES DEL NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN 1998 EN EL PERIMETRO DE ABASTECIMIENTO DE EMPAGUA POR ESCUELA

ESCUELA	ESCOLARES	
	N	%
Nac. Del Hosp. De Ortopedia	15	16.66
Colegio Tom Sawyer	15	16.66
Col. Nuestra Sra. De Fátima	15	16.66
Nac. Rafaela del Aguila	15	16.66
Col. Liceo Chaperó	15	16.66
Col. Evangélico Logoi	15	16.66
Total	90	100

Fuente: Datos recolectados durante el trabajo de campo.

En el anterior cuadro se observa que se obtuvo las muestras de orina de 90 escolares de los cuales corresponde el 16.66% a cada escuela elegida.

CUADRO 2

DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA DE LOS ESCOLARES DEL NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN 1998 EN EL PERIMETRO DE ABASTECIMIENTO DE EMPAGUA POR EDAD

EDAD AÑOS	ESCOLARES	
	N	%
7	12	13.3
8	14	15.5
9	9	10
10	18	20
11	7	7.7
12	13	14.4
13	8	8.8
14	9	10
TOTAL	90	100

Fuente: Datos recolectados durante el trabajo de campo.

Del total de 90 escolares que comprende la muestra del perímetro de abastecimiento de Empagua, 18 (20 %) tenían en ese momento 10 años de edad, 14 (13.3 %) tenían 8 años, 13 (16.6%) tenían 12 años de edad y continúa así hasta llegar a 7 escolares (7.7 %) que tenían 11 años de edad.

Es preciso mencionar que las recolecciones de orina se realizaron e horas de la mañana, en un período comprendido de 8:00 a 12:00 horas, habiéndose desechado la primera micción por considerarse que ésta podría subestimar la ingesta de fluoruro. (42)

CUADRO 3

MEDIA, DESVIACION ESTANDAR Y RANGO DE LA CONCENTRACION DE FLUORURO EN LA ORINA DE LOS ESCOLARES DE NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN 1998 EN EL PERIMETRO DE ABASTECIMIENTO DE EMPAGUA DISTRIBUÍDOS POR EDAD

CONCENTRACION DE FLUORURO EN ORINA EN mg/l

EDAD	n	X	Desviación Esta.	Rango
7	8	0.351	0.134	0.544 – 0.236
8	13	0.407	0.0056	0.566 – 0.328
9	12	0.408	0.0036	0.611 – 0.263
10	14	0.416	0.042	0.54 – 0.3
11	9	0.421	0.0028	0.51 – 0.32
12	18	0.434	0.209	0.66 – 0.281
13	7	0.45	0.007	0.536 – 0.3
14	9	0.47	0.0285	0.725 – 0.255
totales	90	0.419	0.103	0.725 – 0.236

Fuente: Datos recolectados durante el trabajo de campo.

Las concentraciones de fluoruro mas altas se encontraron en los escolares de 14 años con un promedio de 0.47 ppm y los valores mas bajos fueron los encontrados en los niños de 7 años con una promedio de 0.351 ppm, estos resultados concuerdan con lo descrito en la literatura sobre la disminución de la captación de fluoruro al aumentar la edad, debido a los procesos de maduración ósea. (42)

CUADRO 4

MEDIA, DESVIACIÓN ESTANDAR, RANGO Y MEDIANA DE LA CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN LA ORINA DE LOS ESCOLARES DE NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN 1998 EN LA ESCUELA NACIONAL DEL HOSPITAL DE ORTOPEDIA Y REHABILITACIÓN

CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN ORINA EN mg/l

	n	X	Desvia. Estan	Rango	Mediana
	15	0.371	0.004	0.470 – 0.255	0.37
TOTALES	90	0.419	.0103	0.725 – 0.236	0.4

Fuente : datos recolectados durante el estudio de campo.

En el cuadro anterior se puede observar que los valores de la media y la mediana son casi coincidentes, 0.371 ppm y 0.37 ppm respectivamente, así como una desviación estándar de 0.004 ppm., también se pueden comparar que la media de la concentración de fluoruro en orina en esta escuela es menor que la media total del estudio.

CUADRO 5

MEDIA, DESVIACION ESTANDAR, RANGO Y MEDIANA DE LA CONCENTRACION DE FLUORURO EN LA ORINA DE LOS ESCOLARES DE NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN 1998 EN EL COLEGIO TOM SAWYER

CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN ORINA EN mg/l

	n	X	Desvia. Estan	Rango	Mediana
	15	0.374	0.0065	0.544 – 0.263	0.366
TOTALES	90	0.419	.0103	0.725 – 0.236	0.4

Fuente : datos recolectados durante el trabajo de campo.

Las concentraciones de fluoruro en orina encontrados en el Colegio Tom Sawyer estuvieron comprendidas entre 0.544 ppm y 0.263 ppm, presentando una media de 0.374 ppm y una desviación estándar de 0.0065 ppm., este colegio también presenta una media mas baja que la media total.

CUADRO 6

MEDIA, DESVIACION ESTANDAR, RANGO Y MEDIANA DE LA CONCENTRACION DE FLUORURO EN LA ORINA DE LOS ESCOLARES DE NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN 1998 EN EL COLEGIO NUESTRA SEÑORA DE FATIMA

CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN ORINA EN mg/l

	n	X	Desvia. Estan	Rango	Mediana
	15	0.414	0.0074	0.54 – 0.236	0.428
TOTALES	90	0.419	.0103	0.725 – 0.236	0.4

Fuente : datos recolectados durante del trabajo de campo

La media de concentración de fluoruro en orina, en este colegio fue de 0.414 ppm, con una mediana de 0.428 ppm y los valores oscilaron entre 0.54 ppm y 0.236 ppm., se puede observar en este cuadro una gran coincidencia entre la media de concentración de fluoruro de este colegio y la media total.

CUADRO 7

MEDIA, DESVIACION ESTANDAR, RANGO Y MEDIANA DE LA CONCENTRACION DE FLUORURO EN LA ORINA DE LOS ESCOLARES DE NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN 1998 EN LA ESCUELA NACIONAL RAFAELA DEL AGUILA

CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN ORINA EN mg/l

	n	X	Desvia. Estan	Rango	Mediana
	15	0.482	0.030	0.725 – 0.3	0.466
TOTALES	90	0.419	.0103	0.725 – 0.236	0.4

Fuente : datos recolectados durante el trabajo de campo

En el anterior cuadro se observa que la concentración de fluoruro en orina tiene una media de 0.482 ppm. la cual es mayor que la media total que es de 0.0419 mg/l, y una desviación estándar de 0.03 ppm.

CUADRO 8

MEDIA, DESVIACION ESTANDAR, RANGO Y MEDIANA DE LA CONCENTRACION DE FLUORURO EN LA ORINA DE LOS ESCOLARES DE NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN 1998 EN EL COLEGIO LICEO CHAPERO

CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN ORINA EN mg/l

	n	X	Desvia. Estan	Rango	Mediana
	15	0.418	0.032	0.633 - 0.281	0.463
TOTALES	90	0.419	.0103	0.725 - 0.236	0.4

Fuente : Datos recolectados durante el trabajo de campo

El promedio de la concentración de fluoruro en orina encontrada en este colegio fue de 0.418, la cual es la que mas cercana a la media total del estudio, además tiene una mediana de 0.463 ppm y un rango de 0.633 - 0.281 ppm, así como una desviación estándar de 0.032 ppm.

CUADRO 9

MEDIA, DESVIACION ESTANDAR, RANGO Y MEDIANA DE LA CONCENTRACION DE FLUORURO EN LA ORINA DE LOS ESCOLARES DE NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN 1998 EN EL COLEGIO EVANGELICO LOGOI

CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN ORINA EN mg/l

	n	X	Desvia. Estan	Rango	Mediana
	15	0.42	0.015	0.677 - 0.28	0.372
TOTALES	90	0.419	.0103	0.725 - 0.236	0.4

Fuente : datos recolectados durante el estudio de campo

Los resultados encontrados de la concentración de fluoruro en orina en el Colegio Logoi estuvieron comprendidos entre 0.677 ppm a 0.28 ppm, presentando una media de 0.42 ppm que también es muy aproximada a la media total del estudio y una desviación estándar de 0.015 ppm

CUADRO 10

DISTRIBUCION DE LAS CONCENTRACIONES DE FLUORURO EN AGUA DE CONSUMO POR ESCUELAS LAS CUALES SE ENCUENTRAN DENTRO DEL PERIMETRO DE EMPAGUA EN 1998

ESCUELA O COLEGIO	CONCENTRACION DE FLUORURO mg/l
Nac. Del Hospital de Rehabilitación	0.35
Colegio Tom Sawyer	0.466
Colegio Nuestra Señora de Fátima	0.417
Nacional Rafaela del Aguila	0.38
Colegio Liceo Chaperó	0.28
Colegio Evangélico Logoi	0.45

Fuente : datos recolectados durante el trabajo de campo

Podemos observar que la concentración de fluoruro en agua de consumo tiene valores un tanto mas elevados en las fuentes de consumo en los colegios Tom Sawyer con 0.466 ppm y Evangélico Logoi con 0.45 ppm, así como el valor mas bajo aparece en el Liceo Chaperó con 0.28 ppm.

En el estudio realizado por Morán en 1990, el cual determinó la concentración de fluoruro en el agua de consumo distribuída por EMPAGUA en la ciudad capital, demostró que en aquel tiempo los valores de la concentración fluoruro en el agua potable oscilaban entre 0.12 mg/l y 1.22 mg/l, lo cual contrasta con la situación actual y los resultados obtenidos en el trabajo de campo, ya que los valores de la concentración de fluoruro en agua tuvo una media de 0.391 mg/l y un rango de 0.466 – 0.288 mg/l, lo cual es insuficiente si se toma como referencia que la dosis óptima es de 0.79 mg/l de fluoruro, tomando como base que la temperatura promedio anual de la ciudad de Guatemala es de 24.5° Centígrados. (21)

CUADRO 11

**MEDIA, DESVIACION ESTANDAR, RANGO Y MEDIANA DE LA
CONCENTRACION DE FLUORURO EN LA ORINA DE LOS ESCOLARES DE
NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN 1998 EN EL PERIMETRO DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CONSUMO DE EMPAGUA DISTRIBUCION POR
ESCUELA**

CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN ORINA EN mg/l

Escuela	Nac Hosp	Tom Sawy	Sra Fátima	Del Aguila	Chapero	Logoi	TOTALES
Media	0.371	0.354	0.414	0.482	0.418	0.420	0.419
Desv. Esta.	0.004	0.0065	0.0074	0.03	0.032	0.015	0.103
Rango	0.470-0.255	0.544-0.263	0.544-0.236	0.725-0.3	0.633-0.281	0.633-0.28	0.725-0.236
Mediana	0.37	0.366	0.428	0.466	0.463	0.372	0.4

Fuente : datos recolectados durante el trabajo de campo

En la escuela Rafaela del Aguila se pudo encontrar, el valor mas alto de concentración de fluoruro en orina del estudio con 0.725 ppm, así como el valor mas bajo en el Colegio Nuestra Señora de Fátima con 0.236 ppm. También es importante observar que la media (0.482mg/l) y la mediana (0.466 Mg/l) de concentración de fluoruro en orina mas altas se encontraron en la escuela nacional Rafaela del Aguila, y la media mas baja se localizó en la escuela nacional del Hospital de Ortopedia y Rehabilitación con un valor de 0.371 ppm.

Estos datos nos indican que hay una ingesta muy baja de fluoruro en la dieta de los escolares que viven dentro del perimetro de abastecimiento de EMPAGUA. (18)

CUADRO 12

VALOR MAXIMO, VALOR MINIMO, RANGO, MEDIA, MEDIANA, DESVIACION ESTANDAR, VARIANZA Y MODA DE LA CONCENTRACION DE FLUORURO EN LA ORINA DE LOS ESCOLARES DE NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN 1998 EN EL PERIMETRO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CONSUMO DE EMPAGUA

CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN ORINA EN mg/l

V Max	V Min	Rango	Media	Mediana	Desv. St.	Varianza	Moda
0.725	0.236	.725 -.236	0.419	0.4	0.103	0.0111	0.3

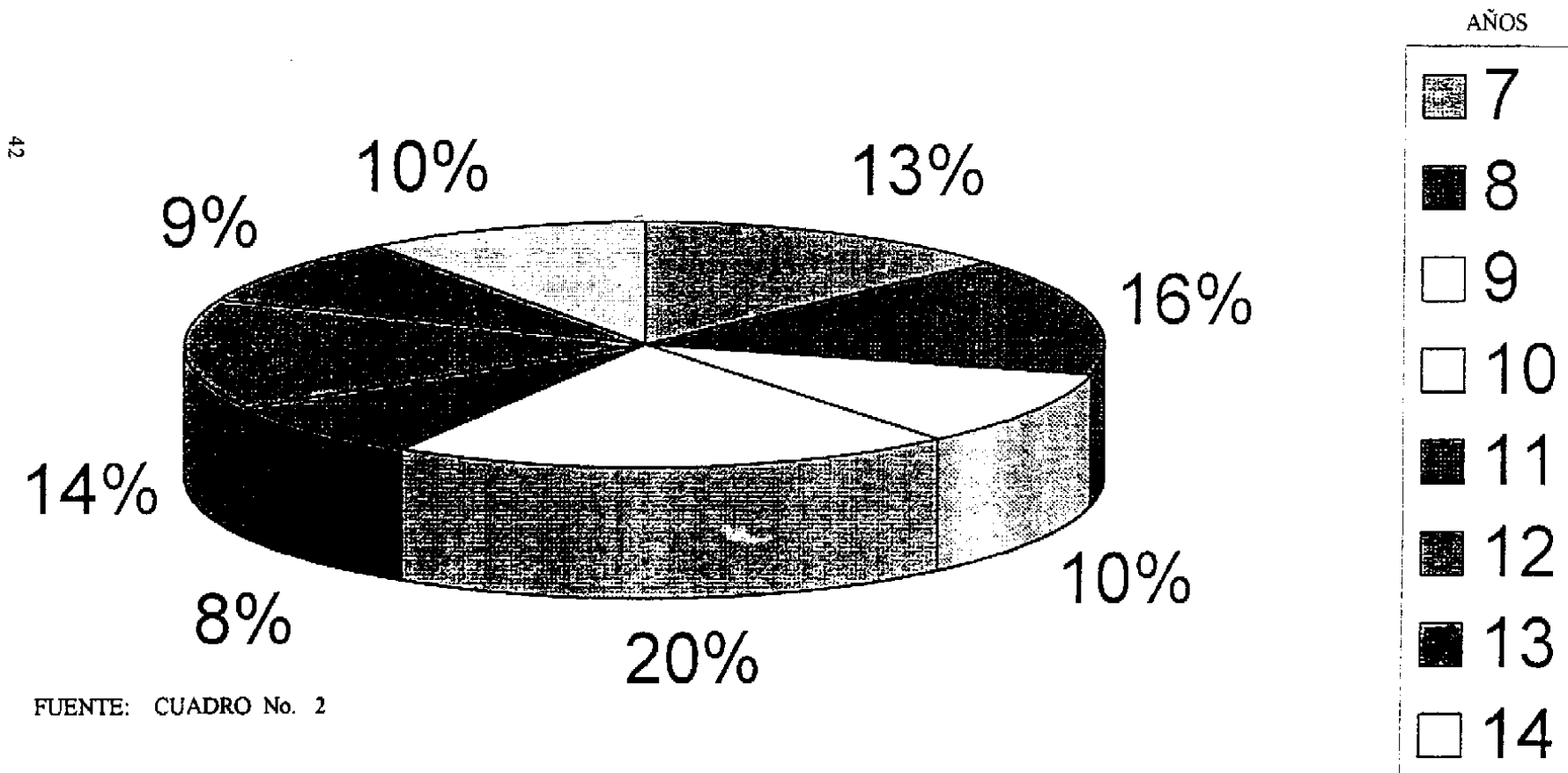
Fuente : datos recolectados durante el estudio de campo

La media de la concentración de fluoruro en orina de los escolares encontrada en las 6 escuelas que comprende la muestra del perímetro de abastecimiento de EMPAGUA fue de 0.419 ppm o mg/l, siendo el valor mínimo de 0.236 ppm y el valor máximo de 0.725 ppm.

Los resultados obtenidos en el presente estudio ($X = 0.419$ mg/l) se encuentran un tanto por arriba de los estudios realizados en niños y adolescentes en años anteriores ($X=0.389$ mg/l y $X=0.409$ mg/l respectivamente), (15, 1) debido a la influencia del fluoruro que ha sido implementado por Empagua, ya hace casi 10 años, no obstante los valores promedio de concentración de fluoruro están muy por debajo de los valores óptimos, por lo que es comprensible la alta prevalencia de Caries y Enfermedad Periodontal en el área de abastecimiento de Empagua, tal como se confirmó con el trabajo de Lara en 1996. (14)

GRAFICA No.1

DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA DE ESCOLARES DEL NIVEL PRIMARIO POR EDAD

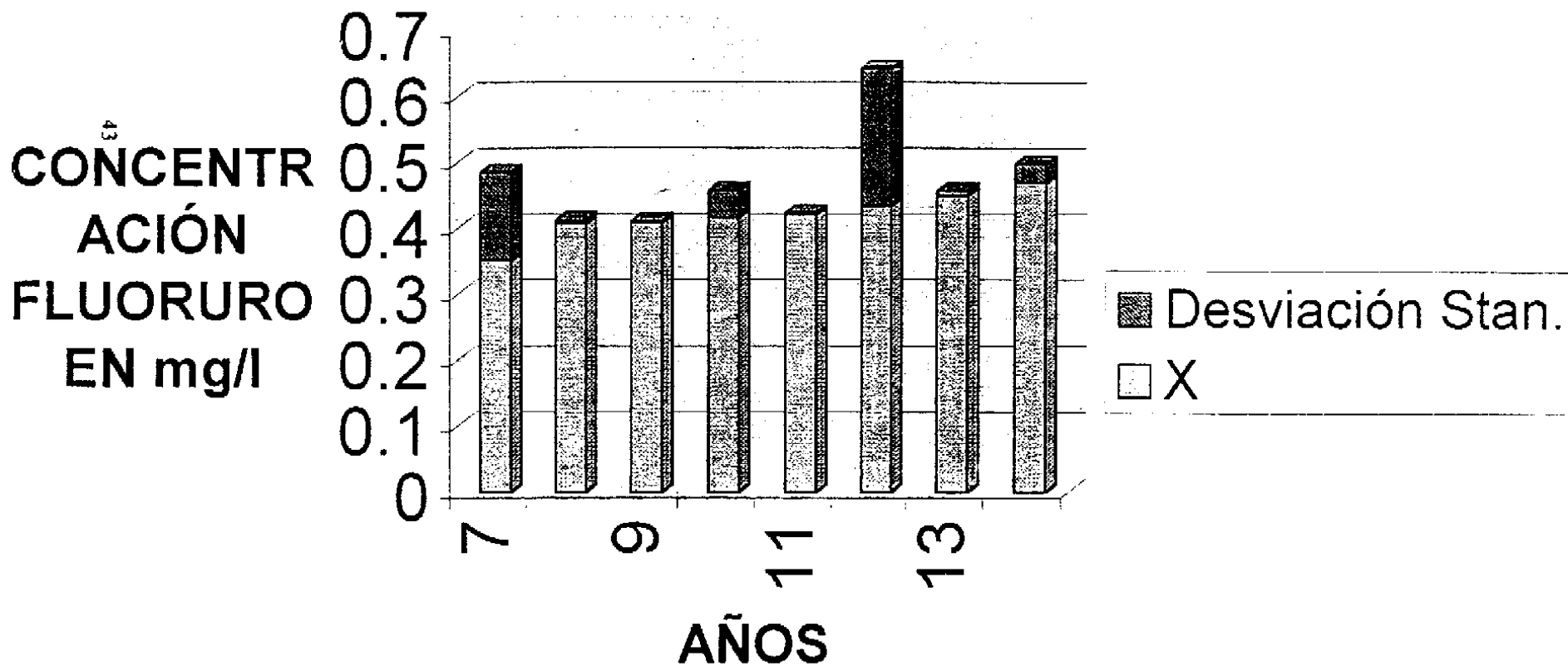


FUENTE: CUADRO No. 2

GRAFICA No.2

MEDIA Y DEVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN LA ORINA EN mg/l

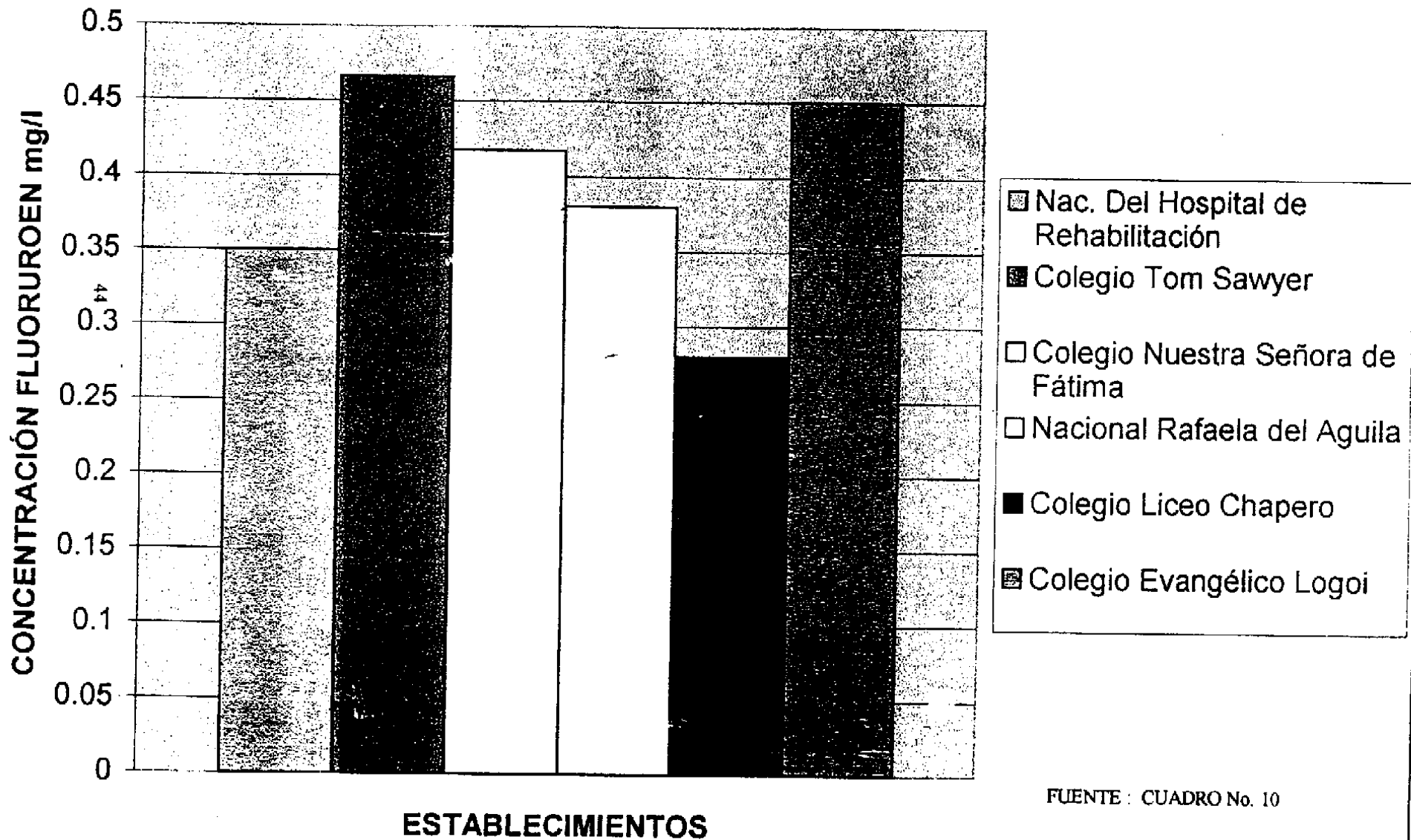
DISTRIBUCIÓN POR EDAD



FUENTE : CUADRO No. 3

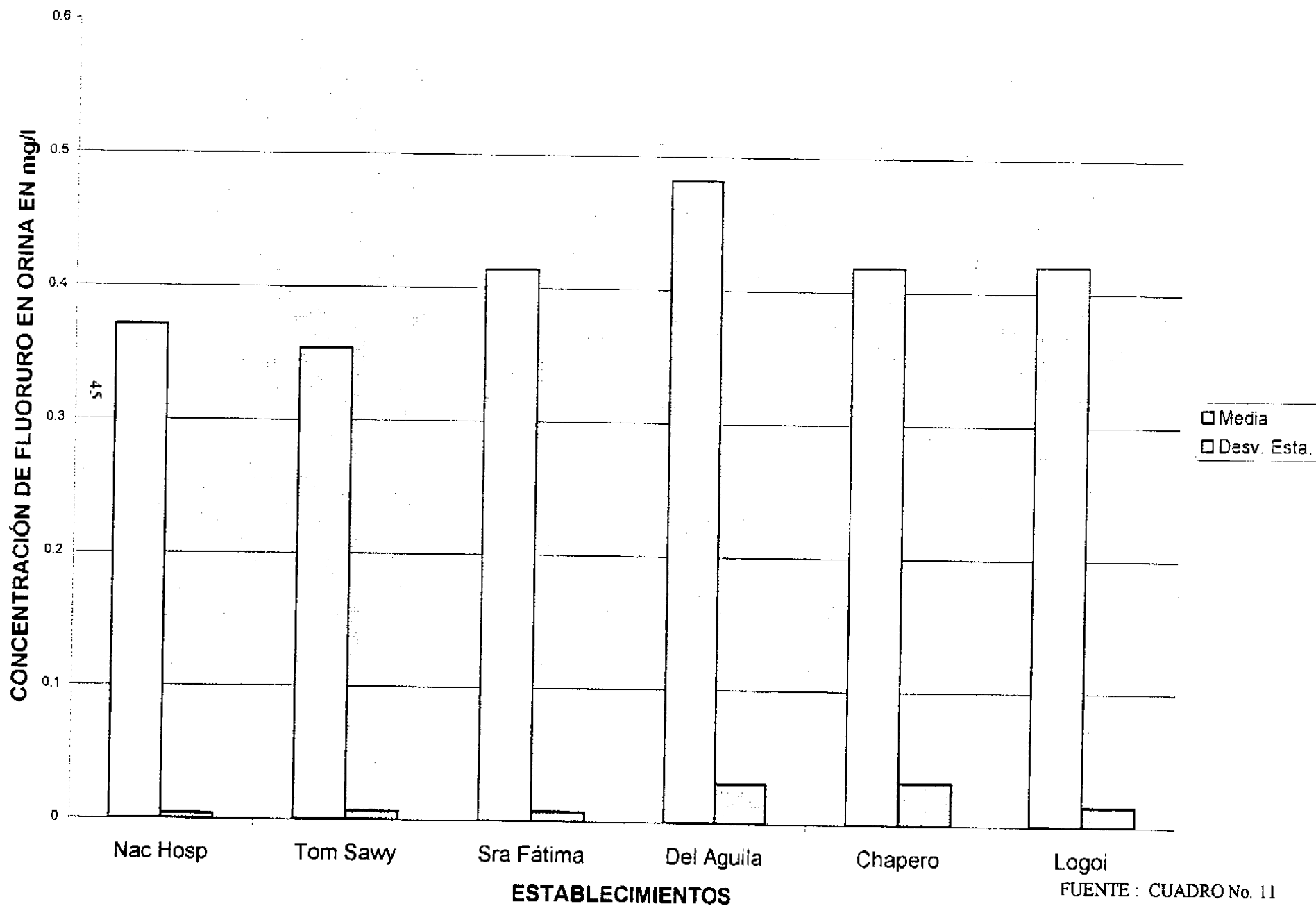
GRAFICA No.3

CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN AGUA DE CONSUMO POR ESCUELAS EN mg/l



FUENTE : CUADRO No. 10

GRÁFICA No.4
CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN ORINA EN mg/l POR ESTABLECIMIENTO



FUENTE : CUADRO No. 11

X. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados anteriores se aprecia que el Programa de Fluoruración de agua de consumo de EMPAGUA, no se está realizando de acuerdo a los procedimientos establecidos para la implementación y funcionamiento de tal programa. Por lo tanto se concluye que:

1. La concentración de fluoruro en orina ($X = 0.419$ mg/l), nos indica que existe una inadecuada ingesta de fluoruro en la dieta de los escolares de nivel primario en estudio, ya que según la literatura, existe en el metabolismo urinario una reacción de equilibrio, donde se observa que la ingesta es igual a la concentración urinaria de fluoruro (35).
2. La concentración de fluoruro en el agua de consumo humano en las escuelas que se encuentran dentro del perímetro de abastecimiento de agua de EMPAGUA, es deficiente, ya que oscila entre 0.28 y 0.466 mg/l, por lo tanto no se puede considerar una medida de prevención de Caries Dental y Enfermedad Periodontal.
3. La ingesta de fluoruro de los escolares de nivel primario inscritos en 1998 en establecimientos públicos y privados del perímetro de abastecimiento de agua de EMPAGUA, es inadecuada, ya que se necesitarían de al menos 0.8 – 1.0 Mg/l fluoruro en el agua de consumo humano, para que el Programa de Fluoruración sea considerado como medida eficaz en prevención de la Caries y la Enfermedad Periodontal (21).

XII. RECOMENDACIONES

1. Revisar detalladamente los procedimientos de dosificación de fluoruro al agua potable en la planta "Lo de Coy", Mixco, ya que esta es la única planta que incorpora fluoruro al agua potable.
2. Utilizar recursos para complementar la dosis óptima de fluoruro, entre ellos fluoruración en otras plantas y pozos, para evitar la dilución de la concentración y la caída de los niveles de fluoruro en la red de abastecimiento de agua potable.
3. Dosificar el fluoruro al agua de consumo, en forma permanente e ininterrumpida, para que realmente tenga un resultado positivo a mediano plazo, en la disminución de Caries Dental y Enfermedad Periodontal.
4. Tomar en cuenta otros programas de fluoruración, como el de la sal de consumo humano como estrategia eficaz para la prevención de Caries Dental y Enfermedad Periodontal.

XIII. ANEXOS

Escuela nacional del hospital de rehabilitación y ortopedia

Fecha 20.7.98

Hora 1.10 PM.

Pendiente $65/10 = 55$

Curva de Calibración

Volumen agregado en ml	Concentración de F en ppm	Mv
0.1	0.01	145
0.1	0.02	143
0.2	0.04	139
0.2	0.06	135
0.4	0.1	124
2	0.3	115
2	0.5	95
2	0.7	84
2	0.9	75

Mediciones de muestras de orina

Valores en Mv	Concentración de F en ppm
103	0.42
113	0.32
98	0.47
105	0.4
108	0.37
107	0.38
102	0.43
125	Estándar de .1
136	Estándar de 0.05
117	0.255
102	0.43
113	0.32
109	0.36
102	0.43
116	0.277
110	0.35
109	0.36

Medición de muestra de agua

Valor en mV = 110 Concentración ppm = .35

Colegio Tom Sawyer

Fecha 21.7.98

Hora 1.10 PM.

Pendiente $78 / 20 = 58$

Curva de Calibración

Volumen agregado en ml	Concentración F en ppm	Mv
0.1	0.01	144
0.1	0.02	142
0.2	0.04	137
0.2	0.06	133
0.4	0.1	126
2	0.3	115
2	0.5	103
2	0.7	94
2	0.9	84

Mediciones de muestras de orina

Valores en Mv	Concentración F en ppm
112	0.35
113	0.333
110	0.383
105	0.466
111	0.366
101	0.544
107	0.433
127	Estándar de .1
135	Estándar de 0.05
117	0.263
114	0.316
110	0.383
112	0.35
115	0.3
107	0.433
116	0.281
108	0.416

Medición de muestra de agua

Valor en Mv = 105 Concentración F ppm = .466

Fecha 22.7.98

Hora 1.10 PM

Escuela Nuestra Señora de Fátima

Pendiente $80/22 = 58$

Curva de Calibración

Volumen agregado en ml	Concentración F en ppm	Mv
0.1	0.01	150
0.1	0.02	148
0.2	0.04	144
0.2	0.06	140
0.4	0.1	132
2	0.3	110
2	0.5	96
2	0.7	87
2	0.9	80

Mediciones de muestras de orina

Valor en mV	Concentración F en ppm
108	0.328
106	0.357
100	0.442
104	0.385
107	0.342
101	0.428
102	0.414
131	Estándar de .1
143	Estándar de .05
95	0.522
98	0.471
95	0.522
101	0.428
94	0.544
99	0.457
117	0.236
107	0.342

Muestra de agua en Mv Muestra de agua en ppm F

98 0.417

Escuela	Nacional Rafaela del Aguila
Fecha	23.7.98
Hora	1.02 PM.
Pendiente	$80 / 22 = 58$

Curva de Calibración

Volumen agregado en ml	Concentración F en ppm	mV
0.1	0.01	148
0.1	0.02	146
0.2	0.04	142
0.2	0.06	138
0.4	0.1	131
2	0.3	112
2	0.5	100
2	0.7	90
2	0.9	82

Mediciones de muestras de orina

Valores en mv	Concentración de F en ppm
95	0.6
102	0.466
103	0.45
112	0.389
113	0.3
106	.4
107	0.383
130	Estándar de .1
139	Estándar de 0.05
101	0.483
92	0.66
106	0.4
98	0.54
89	0.725
102	0.466
99	0.52
103	0.45

Medición de muestra de agua

Valor en mV = 107 Concentración en ppm = .38

Escuela	Colegio Liceo Chapero
Fecha	24.7.98
Hora	1.15 PM.
Pendiente	$77/20 = 57$

Curva de Calibración

Volumen agregado en ml	Concentración de F en ppm	mV
0.1	0.01	143
0.1	0.02	141
0.2	0.04	137
0.2	0.06	133
0.4	0.1	125
2	0.3	114
2	0.5	103
2	0.7	94
2	0.9	83

Mediciones de muestras de orina

Valores en Mv	Concentración F en ppm
115	0.281
107	0.427
101	0.536
110	0.372
109	0.39
101	0.536
100	0.566
124	Estándar de .1
134	Estándar de .05
102	0.522
97	0.633
103	0.51
107	0.427
95	0.611
115	0.281
114	0.3
105	0.463

Medición de muestra de agua

Valor en Mv = 115 Concentración ppm = .281

Escuela Colegio Evangélico Logoi

Hora 1.15 PM.

Fecha 24.7.98

Pendiente $77/20 = 57$

Curva de Calibración

Volumen agregado en ml	Concentración F en ppm	Mv
0.1	0.01	143
0.1	0.02	141
0.2	0.04	137
0.2	0.06	133
0.4	0.1	125
2	0.3	114
2	0.5	103
2	0.7	94
2	0.9	83

Mediciones de muestras de orina

Valores en Mv	Concentraciones en ppm
111	0.354
107	0.427
114	0.3
111	0.354
109	0.39
97	0.633
115	0.281
125	Estándar de .1
135	Estándar de .05
110	0.372
113	0.318
111	0.354
105	0.463
112	0.336
102	0.552
95	0.677
103	0.5

Medición de muestra de agua

mV	Concentración F ppm
106	0.45

**CONCENTRACIÓN URINARIA DE FLUORURO DE CUATRO HORAS EN ESCOLARES
DE NIVEL PRIMARIO INSCRITOS EN ESTABLECIMIENTOS PUBLICOS Y PRIVADOS
EN 1998, DENTRO DEL PERIMETRO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE POTABLE
DE EMPAGUA**

Sujeto	Edad Años	No. Muestras	Volumen de orina ml	Concentración de F mg/l
1	10	2	326	0.42
2	11	2	287	0.32
3	12	2	292	0.467
4	9	1	151	0.4
5	9	1	127	0.37
6	10	2	301	0.38
7	12	2	281	0.43
8	14	1	131	0.255
9	13	1	147	0.43
10	12	2	253	0.32
11	8	1	201	0.36
12	14	1	181	0.43
13	14	2	295	0.277
14	7	1	101	0.35
15	8	2	270	0.36
16	12	2	237	0.35
17	9	1	211	0.333
18	10	1	191	0.383
19	11	1	152	0.466
20	8	1	148	0.366
21	12	1	180	0.544
22	9	1	201	0.433
23	9	1	209	0.263
24	10	1	189	0.316
25	10	1	150	0.383
26	11	1	162	0.35
27	12	1	121	0.3
28	12	1	194	0.433
29	12	1	155	0.281
30	13	1	149	0.416
31	8	1	201	0.328
32	12	1	159	0.357
33	11	2	375	0.442
34	10	1	103	0.385
35	9	1	275	0.342
36	12	2	422	0.428
37	11	2	575	0.414
38	10	2	583	0.522
39	12	1	111	0.471
40	13	1	223	0.522
41	8	2	480	0.428
42	7	1	130	0.544

43	14	2	289	0.457
44	7	2	591	0.236
45	9	1	121	0.342
46	9	2	385	0.6
47	10	2	371	0.466
48	12	1	125	0.45
49	8	1	196	0.389
50	7	2	395	0.3
51	14	1	201	0.4
52	8	3	567	0.38
53	8	2	380	0.483
54	12	2	390	0.66
55	11	2	303	0.4
56	10	1	121	0.54
57	14	1	110	0.725
58	9	3	465	0.466
59	10	1	135	0.52
60	10	1	149	0.45
61	12	2	285	0.281
62	11	1	175	0.427
63	13	1	191	0.536
64	8	1	250	0.372
65	7	2	330	0.39
66	12	1	171	0.536
67	8	2	285	0.566
68	13	2	350	0.522
69	12	1	141	0.633
70	11	1	157	0.51
71	10	2	289	0.427
72	9	1	191	0.611
73	9	1	188	0.281
74	10	1	201	0.3
75	11	2	315	0.463
76	12	2	285	0.354
77	13	1	115	0.427
78	13	1	150	0.3
79	8	1	101	0.354
80	7	1	110	0.39
81	14	2	291	0.633
82	7	1	114	0.281
83	14	1	91	0.372
84	7	2	305	0.318
85	8	1	107	0.354
86	9	2	310	0.463
87	10	1	141	0.336
88	8	1	137	0.552
89	14	2	193	0.677
90	12	1	161	0.5

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alfaro, J.-- Concentración de fluoruro en la orina de los estudiantes de nivel medio de educación, inscritos en el año de 1994 en la región de salud nor-occidental que comprende los departamentos de Huehuetenango y Quiché.-- Tesis (Cirujano Dentista) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1995.-- p 62.
2. Aspectos cuantitativos sobre fluoruros en el cuerpo humano, ocurrencia e ingesta.-- En primera reunión de expertos sobre la fluoruración y la yodación de la sal de consumo humano.-- Antigua Guatemala, Guatemala, Noviembre 17 - 21, 1986. -- Pp 415 - 434. -- (Resumen)
3. Bellack, E.-- Manual de la ingeniería de la fluoruración.-- Washington, OMS, 1976. -- P 101.
4. Borgarello, L. de.-- Flúor.-- Rev. Fac. Odontol. UNC 2 (1-2) : 63-106, 1983. --
5. Collado, P. J.-- Fluoruria en adultos costarricenses de 20 a 30 años en los estadios de fútbol. Fluoruración al día.-- Costa Rica. (1) :15 - 17, marzo - agosto. 1991. --
6. Contenidos de fluoruros en aguas de destinos departamentales de la República de Guatemala / R. Sánchez Ávila, R. Ponce De León, M. González Avila, R. León Castillo. (et al).-- Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1996.-- P 82.
7. Cremer, H. Y W. Buttner.-- Absorción de los fluoruros.-- En: Fluoruros y salud.-- Ginebra, OMS. 1972. -- Pp 75-90 (Monografía No. 59).
8. Díaz, G.-- Monitoreo biológico para la evaluación de ingesta y excreción de fluoruro.-- En: Curso de formación de líderes en programas de fluoruración de sal.-- 1º. Memoria 16-21 de septiembre, San José , C R.: Programa de la fluoruración de la sal. 1991. -- Pp 83-91.
9. Fernández, C.-- Investigación de la calidad del agua, desde el punto de vista químico sanitario de la república de Guatemala. Biblioteca.-- ERIS, No. 6. 1985. -- p 10 - 15.
10. Fluoruros: equilibrio sistémico y mecanismos cariostáticos en caries dental / L. M. Silverstone, N.W. Johnson, J.M. Hardie , A.D. Williams. (et al).-- trad. por María del Rosario Corsolio Pacheco.-- México: El Manual Moderno, 1981.-- Pp 207-225.




11. Programa de fluoruración en el sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Guatemala.-- Municipalidad de Guatemala.-- s.d.e. 1988.-- p 2 - 6.
12. Hodje, H. C., F. A. Smithe I. Gedalia.-- Excreción de fluoruros. En: Adler.-- Fluoruros y salud. Ginebra, OMS, 1972.-- Pp 143-162.
13. Katz, Simon.-- Odontología preventiva en acción / Simon Katz, James L. Macdonald, George K. Stookey.-- México: Editorial Médica Panamericana, 1975.-- Pp 60, 64-65, 204, 209, 293, 451.
14. Lara, E.-- Evaluación del programa de fluoruración del agua de consumo de la ciudad de Guatemala que es abastecida por EMPAGUA.-- Tesis (Cirujano Dentista) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1996.-- p 46.
15. López, V.-- Concentración de fluoruro en la orina de los escolares del nivel primario, inscritos en el año de 1993, en la región de salud nor-occidente que comprende los departamentos de Huehuetenango y Quiché.-- Tesis (Cirujano Dentista) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1993. -- Pp 88.
16. Machuca, M., E. Saso de Méndez--. Análisis de la situación de salud por regiones.-- Guatemala, OPS, 1992. -- Pp 29-97.
17. Maier, J. F.-- Fluoruración del agua potable.-- México, Limusa-Willey, 1971. -- Pp 253.
18. Marthaller, T.-- Practical aspects of salt fluoridation.-- Acta Odontol Escan 27 (3) :39-56, 1983. --
19. McClure, F. J.-- Fluoridation of drinking water and control of dental caries.-- J Dent Res No. 30 :90 172, 1951.--
20. Mejía, R.-- Determinación de la concentración real y la concentración óptima de fluoruro en el agua de consumo humano en el departamento de Chimaltenango.-- Tesis (Cirujano Dentista) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1986.-- Pp 104-111.
21. Messer, H.H. Flúor / H.H. Messer y L. Singer ; trad. por Manuel González.-- Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, Departamento de Educación Odontológica, 1988.-- Pp 1-8.
22. Morán, L.-- Determinación de la concentración de fluoruros en el agua de consumo distribuida por EMPAGUA en las veintiun zonas de la ciudad capital de Guatemala.-- Tesis (Cirujano Dentista) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1991.-- Pp 10-11.

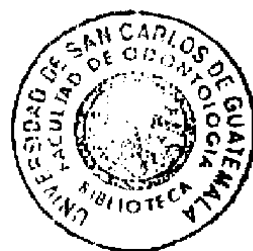


23. Mwaawe, H. H. Y L. Singer.-- Flúor ; trad. por Manuel González.-- Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, Departamento de Educación odontológica, 1988.-- Pp 1-8.
24. Newburn, E.-- Control y prevención de caries dental.-- México, Limusa, 1984. -- Pp 365-376.
25. Normas de la calidad del agua potable.-- Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). 1984. -- p 12-14.
26. Organización Mundial de la Salud.-- Fluoruros y Salud.-- Ginebra, OMS, 1972.-- P 379.
27. -----Seguridad de la Fluoruración.-- Controlador general de los Estados Unidos. Washington, OMS; Abril, 1973. -- P 7.
28. -----Establecimiento de un programa de fluoruración.-- Washington, OMS, 1974. - - P 2.
29. -----Manual práctico de fluoruración del agua potable.-- Washington, OMS, 1974.- - P 2.
30. -----Antecedentes de la fluoruración.-- Washington, OMS, 1976. -- Pp 11.
31. -----Aspectos de salud pública de la fluoruración.-- Washington, OMS, 1976.-- Pp 2-3.
32. -----Miedo al cáncer, reclamaciones engañosas.-- Washington, OMS, 1979. -- Pp 2, 3, 5, 11.
33. Proyecto sobre la fluoruración de la sal de consumo.-- Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, Departamento de Educación Odontológica, 1992.-- Pp 1-9.
34. Quiñónez, E.-- Concentración de flúor en el agua de consumo humano del departamento de Izabal.-- Tesis (Cirujano Dentista) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1994.-- P 86.
35. Rivas, M.-- Evaluación de la concentración y excreción urinaria de fluoruro como estimadores de la excreción urinaria de 24 horas.-- Tesis (Cirujano Dentista) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1994.-- P 86.
36. Sagnaes, J.-- The Physiology of fluoride.-- Int Dent J No. 12:2, 1962.--

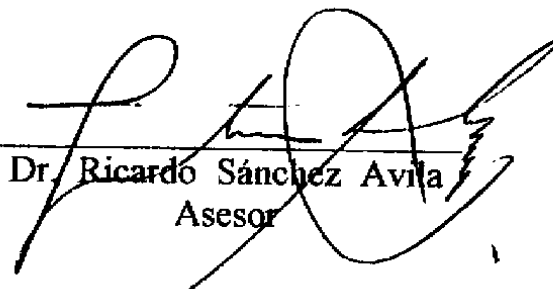


37. Siddiqi, A.-- La fluorosis en las regiones de la India con aguas naturales hiperfluoradas.-- En: Fluoruros y Salud, Washington, OMS, 1972.-- P 125.
38. Singh, A., Y S.S. Jolly.-- Efectos de las grandes dosis de fluoruros.-- En: Adler, P.-- Fluoruros y Salud.-- Ginebra, OMS, 1992.-- Pp 24-281.
39. Smith, F.A., D. E. Gardner and H.C. Hodge.-- Investigations on the metabolism of fluoride II, fluoride content of blood an urin as a function of the fluoride in drinking water.-- J Dent Res No. 29 :596-600, oct 1950.--
40. Técnicas de ingeniería aplicadas a la fluoruración.-- Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1968.-- Pp 24, 61, 87.
41. Wehncke, G.R.-- Flúor en las las tabletas como factor de prevención de caries dental y sus efectos en hijos de madres sometidas a este tratamiento, durante el embarazo y en niños preescolares que han recibido el tratamiento directamente.-- Tesis (Cirujano Dentista) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1981. P 11.
42. Whiltford, G.-- Control biológico de la sal fluorada.-- 1ª: reunión de expertos sobre la fluoruración y yodación de la sal de consumo humano.-- Antigua Guatemala, Guatemala, Nov. 17-21, 1986.-- Pp 133-155.
43. Wood, J.H.-- Química General. / J.H. Wood, Ch. W. Keenan, W. B. Bull ; trad. por Juan Pacheco y José Doria.-- 2ª. ed.-- Chile : Prensa Técnica, 1976.-- Pp 334-339.
44. World Health Organization. Fluorine and fluorides.-- Geneva, WHO, 1984.-- Pp 37-45.


Vo. Bo.





Juan Carlos Cabrera Melgar
Sustentante


Dr. Ricardo Sánchez Avila
Asesor




Comisión de Tesis
Dr. Fernando Ancheta




Comisión de Tesis
Dr. Guillermo Ordóñez

Imprimase:


Dr. Carlos Alvarado Cerezo
SECRETARIO