

“DETERMINACIÓN DE LA INGESTA DE FLUORUROS EN NIÑOS ESCOLARES QUE HABITAN EN LA CABECERA MUNICIPAL DE MALACATANCITO, HUEHUETENANGO POR MEDIO DEL ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN Y EXCRECIÓN DEL ION FLÚOR EN LA ORINA”

Tesis presentada por

RAQUEL SALOMÉ ESTRADA HERNÁNDEZ

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

CIRUJANA DENTISTA

Guatemala, octubre de 2007

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Decano:	Dr. Eduardo Abril Gálvez
Vocal Primero:	Dr. Sergio Armando García Piloña
Vocal Segundo:	Dr. Juan Ignacio Asensio Anzueto
Vocal Tercero:	Dr. César Antonio Mendizábal
Vocal Cuarto:	Br. Andrea Renata Samayoa Girón
Vocal Quinto:	Br. Aldo Isaías López Godoy
Secretaria:	Dra. Cándida Luz Franco Lemus

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PÚBLICO

Decano:	Dr. Eduardo Abril Gálvez
Vocal Primero:	Dr. Sergio Armando García Piloña
Vocal Segundo:	Dr. Ricardo Antonio Sánchez
Vocal Tercero:	Dr. Víctor Hugo Lima Sagastume
Secretaria:	Dra. Cándida Luz Franco Lemus

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS:** Por las bendiciones que me ha dado, por su amor y por darme la oportunidad de lograr este éxito.
- A MIS PADRES:** José Estrada Xocoy
Adilia Hernández de Estrada
Porque me han enseñado a luchar y a triunfar.
Los amo
- A MI ESPOSO:** Mario Enrique Castañeda López. Por su gran amor y por su apoyo incondicional. ¡lo logramos!
- A MIS HERMANOS:** Ruth Magdalena, Gamaliel, Dina Arely, Beny Vanessa,
- A MI CUÑADA:** Orfa Abigail
- A MIS SOBRINAS:** Aby Adaly, Arlin Odalis
- A MI FAMILIA
POLÍTICA:** Por su cariño y amistad
- A MIS AMIGAS Y
COMPAÑERAS:** Rosmery de León, Eunice Casasola, Nora Chávez
Yensi Pérez, Indira Marticorena
- PROYECTO “CIUDAD DE
LOS NIÑOS”** Por su apoyo en mis prácticas de E.P.S. especialmente a su personal. Rosita, Lucy, Dr alvarez.

DEDICO ESTA TESIS:

A GUATEMALA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

A LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

A MIS ASESORES: Dr. RICARDO ANTONIO SÁNCHEZ
 Dr. VÍCTOR HUGO LIMA SAGASTUME.

A TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON EN MI FORMACIÓN PROFESIONAL

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado :
“DETERMINACIÓN DE LA INGESTA DE FLUORUROS EN NIÑOS ESCOLARES QUE HABITAN EN LA CABECERA MUNICIPAL DE MALACATANCITO, HUEHUETENANGO POR MEDIO DEL ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN Y EXCRECIÓN DEL ION FLÚOR EN LA ORINA”, conforme lo demandan los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala previo a optar al título de

CIRUJANA DENTISTA

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a los Drs. Ricardo Antonio Sánchez y Víctor Hugo Lima Sagastume por su apoyo y asesoría en la realización de este trabajo de investigación; a la Facultad de Odontología y a la queridísima Universidad de San Carlos de Guatemala

ÍNDICE

	Pag
I. SUMARIO	1
II INTRODUCCIÓN	2
III ANTECEDENTES	3
IV PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
V JUSTIFICACIÓN	6
VI OBJETIVOS	7
VII REVISIÓN DE LITERATURA	8
VIII PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS Y MATERIALES	22
IX PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	31
X CONCLUSIONES	34
XI RECOMENDACIONES	35
XII LIMITACIONES	36
XIII ANEXOS	37
XIV BIBLIOGRAFÍA	42

I. SUMARIO.

Con el objetivo de conocer la ingesta de fluoruro en niños de la población de Malacatancito, Huehuenango, se realizó un estudio para determinar la misma, por medio de la concentración y excreción del ión flúor en la orina.

La población estudiada estuvo constituida por escolares de nivel primario, de ambos sexos, de la Escuela Municipal “Félix Calderón” y el colegio Parroquial “Santa Ana”, comprendidos entre las edades de 7 a 12 años, nacidos en la cabecera Municipal de Malacatancito Huehuetenango o que hayan vivido 5 años en dicho lugar.

Considerando el tamaño de la población escolar y como variable determinante la excreción de fluoruro en la orina, se calculó el tamaño de la muestra según la fórmula específica. El cálculo del tamaño muestral por este procedimiento indicó que era necesario incluir como mínimo 30 estudiantes, sumado a ellos, se incluyeron 4 niños por cualquier problema en cuanto a no participación. Se seleccionaron aleatoriamente a 17 niños en cada grupo escolar, lo que dio como resultado un total de 34 niños escolares.

Se solicitaron datos personales de los niños participantes, para lo cual se elaboró un formulario, se le dio a cada uno de ellos un recipiente plástico identificado con un código y se les indicó la técnica de obtención de la orina.

El procedimiento para la recolección de las muestras de orina fue de 4 horas, y se transportaron en una hielera para su análisis en el laboratorio, en donde se utilizó un electrodo de combinación de fluoruro y un potenciómetro, ambos de marca Orión.

El promedio y desviación estándar encontrados fueron de 8.27 y 11.66 respectivamente; estos resultados demuestran signos de intoxicación crónica de fluoruro debido a la alta ingesta en los escolares que habitan en la cabecera Municipal de Malacatancito.

II. INTRODUCCIÓN

La presencia casi universal de flúor en los alimentos y en el agua hace que la ingesta de este elemento sea casi inevitable. Esta circunstancia explica la presencia constante de fluoruro en los tejidos y en los líquidos orgánicos.

El flúor posee una notable afinidad por los tejidos duros; aunque la cantidad de fluoruro ingerida sea muy pequeña, aproximadamente la mitad pasa a los tejidos duros y queda retenida en ellos, mientras que el resto se excreta rápidamente.

La proporción de los fluoruros retenida en diferentes partes del esqueleto y de los dientes depende de la cantidad ingerida y absorbida por el organismo, y de la duración de la exposición al fluoruro y localización, tipo y actividad metabólica del tejido.

Las personas que han residido mucho tiempo en poblaciones que consumen agua fluorada y en las que llega probablemente a un balance equilibrado de fluoruro, acaban por excretar una cantidad diaria de fluoruro prácticamente igual a la que ingieren.¹⁸

La exposición excesiva y prolongada al fluoruro no sólo se manifiesta por la aparición de grandes concentraciones de éste en el sistema óseo, sino también por ciertos efectos nocivos característicos de los tejidos dentarios (fluorosis) por lo que la eliminación del fluoruro del organismo, es de gran importancia.

La principal vía de excreción del fluoruro es la urinaria, este es el fluido orgánico más comúnmente analizado para estimar la ingesta de fluoruro derivada del agua, la sal y otras sustancias.

Basándose en lo anterior se realizó un trabajo de investigación para determinar la “ingesta de fluoruros en niños escolares que habitan en la cabecera Municipal de Malacatancito, Huehuetenango, por medio del estudio de la concentración y excreción de ion flúor en la orina”.

Se seleccionaron escolares de 7 a 12 años inscritos en el ciclo escolar de la escuela Municipal “Félix Calderón” y el Colegio Parroquial “Santa Ana”.

III. ANTECEDENTES

Se han llevado a cabo investigaciones de carácter epidemiológico relacionado con la estimación de la ingesta de flúor en la población. Entre ellos está:

Concentración y Excreción Urinaria de fluoruros en niños, adolescentes, adultos y embarazadas.

Esta investigación se realizó con el propósito de estimar la ingesta del ión flúor en la dieta de la población guatemalteca. Se realizó la medición de la concentración y excreción del fluoruro en la orina de los diferentes grupos; esta investigación se realizó en las ocho regiones de salud del país. Los resultados permitieron establecer criterios en el control, seguimiento y evaluación de programas preventivos de fluoruración sistémica, entre ellos el de la sal fortificada con fluoruro para el consumo humano. El estudio se desarrolló en cuatro fases. En la primera fase se estudió escolares del nivel primario inscritos en el ciclo lectivo 1993; en la segunda, escolares del nivel secundario inscritos en el ciclo lectivo 1994; en la tercera fase, adultos de instituciones privadas y estatales en el año de 1995 y finalmente en la cuarta, mujeres embarazadas atendidas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, IGGS y APROFAM en 1996. El diseño muestral para cada una de las fases fue aleatorio de las diferentes instituciones a las que pertenecía cada grupo de personas definidas anteriormente. La segunda etapa fue la selección aleatoria de cada uno de los individuos. El cálculo del tamaño muestral indicó necesario incluir en los estudios de escolares del nivel primario y secundario como mínimo 150 personas; en el de adulto 120; en el de mujeres embarazadas, 90 personas. Las muestras de orina fueron analizadas, por medio de la técnica de electrodo específico para el ion flúor. Previo a estos análisis, se hicieron prácticas de calibración para los análisis respectivos.

Los resultados de la concentración de fluoruro en la orina, presentados como media aritmética con su respectiva desviación estándar fueron: 0.389 +/- 0.253 mg/l en escolares de nivel primario, 0.41 +/- 0.270 mg/l en escolares de nivel secundario, 0,445 +/- 0.280 mg/l en adultos y 0.351 +/- 0.208 mg/l en embarazadas. Se encontró que la excreción urinaria de fluoruro fue como sigue: 0.056 +/- 0.050 mg/4h en adultos y 0.023 +/- 0.015 mg/4h en embarazadas. Esta información indicó que en Guatemala hay una ingesta de fluoruro muy baja en la dieta, lo que hace evidente la necesidad de implementar programas de fluoruración en el país.¹⁸

FLUOROSIS SIN ATENCIÓN

Por publicaciones realizadas en medios de información escrita “Prensa Libre” (Fluorosis sin atención) o comentarios de los mismos pobladores de Malacatancito, Huehuetenango, se ha sugerido que el agua de consumo humano contiene alto contenido de ion flúor y esto ha provocado fluorosis dental. Sin embargo, se carece de datos que confirmen dicha hipótesis, así como los que corroboren una alta ingesta de fluoruro y la presencia de dicho trastorno.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las personas que han residido mucho tiempo en poblaciones que consumen agua fluorada y en las que llega probablemente a un balance equilibrado de fluoruro, acaban por excretar una cantidad diaria de flúor prácticamente igual a la que ingieren,⁶ lo cual constituye el principal indicador para poder valorar las cantidades de flúor que están ingiriendo los pobladores de Malacatancito, Huehuetenango.

La mejor forma de saber cuánto ingiere una persona de flúor es por medio de la excreción urinaria.⁶ Si bien es cierto que existen distintas vías de eliminación de fluoruro, éstas no son tan importantes como la urinaria.

Debido a que el metabolismo del fluoruro presenta diferencias con respecto a la edad,⁶ el presente estudio pretende determinar: ¿Cuál es la concentración y excreción de fluoruro en la orina de niños escolares de la cabecera municipal de Malacatancito, Huehuetenango?, que servirá como indicador fisiológico de la ingesta de flúor.

V. JUSTIFICACIÓN

La orina es el fluido orgánico más comúnmente analizado para estimar la ingesta de fluoruro; es uno de los indicadores biológicos con los que se cuenta por su sencillez y confiabilidad en el análisis de la concentración de fluoruro.

A pesar de que existen varios indicadores fisiológicos de la ingesta de fluoruro, como la concentración de fluoruro en las heces, saliva o plasma, los valores no son significativos como la excreción por la vía renal, siendo ésta la que mantiene el equilibrio fisiológico ya que se ha comprobado repetidamente que a mayor ingesta, mayor excreción de fluoruro.

En Guatemala existen investigaciones relacionadas al estudio de la concentración y excreción de flúor en la orina, pero en la Cabecera Municipal de Malacatancito, Huehuetenango no hay datos publicados, por lo que la presente investigación proporcionará datos de la ingesta de fluoruro en los niños escolares de esta población por medio del análisis de la concentración y excreción de fluoruro en la orina y ayuda, además, a fortalecer otros estudios que se están llevando a cabo ya que es un programa de investigación que contiene diferentes fases:

1. Determinación de fluorosis dental en Malacatancito, Huehuetenango
2. Medición de la concentración de fluoruro en agua de consumo humano en Malacatancito, Huehuetenango.

VI. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Determinar la ingesta de fluoruros en niños escolares que habitan en la Cabecera Municipal de Malacatancito, Huehuetenango.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar la concentración y excreción de fluoruro en la orina, de una muestra de niños escolares que habitan en la Cabecera Municipal de Malacatancito, Huehuetenango.

VII. REVISIÓN DE LITERATURA

A través de la revisión de literatura se abordará el tema en diferentes partes dando a conocer primero la configuración química y biológica del ión flúor, luego su clasificación, sus vías de ingesta, excreción.

Las enfermedades dentales constituyen un problema general de salud pública, en la mayor parte del mundo, las enfermedades de mayor prevalencia son la caries dental y las periodontopatías. Las investigaciones epidemiológicas sobre caries dental efectuadas en Guatemala, demuestran una alta prevalencia de la enfermedad en la población en general. El flúor ha demostrado tener efectos benéficos en la prevención y control de la caries dental, y ejerce su efecto cuando se administra en forma sistémica como tópicamente. La fluoración del agua es el medio más efectivo para prevenir la caries dental cuando esta el flúor en el nivel optimo. (1 ppm) cuando su nivel esta por encima de los niveles recomendados, puede afectar las funciones de los ameloblastos, produciendo fluorosis dental. Ello constituye el primer signo clínico del efecto tóxico de flúor en los niños.

El flúor es un elemento químico que pertenece a la familia de los halógenos los cuales constituyen la familia no metálica más reactiva. Reaccionan casi siempre formando iones negativos o compartiendo electrones, y se diferencia del resto de la familia por el pequeño tamaño de su átomo. El flúor es el más electronegativo de todos los elementos químicos.

Las propiedades físicas del flúor son las siguientes:

- a) Su aspecto a temperatura ambiente es de un gas verde- amarillento
- b) Su punto de fusión es -218°C
- c) Su punto de ebullición es de 188°C .
- d) Su electronegatividad es de 4.0.
- e) Su número atómico es 9.
- f) Su peso atómico es 19
- g) Su densidad es de 1.14 gr./ cm.^3

Puede combinarse con todos los elementos naturales a excepción del oxígeno y el platino⁴
La molécula diatómica del flúor, F_2 es un agente oxidante más fuerte que cualquier otro elemento en su estado normal.

El flúor es un elemento muy difundido en la naturaleza, compone alrededor del 0.065% del peso de la corteza terrestre y ocupa el decimotercero lugar de los elementos en orden de abundancia.

La materia comercial del flúor es el mineral fluorapatita, llamado también espatoflúor o calcita (CaF_2 fluoruro cálcico)²

En la atmósfera existe en pequeñas cantidades; sin embargo, abunda en algunas industrias, como en la fundición de aluminio, la fabricación de ladrillos y en la explotación minera de rocas de fosfato.¹⁰ Su concentración en el agua es variable, dependiendo de las diversas regiones geográficas.

El fluoruro puede entrar en la atmósfera por acción volcánica o como resultado de procesos industriales. Retorna a la tierra al depositarse como polvo, lluvia, nieve, etc. Ingresa en la hidrosfera por filtración desde los suelos y minerales hacia el agua subterránea. A partir del suelo, el agua o el aire, se incorpora a la vegetación y desde ahí puede entrar en la cadena alimenticia.¹⁰

Por regla general, las aguas superficiales contienen bajos porcentajes de fluoruros; en cambio las aguas subterráneas pueden adquirir concentraciones más altas.¹⁰

Debido a su abundancia y gran capacidad de combinación se encuentra también en el cuerpo humano, siendo necesario para el organismo y la salud. Por su comportamiento químico el ión flúor es fisiológicamente el más activo de todos los iones elementales, en presencia de una concentración baja de este ión puede producirse una inhibición o una exaltación de ciertos procesos enzimáticos, y el propio ión puede dar lugar a interacciones de gran importancia fisiológica con otros componentes orgánicos o inorgánicos del cuerpo humano.

El agua que utiliza el hombre para sus necesidades personales nunca es pura, en el sentido estricto.

Todas las aguas contienen concentraciones, más o menos elevadas, de numerosas sustancias disueltas o en suspensión; calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, estroncio, bario, sulfatos, cloruros, etc. La mayoría de las aguas potables contienen fluoruros y constituyen para el hombre una fuente casi universal de estos compuestos.¹⁶

En el decenio 1930 – 1940 se observó que los fluoruros ejercen influencia en la dentadura. Inhibición pronunciada de la caries dental a dosis óptima, y a dosis mayores, perturbación de la formación del esmalte, influencia sobre la forma de las arcadas y sobre la gravedad en las periodontopatías.⁶

El flúor actúa como un agente anticariogénico reduciendo la incidencia de la caries dental en un 50% aproximadamente a concentraciones de una a dos partes por millón (ppm) en el agua de consumo.

La incorporación de fluoruro en vitro es mucho mayor en el esmalte parcialmente desmineralizado de las lesiones incipientes que el esmalte sano adyacente. La remineralización también puede ser inducida por el fluoruro ya que ésta aumenta con aplicaciones tópicas de fluoruro al esmalte levemente grabado. El esmalte superficial es menos soluble a los ácidos que el esmalte subyacente y, a la menor solubilidad, se relaciona con las elevadas concentraciones de fluoruro en el esmalte superficial. Solamente vestigios de fluoruros se disuelven durante la disolución del esmalte. El fluoruro vuelve a precipitarse como fluorapatita, y el esmalte residual aumenta en fluoruro y se hace más resistente a la disolución.

En boca la disolución por ácido es influida por la saliva. Es importante notar que la saliva está normalmente sobresaturada con respecto a la fluorapatita y a la hidroxiapatita, y que la fuerza directriz está en favor del depósito, más que la disolución del mineral del esmalte. Sin embargo, a medida que desciende el pH, cae por debajo de aproximadamente 4, así el fluoruro presente en la saliva contribuye a la protección del esmalte.³

Durante una aplicación tópica de flúor se difunden en el esmalte cantidades significativas de fluoruro, dependiendo la penetración de la concentración de fluoruro en la solución, el pH y del tiempo de exposición.¹⁶

Existen varias teorías sobre el modo de acción del flúor en la prevención de la caries dental, pero existen dos de ellas que han suscitado gran interés:

1. La acción físico-química: consiste en el fortalecimiento del esmalte haciéndolo más resistente a los ataques ácidos.
2. La acción antibacteriana: el flúor inhibe las enzimas bacterianas productoras de los ácidos que atacan el esmalte.

La teoría de acción físico- química, es la más aceptada y mejor fundamentada, basándose en ella pueden resumirse los mecanismos complejos de reducción de la caries de la siguiente manera:

- a) La incorporación al esmalte del ión flúor, hace que éste sea más insoluble frente a los ácidos, mediante la formación de cristales más grandes y con menos superficie por unidad de volumen susceptible a ser disuelto.
- b) El esmalte tendrá menos cantidad de carbonatos, lo cual reducirá también la solubilidad.
- c) Al producirse las imperfecciones, estabilizando las uniones y presentando reprecipitación de los fosfatos de calcio disueltos, el flúor favorecerá su cristalización como fluorapatita.

Con respecto a la acción antibacteriana, ésta se basa en los siguientes aspectos:⁴

- a) La inhibición de los sistemas enzimáticos de las bacterias de la placa, que producen los ácidos a partir de azúcares. Para que esto ocurra, el flúor debe estar presente como ión libre y no unido a la placa; en la placa se encuentran unas 100 ppm de flúor pero sólo el 2 o 3% existe en forma iónica libre.
- b) La inhibición del acúmulo de polisacáridos intracelulares. En esta forma se previene la acumulación de carbohidratos dentro de las células, impidiendo así la formación de ácidos aún cuando no se ingieran carbohidratos, a través de los alimentos.
- c) Efecto bacteriostático del flúor, aunque sólo se manifiesta con concentraciones mayores que las ideales. El flúor tiene efecto bactericida y bacteriostático sobre los estreptococos y, como es sabido el mutans es el principal formador de la placa. Esta acción está en relación a la concentración, habiéndose comprobado que 1 ppm afecta la producción de ácidos y altera la actividad metabólica; 250 ppm inhiben el crecimiento y 1000 ppm tienen efecto bactericida.
- d) Reduciendo la capacidad de la superficie del esmalte para adsorber proteínas.⁴

Estas teorías sobre el modo de acción de flúor en la prevención de la caries dental, y sus efectos benéficos y/o perjudiciales sobre el diente depende del período evolutivo en que se encuentre.

Existen además, tres períodos evolutivos del diente:⁵

1. Durante la formación de la matriz de esmalte (etapa de aposición), y durante la mineralización (etapa de calcificación) el contenido de flúor en el esmalte alcanza en esta época, en zonas donde no hay cantidades suficientes en agua, es de más o menos 60 ppm; mientras que si el agua está fluorada, (es decir contiene 1.0 ppm) la incorporación llega hasta 100 ppm. Es durante este periodo en que pueden producirse los defectos del esmalte que caracterizan a la fluorosis, la cual se debe a la acción del exceso de flúor sobre los ameloblastos, y que son las células del organismo más sensibles a este ión, cuyas concentraciones excesivas pueden tener un efecto tóxico sobre ellas inhibiendo, su acción.⁸

2. Una vez terminada la actividad de los ameloblastos, en el depósito de matriz de esmalte en toda la corona, y hasta que ésta se haya mineralizado, y el diente esté en condiciones de erupcionar (durante todo el período eruptivo), la incorporación de flúor se produce en la superficie del esmalte, actuando como un vehículo, los líquidos intersticiales que lo rodean. Este enriquecimiento superficial de flúor, es el mayor en cuanto a significación anticariogénica (antes de erupcionar, no están cubiertos con la película salival que podría inhibir parcialmente la reacción).

Las concentraciones superficiales de fluoruro varían y son más bajas en los dientes primarios que en los permanentes.

La importancia del agua potable como una fuente de obtención de fluoruro, está demostrada por la comprobación de flúor en el plasma, y está estrechamente relacionada con la concentración presente en el agua.

3. También se debe tener en cuenta la incorporación del ion flúor en la fase eruptiva, cuando los dientes ya han entrado en contacto con el medio externo. El ion fluoruro necesario para este enriquecimiento, proviene en forma natural de la saliva y del agua; puede ser aplicado también por medio de las topicaciones, enjuagatorios y dentífricos fluorados. También a través del contacto directo con el agua de consumo diario, siempre que ésta la contenga.⁵

(forma exógena).

La adquisición fisiológica post eruptiva de fluoruro por el esmalte es de pequeña magnitud, excepto quizá durante el comienzo del estadio post eruptivo, evidentemente los dientes recién erupcionados, reaccionan más al fluoruro que los ya erupcionados.⁵

Esto es sugerido por la comprobación de cuando el uso de agua fluorada comenzó después de la erupción del diente, se observó una significativa reducción de la caries.

Podría esperarse una incorporación continuada de fluoruro durante toda la vida porque la saliva contiene la misma concentración de fluoruro en el plasma y los dientes erupcionados están expuestos al fluoruro presente en los alimentos y el agua.

Después de la erupción, en el esmalte exterior se adquiere fluoruro en forma adicional de los fluidos orales. Esto aproximadamente explica por qué se reducen las caries por la fluorización aún de dientes que ya erupcionaron en la boca. Baker-Dirks han demostrado que las superficies que alcanzan con más facilidad en agua fluorada son: bucal y lingual, (no así en las fosas oclusales). Son aquellas que muestran el mayor beneficio post-eruptivo después de la fluorización.

Los defectos del esmalte y cavidades cariadas tempranas, concentran más fluoruro y con más facilidad que el esmalte sano presumiblemente debido a que éstas áreas son más permeables, Myers,(1962). Dowse y Jenkins (1967).⁵

El **esmalte maduro** parece adquirir poco o nada de fluoruro del medio ambiente bucal natural, ya que cuando se pierde la superficie del esmalte por abrasión, el nivel de la superficie rica en fluoruro, no es compensado por la incorporación post eruptiva aún en dientes de áreas con elevada concentración de fluoruros en el agua de consumo.

La concentración de fluoruro en la mayoría de los alimentos está por debajo de 1 ppm; los cálculos de las cifras para la concentración de fluoruro fueron reunidos por Mc Clure (1959), y los análisis de alimentos consumidos con referencia por Elliot y Smith, (1960) conviene en que el consumo de fluoruro diario generalmente es menor que 0.5 mg.⁵

El total de flúor en la dieta está afectado no solamente por la cantidad en alimento sino también por una serie de factores, que incluyen: la naturaleza del alimento, la cual está determinada por el valor cuantitativo de los alimentos en la dieta, la técnica de preparación, la cantidad de flúor en el agua usada para preparar el alimento, el contenido de flúor en condimentos, preservantes y la posible transferencia del flúor del recipiente utilizado en la cocción de alimentos. El flúor no se precipita durante la cocción y no es perdido grandemente por el consumidor; como consecuencia de la evaporación durante la preparación, aumenta la concentración de flúor de 1.5 a 3 veces.⁷

El fluoruro contenido en el agua de bebida, alimentos y productos medicinales, constituye la principal fuente de este elemento en la dieta de los seres humanos.¹⁸ Después la ingesta inicia el metabolismo de los fluoruros.

El metabolismo de los fluoruros se refiere a su absorción, distribución y excreción.²¹ El conocimiento detallado acerca de este asunto, se requiere debido al grado de retención de fluoruro en todo el cuerpo, el cual está asociado con los efectos benéficos hasta ciertos niveles de ingesta. Más allá de éstos, pueden aparecer efectos adversos tales como la fluorosis dental.²¹ La relación entre la ingesta y retención de fluoruros, no puede describirse mediante una simple ecuación. Esto último es cierto; tanto cuando se comparan diferentes individuos como cuando un mismo individuo es considerado.²¹

Esta complejidad se deriva del hecho de que los aspectos cuantitativos del metabolismo de los fluoruros, pueden ser diferentes tanto en distintas personas como en una misma, en distintas épocas.¹⁷

Desde que el fluoruro está fuertemente distribuido, se presenta virtualmente en todas las plantas, animales y consecuentemente en toda clase de alimentos y suelos acuosos. El fluoruro es luego absorbido por el aparato gastrointestinal y llevado al plasma, en el cual es más veloz y eficientemente aclarado en nivel de fluoruro, donde se mantiene a un nivel más bajo, (0.01 ppm) en forma iónica.¹³

Cuando se ingiere, el ion se absorbe con gran rapidez en el estómago y en el intestino delgado, al grado de que en una hora se distribuye por difusión a los tejidos. El flúor absorbido se elimina a través de la orina y el sudor, a diferencia del que no se absorbe, el cual se elimina en el material fecal.¹⁰

Desde el punto de vista dental, el sistema de incorporación del flúor al material mineralizado de los dientes (el esmalte), es particularmente importante.

Los iones de flúor pueden entrar a la estructura de los cristales de apatita del esmalte a reemplazar a los iones de hidroxapatita, y de esta manera es formada la fluorapatita.

Es conocido que el flúor tiene un efecto beneficioso en los dientes proporcionando resistencia a la caries dental, si una cantidad óptima es ingerida diariamente bajo condiciones normales: la escasa ingestión de flúor está determinada principalmente por la cantidad presente en la dieta que se consume a diario.

La mayor fracción de flúor es absorbido a través del intestino mientras que la fracción que no es absorbida deja el cuerpo a través de la orina y las heces fecales. Después de la absorción, el flúor entra en el plasma circulatorio.⁶

Del plasma los fluoruros se difunden hacia los fluidos extra e intracelulares de la mayoría de los tejidos blandos donde rápidamente se establece una distribución de equilibrio dinámico. Se exceptúan los tejidos del cerebro y adiposo, donde la penetración es lenta y las concentraciones de fluoruro son relativamente bajas. El término “equilibrio dinámico” indica que las concentraciones de flúor en los fluidos extra e intracelular no son iguales (los niveles intracelulares son ligeramente menores) además de que cambian proporcional y simultáneamente, de esta manera, después de consumir flúor se da un incremento temporal en los niveles de fluoruro del plasma y de otros fluidos del cuerpo humano como la saliva de los conductos salivares, el fluido del surco gingival, la bilis y la orina.²¹

El flúor es aclarado rápidamente desde el plasma de varias maneras; este es depositado principalmente en los huesos y los dientes y una insignificante cantidad a los demás tejidos del cuerpo.

El flúor es excretado del cuerpo por la orina y el sudor y, se presenta en trazas, en el jugo digestivo, saliva y leche. Pequeñas cantidades son transferidas a través de la placenta para el feto de la mujer embarazada.

Si la escala de introducción es mucho mayor que la escala de eliminación, el flúor podría acumularse en el cuerpo, y haría una creciente escala de excreción como siempre compensada de una creciente absorción a una muy marcada eliminación.

Siendo así, que va más lejos una creciente escala de aclaración de flúor desde el plasma, y resultaría dentro de niveles bajos y normales.¹³

En general, la mucosa gastrointestinal es la ruta principal de **absorción**, mediante la cual los fluoruros ganan acceso a los fluidos y tejidos del cuerpo humano. La absorción también puede ocurrir a través de la mucosa bucal, particularmente de soluciones acidificadas, pero la tasa es muy baja comparada con la absorción gastrointestinal.²¹

La **absorción** debe ser definida como el transporte de materiales a través de lumen, del tracto gastrointestinal, donde son absorbidos por los capilares y distribuidos en todo el cuerpo para su utilización.¹⁴

Conviene recordar algunos aspectos generales:

1. Los fluoruros pueden proceder de fuentes orgánicas o inorgánicas.
2. Los compuestos inorgánicos de flúor se pueden clasificar en solubles, insolubles e inertes.

Los compuestos inorgánicos, en función de su solubilidad, liberan iones flúor que posteriormente son absorbidos. En relación a los efectos del flúor, es importante indicar, que solamente el ión flúor desempeña un papel importante.⁶

En cuanto a los sitios de absorción del flúor hay diferencias de opinión, según Stookey, Creane, y Muhler (1969) la absorción de fluoruro en el feto ocurre tanto en el estómago como en el intestino delgado. Mientras que Zipkin, (1972), declara que la absorción en el estómago es mayor que en el intestino delgado, Murray (1976), por otro lado, es de la opinión que la absorción ocurre principalmente en el estómago.¹³

La absorción de los fluoruros es un proceso esencialmente pasivo, en el que no participa ningún mecanismo activo de transporte,⁴

Es conocido que el calcio es una condición para retardar la cantidad de absorción de flúor.

La absorción como ion flúor se realiza mediante un mecanismo de difusión, que es modificado por la edad y la ingesta anterior.

Después de la absorción, el flúor es distribuido por los líquidos extracelulares, siendo metabolizado en el organismo en dos formas:

1. Se produce el depósito, principalmente en el tejido óseo y dentario.
2. Excreción por vía renal.

En la etapa de depósito, la cantidad retenida se ve influenciada en primer lugar por la edad, ya que en los niños con tejidos duros en formación, puede haber una retención del 50% de la dosis diaria ingerida; en el adulto sólo se retendrá de 2 al 10%, mientras que en la vejez, en base a estudios realizados¹⁵ el incremento de la fijación del fluoruro, contrarrestaría la osteoporosis senil.

En segundo lugar, también influye la ingesta previa, ya que cuando menor sea la demanda existente, mayor será la eliminación, que si bien se cumple casi totalmente, por el riñón, existe también una pequeña excreción fecal de flúor no absorbido, habiendo además, pequeñas cantidades en la leche, la saliva y la transpiración, pudiendo llegar esta última a cantidades apreciables en épocas y zonas calurosas.

Más del 95% de la absorción del flúor ingerido ocurre a través de la mucosa gastrointestinal, ganando acceso a los fluidos y tejidos del cuerpo humano. La absorción también puede ocurrir a través de la mucosa bucal, particularmente de soluciones acidificadas, pero la tasa es muy baja comparada con la absorción gastrointestinal.^{7,15}

Estudios recientes en animales de laboratorio, han demostrado que la tasa de absorción de los fluoruros a partir del estómago es mayor cuando la acidez de su contenido alcanza el punto máximo. Este hallazgo sugiere que la difusión del ácido débil, ácido fluorhídrico es el mecanismo subyacente de la absorción. Por lo tanto, la magnitud y el tiempo que toman los fluoruros para alcanzar su punto máximo en el plasma.

La mayoría del fluoruro ingerido que escapa la absorción a partir del estómago será absorbido en los intestinos, de tal manera que la fracción que se absorbe generalmente excede el 90%.

El fluoruro que aparece en las heces fecales es fundamentalmente o quizás en su totalidad, no absorbido. Casi siempre equivale a menos del 10% de la ingesta diaria de esta sustancia.²¹

Después que el flúor es absorbido el cuerpo absorbe lo que necesita y excreta lo que no necesita. La excreción de fluoruros ocurre principalmente por la vía urinaria, y por el sudor, encontrándose pequeñas concentraciones en la leche, saliva, el epitelio y las lágrimas.¹³

La cantidad de excreción ocurre con gran rapidez, y es lo que refleja la ingestión diaria de fluoruros.

Hay varios factores que influyen en la excreción de fluoruros: a) la ingestión total de fluoruros, b) el carácter de la exposición de la persona al fluoruro, c) la forma de la ingestión del mismo, d) el estado de salud del individuo, sobre todo en cuanto a lo que son las enfermedades renales.⁵

En los adultos, aproximadamente la mitad del fluoruro absorbido es eliminado a través de la orina.⁵

Hay varios factores que pueden influenciar la eliminación de fluoruro por la orina, además de los anteriormente indicados tales como: la edad de las personas, el flujo de orina, el PH de la orina, y también el estado de los riñones. La reabsorción tubular del fluoruro es mayor en la orina ácida, y la excreción aumenta en la orina alcalina.⁵

Hay una correlación entre la concentración de fluoruro en la orina y la del agua potable; sin embargo, hay que considerar que parte del fluoruro excretado se origina del fluoruro que se desecha durante la remodelación ósea. Por lo tanto el porcentaje de excreción puede aumentar ligeramente con la edad, pero es de gran importancia observar que no se ha encontrado ninguna diferencia por sexo.

Al analizar la importancia de la concentración urinaria es conveniente distinguir por lo menos dos grupos, basándose en las condiciones en que se ingieren fluoruros:

1. Individuos cuya digestión normal es bastante constante:¹²

La concentración urinaria de fluoruro, puede variar en ellos si se ingieren cantidades significativas de fluoruros con la alimentación usual o se beben cantidades variables de agua. Sin embargo, si se estudian a lo largo de meses, la ingestión, la excreción urinaria, y las concentraciones óseas de fluoruro, tienden a alcanzar, al menos superficialmente un estado de equilibrio en la mayoría de estos grupos la concentración urinaria de fluoruro suele ser bastante baja, (1-2 ppm, ó menos).¹²

Ciertos grupos sin embargo están bastante expuestos al fluoruro por varias razones: Exposición laboral, presencia de fuertes concentraciones de flúor en el agua de consumo, o beber cantidades excesivas de agua debido a la elevación de la temperatura ambiente, etc. En estos grupos hay concentraciones urinarias de fluoruro mucho más altas, pero se supone que acaban por alcanzar un estado de equilibrio.

2. Individuos que a intervalos irregulares sufren una exposición al fluoruro breve, pero intensa.

Estos sujetos, se mantienen “relativamente expuestos” en el sentido de que sus tejidos óseos no están en absoluto “saturados”. En los períodos transitorios en la ingestión de fluoruro es anormalmente elevada, la rápida distribución y excreción de fluoruro: a) Depositán aproximadamente la mitad del exceso de éste en el sistema óseo, y b) Eliminan el resto en la orina.¹²

Existe una correlación extraordinaria lineal entre las concentraciones de fluoruro en el agua potable (hasta 8 ppm) y en la orina.

Un individuo que beba un litro diario y excretara un litro de orina con la misma concentración de flúor, tendría un balance equilibrado de fluoruro. Sin embargo, este cálculo tan simple, puede producir interpretaciones erróneas.

Los alimentos aportan casi la mitad de la ingesta hídrica total, y salvo en casos de intensa sudoración, casi la mitad del agua ingerida se pierde por los riñones.

Así pues, el hecho de que las concentraciones de fluoruro en el agua y la orina coincidan, refleja la relación normal entre el consumo de agua potable y la excreción urinaria que tiene lugar en un estado de equilibrio de fluoruro, constituye un índice fidedigno de exposición global. La valoración del fluoruro en la orina ha adquirido suma importancia en el campo “higiene del trabajo.”¹²

Las concentraciones urinarias de fluoruro varían característicamente de hora en hora, de día en día y de individuo a individuo.

Cuando hay una disfunción renal que frena y reduce la excreción urinaria de fluoruro, este es absorbido y permanece más tiempo en la sangre, por lo que tiende a depositarse más en el hueso.¹²

En deficiencias renales crónicas, la pérdida del parénquima funcional perjudica la habilidad de los riñones de remover el flúor del cuerpo humano.⁵

La tasa a la que se excreta el fluoruro en la orina depende de varios factores: La tasa de filtración es un factor importante porque determina cuánto fluoruro entra en los túbulos en un tiempo dado. Se determina por la tasa de filtración glomerular y la concentración plasmática de fluoruro.²¹ A los dos o tres años de edad y luego a través de la mayor parte de la edad adulta.

La tasa de filtración glomerular se estabiliza a un valor fraccional relativamente constante del peso corporal. A medida que disminuye la masa renal funcional en la senectud o en ciertos tipos de enfermedad renal, se reduce la tasa de filtración glomerular. También se reduce durante el sueño, el ejercicio moderado o fuerte y en los períodos de tensión física o emocional.²¹

La reabsorción tubular de fluoruro, como ha sido demostrado, disminuye a medida que aumentan las tasas de flujo urinario y aumentan el ph urinario.

Esto significa que la tasa de excreción renal y la tasa de aclaración renal están relacionadas directamente con estas dos variables. Los factores que pueden influenciar el ph urinario incluyen ciertos desórdenes respiratorios o metabólicos, algunas drogas incluyendo el alcohol, el nivel de actividad física o trabajo y la altitud de la residencia. Las Personas que viven en lugares de mucha altura tienen una alcalosis crónica respiratoria incompletamente compensada (debido a la estimulación hipóxica de la respiración) y un elevado ph urinario.²¹

Como se dijo anteriormente, las concentraciones de fluoruro en orina que entran a la vejiga, en general, minuto a minuto son paralelas a las del plasma. Los niveles urinarios de fluoruro, por lo tanto son buenos indicadores de la ingesta reciente de fluoruro.

Cuando se selecciona la orina como el fluido biológico que es analizado con el propósito de controlar la ingesta de fluoruro, los resultados pueden ser expresados en términos de concentración o de tasa de excreción. Tiene una alta concentración de flúor con respecto a otros fluidos, es de fácil obtención y puede obtenerse en muestras en forma inmediata. Todo esto hace que la concentración y el contenido urinario de fluoruro sean adecuados indicadores biológicos de la ingesta.¹⁸

Las personas que han residido mucho tiempo en poblaciones que consumen agua fluorada y en las que se llega probablemente a un balance equilibrado de fluoruro, acaban por excretar prácticamente igual a la que ingieren.⁶

El flúor en cantidades adecuadas ha adquirido gran importancia en la salud bucal; pero puede ser muy tóxico cuando se proporciona en cantidades excesivas.

La intoxicación aguda por flúor se caracteriza por náusea, vómito, dolor abdominal, mareo, debilidad muscular, escalofrío, depresión del sistema nervioso, disnea, choque, bradicardia, midriasis, espasmos, convulsiones, coma, e incluso la muerte.¹⁰

Esto se debe a que el flúor produce inhibición de las enzimas dependientes del magnesio y el hierro, con lo cual se bloquea el metabolismo celular; también origina formación de compuestos de calcio que conducen a hipocalcemia.

Otro trastorno que ocurre cuando se consumen fluoruros en cantidades mayores a las óptimas durante largo tiempo, mientras se forma el esmalte, es la fluorosis dental. Este padecimiento incluye desde la aparición de pequeñas áreas discrómicas e hiperocrómicas hasta la hipoplasia grave, con un esmalte marrón y de consistencia friable.¹⁰

Descripción del área de estudio

Monografía de la región de la cabecera municipal de Malacatancito, Huehuetenango.

Malacatancito pertenece al departamento de Huehuetenango y tiene la categoría de la Cabecera Municipal, considerada como pueblo.

Extensión territorial es de 268 kilómetros cuadrados. Su altura es de 1708 metros sobre el nivel del mar, su clima es considerado frío.

Sus límites territoriales son: al este con San Pedro Jocopilas (Quiché); al sur con Santa Lucía La Reforma y San Bartolo (Totonicapán); al oeste con Santa Bárbara (Huehuetenango) Sipacapa (San Marcos) y San Carlos Sija (Quetzaltenango).

Su división político-administrativa es: 1 pueblo, 15 aldeas y 30 caseríos.

Sus accidentes geográficos se encuentran en la Sierra de los Cuchumatanes y lo rodean los cerros Bolsón, Las Codornices y Tujup. Lo riegan 32 ríos entre ellos el Pucal, origen del Chixoy o Negro, el de Mérida y el Hondo, que al unirse forman el río Serchilqué en el límite con el departamento de Quiché. También se encuentra 1 riachuelo, 18 arroyos y 3 quebradas.

Su número de habitantes es de 11,677. El idioma predominante es el Mam.

Producción agropecuaria: Maíz, frijol, ganadería. Hay en Malacatancito abundancia de cera vegetal (*myrica cerifera* L), que se utiliza para fabricar velas.

Los servicios públicos son: correos y telégrafos, energía eléctrica, escuelas, agua potable, iglesia parroquial, servicio de buses extraurbanos.

Observaciones: en Malacatancito existen minas de oro, magnesio y azogue.

VIII. PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS Y MATERIALES

POBLACIÓN

La población que abarcó la presente investigación la integraron los alumnos inscritos en el ciclo escolar 2006, que asistían a la Escuela Municipal “Félix Calderón” y el Colegio Parroquial “Santa Ana”, comprendidos entre las edades de 7 a 12 años, edades en las que existe ya un posible equilibrio fisiológico entre la ingesta y la excreción de flúor. La muestra se conformó con alumnos de ambos sexos, nacidos en la cabecera Municipal de Malacatancito, Huehuetenango o que residiesen por lo menos durante 5 años en dicho lugar.

Se seleccionó la escuela y el colegio por ser los únicos centros de estudio encontrados en la cabecera Municipal de Malacatancito, Huehuetenango.

MUESTRA:

Se seleccionó una muestra representativa de la población. Considerando el tamaño de la población escolar, se calculó el tamaño de la muestra con base en la fórmula específica:

$$n = \frac{Nc^2 * Var}{Le^2 * N-1 + (Nc^2) * Var} \quad (18)$$

n = Tamaño de la muestra

Nc^2 = Nivel de confianza deseada en la estimación. Se desea un 95% de probabilidad (0.05) de que el intervalo de confianza contenga el parámetro: $Z_{1-(\alpha)/2}=1.96$.

Var = Varianza de la excreción del fluoruro en orina. Estimada a partir de la desviación estándar de (0.15 mgs./⁹) de acuerdo a los resultados de un estudio basal para la evaluación inicial de un programa de administración sistémica de fluoruro en la República de Guatemala.

Le^2 = Límite de error con el que se desea realizar la investigación. Para este estudio 0.10 mgs. Tomando como diferencia biológica en la estimación de la excreción de fluoruro en la orina.

N = Total de personas que integran la población definida para cada estudio.

El cálculo del tamaño muestral por este procedimiento indicó que es necesario incluir como mínimo 30 estudiantes. Para reducir cualquier posibilidad de problema en cuanto a no participación por alguno de los alumnos, se seleccionaron 4 niños más, en cada escuela.

SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Se seleccionó aleatoriamente a 17 niños en cada escuela, para sumar un total de 34 escolares en ambas escuelas. En cada escuela se solicitó al director el listado de los alumnos inscritos en el ciclo escolar 2006 para formar la muestra a evaluar.

ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN

Previo a realizar el trabajo de campo se tomaron en cuenta los criterios bioéticos básicos para la elaboración de proyectos de investigación en salud. Estos se basan en siete aspectos: revisión independiente, valor, validez científica, selección imparcial de los sujetos, relación favorable riesgo-beneficio, conocimiento informado-comprendido y respeto por los sujetos involucrados en la investigación.

Para obtener un consentimiento de las autoridades escolares se llevaron cartas de presentación personal, respaldadas por las autoridades de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala. (Ver anexo 1.)

Previo a la obtención de las muestras de orina se proporcionó información debida a los padres o encargados de los niños, adicionalmente se les explicó que tenían libertad de retirarse de la investigación cuando lo desearan; que se estaba respetando la privacidad de los individuos con información confidencial, y que se vigilaría para que los procedimientos no afectasen el bienestar de los participantes.

Finalmente se obtuvo el consentimiento pleno y libre por medio de una aceptación verbal socialmente certificada. (Ver anexo 2).

RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE ORINA PARA MEDIR LA EXCRECIÓN URINARIA DE FLUORURO

La ingesta diaria de fluoruro es la cantidad de este elemento expresada en miligramos que una persona ingiere en un día a través de diferentes fuentes como: agua de bebida, alimentos y suplementos preparados, entre otros. Esta se calculó a través del indicador indirecto “excreción urinaria de fluoruro”, y para ello fue necesario obtener la concentración del ión en la misma.

La excreción de fluoruro en la orina es la cantidad de fluoruro en miligramos excretada en un período de tiempo. Para fines de este estudio, dicho período fue de cuatro horas. La tasa de excreción es igual al producto de la concentración y la tasa de flujo urinario. Esta última se determina del volumen de orina colectado y el tiempo transcurrido entre el primero o segundo vaciado de la vejiga.

El procedimiento para la recolección de las muestras de orina fue el de tiempo medido; muestra de breve plazo. Para ello se recolectaron muestras de orina de 4 horas durante la mañana (de 8 a.m. a 12 m).

Previo a la recolección de las muestras se registraron los datos generales de la persona participante, para lo cual se elaboró un formulario. (Ver anexo 3). Se identificó adecuadamente cada recipiente (plástico de boca ancha, con capacidad mínima de 500 ml.) y se le indicó al participante el frasco que le correspondía. Seguidamente se les instruyó en forma adecuada sobre la técnica que se debía utilizar para la recolección de las muestras, además se les indicó que debían evacuar la orina en forma completa, haciendo la observación que solamente se tomarían en cuenta las micciones efectuadas durante el período de las 8:00 a.m. a las 12:00 m. y se anotó la hora en que realizaban cada una. Asimismo, se le preguntó a cada individuo la hora aproximada en que había efectuado su primera micción.

En caso de que la efectuara en el establecimiento debía ser desechada y anotarse la hora. Se recolectó la orina excretada durante el tiempo especificado y se midió el volumen total de la misma. Por cada 100 ml. se le agregaron 10 gotas de una solución preparada con 20 g. de Titriplex III aforado a 250 ml. con agua destilada (EDTA al 8%) y se cerró cada recipiente con su respectiva tapadera plástica. El EDTA al 8% se utilizó para separar el hierro y el fluoruro del complejo que forman naturalmente. De no separarse este complejo se hubiese obtenido una concentración menor a la real ya que el electrodo no tiene la capacidad de medir el mismo.

PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MUESTRAS DE ORINA

1. Se estableció la hora del día a la que se tomaron las muestras, de las 8:00 a.m. a las 12:00 m.
2. Se identificó adecuadamente cada recipiente con los siguientes datos:
 - a) Número de identificación.
 - b) Nombre del establecimiento educativo.

El recipiente utilizado presentó las siguientes características:

Nuevo, de plástico, de boca ancha, cerrado herméticamente con una tapadera también plástica, sin empaques de papel, corcho o metal, con capacidad mínima de 500 ml.

3. Se conversó con los directores de cada establecimiento educativo para informarles de qué se trataba el estudio, se les solicitó su colaboración para que proporcionaran el libro de inscripciones, del cual se escogieron 15 niños al azar, comprendidos entre las edades de 7 a 12 años.

4. A cada niño se le identificó con un número (del 1 al 15) proporcionándoles una tarjeta con los siguientes datos:

Número de identificación de cada niño.
Nombre del colegio o escuela.

5. Luego se anotaron en la ficha correspondiente a cada niño los siguientes datos: Número de recipiente, fecha, edad, sexo, dirección, lugar de nacimiento, tiempo de vivir en el lugar, último tiempo de comida, hora de la primera micción, hora de la última micción. (Ver anexo 3)

6. Se instruyó adecuadamente a los participantes sobre la metodología a usar. Se les indicó que debían anotar en la tarjeta proporcionada previamente, la hora a la que emitieron la primera micción del día. (Primera hora). Luego se les indicó que depositaran todas las micciones posteriores en el recipiente asignado con su número de identificación, y anotaran en la tarjeta la hora de la última micción. (Última hora)

7. Al terminar el tiempo establecido se recolectaron los recipientes de plástico y las tarjetas de identificación. Estas últimas para verificar si se habían anotado todos los datos en forma correcta.

8. Finalmente se agradeció la colaboración a las personas que proporcionaron las muestras y a las autoridades escolares, y se transportaron en una hielera para su análisis en el laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la USAC.

PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

Se midió la concentración de fluoruro de 30 muestras de orina utilizando un electrodo de combinación de fluoruro y un potenciómetro ambos de marca Orión.

Soluciones Requeridas:

Las soluciones utilizadas en los análisis químicos de fluoruro fueron:

a. Agua destilada: Para preparar todas las soluciones y estándares y para lavar todo el instrumental de plástico, el electrodo y las barras magnéticas.

b. Soluciones estándar: Son soluciones de concentraciones de fluoruro conocidas preparadas a partir de una solución de 100 mg/l que permiten la obtención de la curva de calibración.

c. EDTA al 8%: Se utilizó para destruir los complejos que forma el flúor naturalmente con el Fe (hierro). Este complejo no puede ser medido por el electrodo específico para el ión flúor por lo que si no se le agregara esta solución se subvaloraría la cantidad de fluoruro presente, o sea que se estaría midiendo menos de lo que realmente existe. Al agregar EDTA se obtuvo $\text{FeF}_6^{3-} + \text{EDTA}^{2-} \rightarrow \text{Fe}(\text{EDTA})_3$. En esta reacción el flúor ya pudo ser medido por el electrodo.

Preparación de EDTA: 20gr Titriplex III en 250 ml. de agua destilada, se obtiene EDTA al 8%.

d. Hidróxido de Sodio (NaOH 0.01 Normal): Mantiene la solución alcalina para evitar la pérdida de fluoruro en forma de HF (gas). Si no se agregara el NaOH se estaría subvaluando el fluoruro de la solución. La preparación es con 0.04 gr. de NaOH en 100 ml. de agua destilada.

e. TISAB de bajo nivel: Este es el ajustador del esfuerzo iónico total, puesto que aporta una gran cantidad de iones distintos al fluoruro para que la variación de los mismos no sea significativa y que el electrodo sea sensible únicamente a las variaciones de fluoruro.

Preparación del TISAB: se colocan 500 ml. de agua destilada en un beaker de 1000 ml.; se adicionan 57 ml. de ácido acético glacial y 58 g. de cloruro de sodio de grado reactivo. Se colocó en un baño de agua para enfriar. Posteriormente se introdujo un electrodo de medición de PH hasta que la solución estuviera entre los valores de 5.0 y 5.5. Se aforó con agua destilada a 1000 ml.

Calibración del electrodo

Previo al análisis de las muestras se calibró el electrodo de combinación de fluoruro de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Para ello se vertieron 50 ml. de agua destilada y 50. ml de TISAB de bajo nivel en un beaker plástico, donde se sumergió el electrodo después de ser llenado con la solución interna, lavado con agua destilada y secado.

Se agregó 1 ml. de solución de 100 mg/L de fluoruro, se colocó en el agitador magnético y se esperó que se estabilizara la lectura del potenciómetro y se anotó el potencial eléctrico en milivoltios (mV). Posteriormente se agregaron 10 ml. de la misma solución y se anotó la medición estable. Durante todo este procedimiento se mantuvo una velocidad constante del agitador magnético. Este procedimiento se realizó al inicio de cada una de las sesiones de análisis químico.

Procedimiento Analítico

Se utilizó el método de calibración directa indicado para la medición de un gran número de muestras. La curva de calibración se obtiene al medir el potencial eléctrico de una serie de soluciones estándar, lo cual permite calcular la concentración en las muestras al comparar los potenciales obtenidos con los potenciales de los estándares.(30)

Se prepararon soluciones estándar con valores similares a los que se esperaba encontrar en las muestras y se procedió de la siguiente manera:

1. Se midieron 50 ml. de solución estándar de menor concentración y 50 ml. de TISAB de bajo nivel, se colocaron en un beaker y se agitaron uniformemente.
2. El electrodo y la barrita del agitador magnético se lavaron, secaron y colocaron en el beaker. Se esperó hasta obtener una lectura estable y se anotó. Se llevó a cabo el mismo procedimiento con cada solución estándar utilizada.
3. Se midieron 50 ml. de cada muestra y 50 ml. de TISAB de bajo nivel. Se preparó el electrodo y la barrita del agitador magnético como ya se mencionó y se anotó la lectura estable del potencial en mV.
4. Se procedió a comparar los potenciales obtenidos de las muestras con los de la curva de calibración para obtener así la concentración de fluoruro en mg/L. Se utilizaron las funciones de análisis de regresión lineal, logarítmica, exponencial o de potencia. El tipo de regresión fue seleccionado al comparar la correlación de cada uno para los valores. Se tomó como aceptable el que tuviera mayor coeficiente de correlación.

El valor obtenido de la concentración de fluoruro de cada muestra permitió obtener el valor de la excreción de fluoruro en mg. durante 4 horas (que fue el período de correlación de muestras) de la siguiente manera:

Excreción: Concentración de fluoruro (mg/L) x volumen de la muestra (ml.)

$$\text{Exc} = \frac{\text{mg.} \times \text{ml.}}{10000 \text{ ml.}}$$

El dato de excreción en mg. de la muestra de 4 horas permite la obtención del dato de excreción durante 24 horas al multiplicarlo por 6.

5. Las muestras de orina fueron analizadas por una variación de la calibración directa, específica para mediciones de bajo nivel de la siguiente manera:

Se colocaron en un beaker 50 ml. de agua destilada y 50 ml. de TISAB de bajo nivel; luego se introdujo el electrodo y se hicieron incrementos con una solución de 50 ml. de solución de 19 mg/L y 50 ml. de TISAB de bajo nivel en el siguiente orden: 0.1 ml. (0.01 mg/L); 0.1 ml. (0.02 mg/L), 0.2 ml. (0.04 mg/L); 0.2 ml. (0.06 mg/L); 0.4 ml. (0.1 mg/L); 2.0 ml. (0.29 mg/L); 2.0 ml. (0.48 mg/L); 4.0 ml. (0.86 mg/L); 4.0 ml. (1.24 mg/L). Se registró la lectura estable del potencial eléctrico en mV después de cada incremento para calcular la concentración de cada una de las muestras.

Se procuró una medición acuciosa al cumplir con las siguientes condiciones:

- Se utilizaron estándares, muestras y TISAB de bajo nivel a temperatura ambiente.
- Durante cada sesión de lectura se procuró una agitación constante y uniforme.
- Se permitió que se estabilizara la lectura del electrodo esperando suficiente tiempo.
- Durante el análisis de todas las muestras se mantuvo un cuidado especial en que todo el instrumental y equipo estuviera limpio y enjuagado con agua desmineralizada previo a cada procedimiento.

- A excepción de las pipetas, toda la cristalería utilizada fue de polipropileno o plástico.

- Se realizó un nuevo procedimiento de calibración después de pasar 2 horas de haber iniciado el análisis y/o de haber realizado 20 muestras.

- Se tomó especial cuidado en una medición acuciosa de solutos que permitiera soluciones estándar con valores exactos.

MÉTODO PARA CUANTIFICAR FLUORURO POR MEDIO DEL POTENCIÓMETRO

1. EQUIPO REQUERIDO

- a) Analizador selectivo de iones (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 plásticas: Para recolectar desechos.
- f) Pipetas de polipropileno de 10 ml.
- g) Succionador.
- h) Pipetas de plástico.
- i) Micro pipetas de 1 ml.
- j) Goteros plásticos.
- k) Probetas de polipropileno de 500 ml.
- l) 1 balón aforado de polipropileno de 250 ml.
- m) Servilletas de papel.

IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados del estudio.

INGESTA DE FLUORURO EN LA DIETA DE NIÑOS ESCOLARES QUE HABITAN EN LA CABECERA MUNICIPAL DE MALACATANCITO, HUHETENANGO.

No. DE MUESTRA	VOLUMEN DE ORINA DE 4 HORAS	(F) ORINA PPM – Mg/L DE 4 HORAS	EXCRECIÓN DE FLUORURO EN Mg EN 4 HORAS	EXCRECIÓN DE FLUORURO, 24 HORAS Mg.1
1	50 ml	1.02	0.306	1.83
2	122 ml	1.09	0.797	4.782
3	23 ml	24.075	3.32	19.92
4	120 ml	0.919	0.661	3.96
5	45 ml	20.875	5.63	33.78
6	50 ml	0.968	0.290	1.74
7	25 ml	25.0	3.75	22.5
8	120 ml	0.884	0.636	3.81
9	150 ml	0.886	0.797	4.78
10	110 ml	0.720	0.475	2.85
11	40 ml	1.150	0.276	1.656
12	15 ml	26.9	2.421	14.52
13	230 ml	0.752	1.03	6.18
14	24 ml	0.963	0.144	0.864
15	90 ml	0.795	0.429	2.57
16	10 ml	0.991	0.059	0.354
17	20 ml	31.75	3.81	22.86
18	50 ml	1.100	0.333	1.99
19	85 ml	1.104	0.563	3.37
20	-----	-----	-----	-----

21	195	ml	1.14	1.133	6.79
22	30	ml	26.25	4.725	28.35
23	27	ml	26.77	4.336	26.01
24	69	ml	0.817	0.333	1.99
25	18	ml	26.55	2.86	17.16
26	70	ml	1.15	0.483	2.89
27	86	ml	1.067	0.550	3.3
28	20	ml	26.42	3.170	19.02
29	330	ml	1.046	2.071	12.42
30	220	ml	1.459	1.925	11.52
31	135	ml	0.890	0.720	4.32
32	-----		-----	-----	-----
33	10	ml	1.10	0.066	0.396

Los 31 escolares evaluados, emitieron diferente número de micciones, se encontró un máximo de 3; del total de niños escolares estudiados, 2 niños escolares no emitieron micciones.

**CUADRO DE PROMEDIOS ESTADÍSTICOS DE
LAS MUESTRAS OBTENIDAS:**

	VOLUMEN DE ORINA DE 4 HORAS	(F) ORINA PPM-MG/ L DE 4 HORAS	EXCRECIÓN DE FLUORURO EN Mg EN 4 HORAS	EXCRECIÓN DE FLUORURO 24 HORAS Mg/ l
Promedio	83.51	8.27	1.55	9.30
Desviación estándar	76.79	11.66	1.59	9.58
Máximo	330	31.75	5.63	33.78
Mediana	50	1.1	0.72	4.32
Mínima	10	0.72	0.05	0.35
Curtosis	2.39	-0.91	0.06	0.06

Esta tabla general nos muestra los promedios y desviación estándar de concentración de flúor encontrados, los cuales fueron de 8.27 +/- 11.66 para el grupo de niños escolares que habitan en la cabecera municipal de Malacatancito, Huehuetenango. Este resultado obtenido en los niños escolares, es mayor que lo esperado; lo que demuestra que uno de los factores que más fuertemente influencia la captación de fluoruro por los tejidos calcificados es el estado de desarrollo del esqueleto. Estos hallazgos nos indican, en general que la ingesta de este micronutriente por parte de los niños escolares de la Cabecera Municipal de Malacatancito, Huehuetenango es alta.*

La concentración normal de fluoruro en el agua de consumo es de 1 mg./día. A esta concentración existen efectos benéficos para el organismo (huesos y dientes), pero más allá de esta concentración pueden aparecer efectos adversos, como la fluorosis dental en edad temprana y problemas óseos (exostosis) en edad adulta.

Como se mencionó en la literatura (19) las concentraciones de fluoruro en orina que entran a la vejiga, minuto a minuto, son paralelas al plasma. Por lo tanto, los niveles urinarios (concentración y excreción) son buenos indicadores de la ingesta reciente de fluoruro.

En el hombre, la concentración del fluoruro depende en gran parte de la concentración de éste en el agua potable, ambas son equivalentes (19).

La mayoría de los escolares estudiados presentan una concentración alta en excreción de fluoruro en la orina. En este grupo se encuentran concentraciones urinarias de fluoruro mucho más altas, pero es de suponer que han alcanzado un estado de equilibrio. Esto se sugiere también por las altas concentraciones de fluoruro encontradas en el agua potable*.

*

Estudio realizado por Odontóloga practicante Escarleth Flores de Gonzáles el 16 de agosto de 2006, de tesis "Concentración de fluoruro en las principales fuentes de abastecimiento de consumo humano en la cabecera municipal de Malacatancito, Huehuetenango"

X. CONCLUSIONES

1. El promedio de ingesta de fluoruro durante 4 horas de los escolares de la Escuela Municipal “Félix Calderón” y el Colegio Parroquial “Santa Ana”, en promedio y desviación estándar son: 8.27 y 11.66 respectivamente.
2. La orina es el mejor indicador fisiológico de la ingesta de fluoruros, ya que presenta una mejor correlación con el agua.
3. El flúor en orina obtenido representa casi el doble del flúor encontrados en el agua*

XI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los hallazgos observados durante la realización de esta investigación, se recomienda lo siguiente:

1. Realizar estudios más específicos en personas adultas para conocer los posibles daños de tipo sistémico, principalmente esqueléticos en esta comunidad, donde el agua de consumo humano posee concentraciones de fluoruro altas.
2. Es necesario instruir a la población residente en dichas comunidades principalmente a sus autoridades médicas y civiles sobre la naturaleza del problema, para facilitar la aplicación de las medidas preventivas correspondientes y el tratamiento de las personas con fluorosis dental severa.
3. Se recomienda realizar este mismo estudio, en adultos, para comparar los resultados que se obtengan, con aquellos obtenidos en niños.
4. se recomienda tomar en cuenta otras posibles vías de ingesta de fluoruro y controlarlas, además del agua, ya que éstas son variables aun no estudiadas que influyen sobre la excreción de flúor en la orina.

XII. LIMITACIONES

Debido a las largas distancias entre la población objeto de estudio y los laboratorios de procesamiento de muestra, no se pudo realizar la muestra de 24 horas, únicamente se realizó el de 4 horas (de 8:00am a 12:00m)

IVX. ANEXOS

Guatemala, 2006

A QUIEN INTERESE:

La secretaria de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, solicita por este medio se sirva autorizar al **O.P. Raquel Salomé Estrada Hernández** para que obtenga muestras de orina de los alumnos de la escuela, con el objeto de realizar una investigación a nivel nacional, sobre: **DETERMINACIÓN DE LA INGESTA DEL ION FLÚOR POR MEDIO DEL ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN Y EXCRECIÓN DEL FLÚOR EN LA ORINA DE NIÑOS ESCOLARES QUE HABITAN EN LA CABECERA MUNICIPAL DE MALACATANCITO HUEHUETENANGO**. Dicho procedimiento no pone en peligro la integridad ni la salud general de las personas, por lo que solicitamos su valiosa colaboración.

Atentamente,

(f) _____

Estimados Padres de Familia:

Por este medio solicito a usted la autorización para que su hijo (a) participe en la investigación que llevará a cabo la Universidad De San Carlos de Guatemala, que consiste en la obtención de muestras de orina , para poder determinar las cantidades de fluoruro que están ingiriendo en la población de la cabecera Municipal de Malacatancito, Huehuetenango.

Nombre del niño _____

Edad: _____

Firma del Padre o Encargado _____

FICHA DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS PARA LA MEDICIÓN DE FLÚOR EN ORINA

Nombre del
examinado: _____

Edad Cumplida. (en
años): _____

Sexo: _____

Escolaridad. _____

Población _____

Tiempo de vivir en la población : _____

Hora de última comida _____

Hora de la primera micción (orina) _____

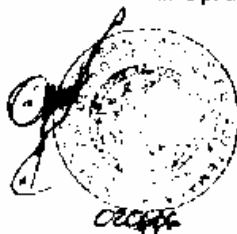
Hora de la última micción (orina) _____

BIBLIOGRAFIA

1. Adler, P. (1972). **Fluoruros y salud**. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. Pp. 329
2. Aquino H. L. (1995). **Concentración y excreción de fluoruro en la orina de personas que laboran en instituciones privadas y estatales en la región de Chiquimula, Zacapa, El Progreso e Izabal en 1994**. Tesis (Lic. Cirujano Dentista) Guatemala: Facultad de Odontología, Universidad de San Carlos. Pp 12.
3. Bernier, J. (1977). **Medidas preventivas para mejorar la práctica dental**. Trad. Samuel Leyt. 3 ed Buenos Aires: Mundi. pp. 93-116.
4. Borgarello, L. de. (1983). **Flúor**. Rev. Facultad de Odontología 3 (1-2): pp. 63-106.
5. Cáceres H.G. (1993). **Concentración de flúor en el agua de consumo, y su relación con la concentración de flúor excretado en orina en una muestra de personas que habitan en la aldea Salobrega, municipio de Sanarate departamento de El Progreso**. Tesis (Lic. Cirujano Dentista) Guatemala: Facultad de Odontología, Universidad de San Carlos. Pp. 72
6. Ciemer, H.D. y Buttner, W. (1972). **Absorción de los fluoruros**. En: Fluoruros y salud. Adler, P. et al., autores. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. pp. 73-90 (Serie de Monografía No. 59).
7. Flores Trujillo, J. (1978) **Aspectos epidemiológicos de la fluoración**. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, Escuela Nacional de Salud Pública. pp. 1-26
8. **Gonzales, M. et al. (2003) Estudio Basal para la evaluación inicial de un programa de administración sistémica de fluoruro en la republica de Guatemala**. Guatemala: departamento de Educación Odontológica. Universidad de San Carlos. Pp. 62.
9. _____ et al. (1989). **Fluorosis dental en Guatemala: epidemiología y Caracterización**. Guatemala: Departamento de Educación Odontológica. Facultad de Odontología, Universidad de San Carlos. pp. 55-84.
10. Higashida, B. (2000). **Odontología preventiva**. México: McGraw Hill Interamericana. pp. 178- 189
11. Higueros Y (1995). **Concentración y excreción de fluoruro en la orina de las mujeres embarazadas que son atendidas po el Ministerio de Salud Pública, IGGG, y Aprofam, en donde se brinda control prenatal, en la región de salud de sur oriental que comprende los departamentos de Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa en el año de 1995**. Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Guatemala. Facultad de Odontología, Universidad de San Carlos. Pp 92.



-
- 12 Hodge H. C., Smith, A. y Gedalia, I. (1972). **Excreción de fluoruros y salud.** Ginebra: OMS. pp. 143-164
 - 13 Katz, S.; McDonald, J. y Stookey, G. (1993). **Odontología preventiva en acción.** Trad. Roberto J. Porter. Buenos Aires: Médica Panamericana. pp. 215-220
 - 14 Messer H. H y I. Singer. (1988). **Flúor.** Trad. Manuel González Ávila. Guatemala: Universidad de San Carlos, Departamento de Educación Odontológica, Facultad de Odontología, Universidad de San Carlos. pp. 1-8.
 - 15 Motis L. (1984). **El flúor en odontología.** Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Chihuahua. Instituto Universitario del Norte, Escuela de Odontología. Pp. 118
 - 16 Quiñónez A. F. A. (1985) **Concentración de flúor en el agua de consumo del departamento de Izabal.** Tesis. (Lic. Cirujano Dentista). Guatemala. Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología. pp. 32-67.
 - 17 Reina, O. (1995). **Concentración y excreción de fluoruro en la orina de adultos que laboran en instituciones privadas y estatales en el año de 1994 en la región de salud norte que comprende el departamento de Alta y Baja Verapaz.** Tesis (Lic. Cirujano Dentista). Guatemala: Universidad de San Carlos. Facultad de Odontología. P. 145.
 - 18 Sánchez A. et al. (1996) **Concentración y excreción de fluoruro en niños, adolescentes y embarazadas.** Guatemala: Departamento de Educación Odontológica, Facultad de Odontología. Universidad de San Carlos. Pp. 12.
 - 19 Suchini P., C. (1992). **Relación entre la concentración de fluoruro en el agua de consumo y la excreción y la concentración de fluoruro en orina en una muestra de escolares del municipio de los Amates, Izabal.** Tesis (Cirujano Dentista). Universidad de San Carlos. Facultad de Odontología. Pp. 109.
 - 20 Villagran, R. S. (1991). **Concentración de fluoruros en el agua de consumo y su relación con fluorosis dental en el municipio de San Lucas Tolimán, Solola.** Tesis. (Lic. Cirujano Dentista). Guatemala. Universidad de San Carlos. Facultad de Odontología. Pp. 50.
 - 21 Whitford, G. M. (1985). **Control biológico de la sal fluorada.** Trad. Manuel González Ávila. Presentada en la reunión de expertos sobre fluoración y yodación de la sal de consumo humano. Realizada en Antigua Guatemala. Guatemala, Nov. 19-21, pp. 134 - 175
 - 22 Wood, J. H.; Keenan, W. y Bull, W.B. **Química general.** (1985). Trad. Juan Pacheco y José Dotla. 2 ed. Tennessee: Prensa Técnica. Pp. 334-339




El contenido de esta Tesis es única y exclusiva responsabilidad del autor,



RAQUEL SALOMÉ ESTRADA HERNÁNDEZ





FIRMAS DEL INFORME FINAL


Raquel Salgado Fuentes Hernandez
SUSTENTANTE

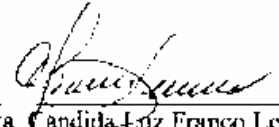

Dr. Ricardo Antonio Sanchez
ASESOR


Dr. Victor Hugo Lima Sagastume
ASESOR


Dr. Juan Ignacio Asensio Anzueto
COMISION DE TESIS


Dr. Manuel Antonio Miranda Ramirez
COMISION DE TESIS

IMPRIMASE


Vo Bo Dra. Candida Litz Franco Lemus
SECRETARIA ACADEMICA



