



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

**ANALISIS DE LA CONCENTRACION DE
FLUOR EN LAS PRINCIPALES FUENTES
DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE
DE LA CIUDAD DE MEXICO**

T E S I S

**PARA OBTENER EL TITULO DE:
CIRUJANO DENTISTA**

P R E S E N T A :

ELIA FABIOLA NAVA VARGAS

Dirigieron y supervisaron:

**DR. JUAN CARLOS HERNANDEZ GUERRERO
DR. JAVIER PORTILLA ROBERTSON
MSP. ARCELIA MELENDEZ OCAMPO**

Hernandez



FACULTAD DE
ODONTOLOGIA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D.F. 1996



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

- A la facultad de odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de realizarme profesionalmente.
- A los Dres. Juan Carlos Hernández Guerrero, Javier Portilla Robertson y Arcelia Meléndez Ocampo por el apoyo incondicional recibido para la realización de esta Tesis.
- A la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica por las facilidades dadas para la obtención de las muestras de agua.
- A todas las personas que incondicionalmente colaboraron en la realización de la presente investigación.

Indice General

1. Introducción	1
1.1 Fluoruro	4
1.1.1 Presencia en el agua.....	4
1.1.2 Absorción.....	5
1.1.3 Distribución	7
1.1.4 Excreción	8
1.1.5 Papel del fluoruro en la prevención de la caries dental	9
1.1.6 Fluoruración del agua de consumo humano	12
1.1.7 Fluorosis dental.....	14
1.2 Sistemas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de México	17
1.2.1 Control de la calidad del agua en la ciudad de México	25
1.3 Prevención específica contra la caries dental en la ciudad de México	27
2. Hipótesis	29
3. Objetivos.....	29
3.1 Objetivo General.....	29
3.2 Objetivo Específico	29
4. Metodología	29
4.1 Materiales y Métodos	29
5. Resultados y Discusión.....	41
6. Conclusión	52
7. Recomendaciones	53
Referencias bibliográficas	

1. INTRODUCCIÓN

La caries dental es una enfermedad infecciosa de naturaleza multifactorial, se considera que es la enfermedad más prevalente, además de ser progresiva, crónica, irreversible e incapacitante. Desde comienzos de 1940 se ha aceptado en general que hay una relación inversa entre el contenido de fluoruro del esmalte y la prevalencia de la caries dental ^{1,2}.

Estudios epidemiológicos de la prevalencia de caries dental realizados en la Ciudad de México, revelan que más del 95% de las personas está afectada por dicha enfermedad, incrementando considerablemente conforme aumenta la edad ^{3,4,5,6,7,8,9,10}.

En diversos países se han utilizado como medida preventiva para disminuir la prevalencia de caries a los fluoruros, administrándolos por vía sistémica en agua fluorada, sal fluorada, gotas y tabletas fluoradas; también se han administrado por vía tópica a través de colutorios, pastas de dientes, geles, soluciones tópicas y barnices fluorados; sin embargo la adición de flúor al agua potable es una de las medidas más adecuadas para la prevención de la caries dental a nivel masivo, por ser segura, económica, de amplia cobertura y efectiva; ya que actúa tanto por vía sistémica en la formación y mineralización dentaria y además reduce la solubilidad del esmalte por la incorporación de fluoruro a los cristales de Hidroxiapatita, participando también en el proceso de remineralización de lesiones cariosas incipientes y actuando como agente antienzimático ^{2,12,13,14,15,16}.

Diversas investigaciones han demostrado que la incorporación de fluoruro al agua potable con la proporción de 1.0 a 1.2 ppm, reduce significativamente la caries dental; estos estudios dieron la pauta para que diferentes países adoptaran la fluoruración artificial del agua potable, entre ellos se encuentran: Estados Unidos, Canadá, Puerto Rico, Cuba, Brasil, Colombia, Inglaterra, Irlanda, Finlandia, Checoslovaquia, Suiza, Rumania, Polonia, Malasia, Hong Kong, Taizwan, Japón y Nueva Zelanda entre otros, dichos países redujeron considerablemente el índice CPOD y ceod en sus poblaciones ^{2,17}.

En la ciudad de México la concentración de flúor en el agua de consumo humano se presenta de forma natural, ya que no existe ningún programa de fluoruración artificial; sin embargo, pocos son los estudios publicados sobre determinación de concentración de flúor natural presente en los sistemas de abastecimiento, por lo que se desconoce la concentración promedio de las principales fuentes de suministro.

Se debe considerar que si actualmente existe un programa de prevención específica masiva contra la caries dental mediante la adición de fluoruro a la sal de consumo humano, no se debe adicionar fluoruro a ningún otro condimento, alimento, golosina, refresco, goma de mascar y agua, además se tienen que realizar monitoreos periódicos para conocer la concentración de flúor en el agua de las fuentes de suministro, para prevenir a la población en caso de existir factores de riesgo de fluorosis dental en determinadas zonas de la ciudad ¹⁸.

Es importante que todo profesional de la salud conozca la concentración promedio de flúor en el agua potable de su área geográfica y asuma responsabilidad en la dosificación de suplementos de fluoruro a los pacientes, y evitar así una fluorosis dental.

1.1.FLUORURO

El flúor es un gas halógeno volátil que tiene presión y temperatura estándar, bajo condiciones normales es un gas amarillo con un número atómico de 9 y un peso atómico de 18.9984; en la naturaleza es el elemento químico de mayor abundancia y ocupa el trigésimo lugar; debido a su gran electronegatividad tiene una gran reactividad por lo que no es posible encontrarlo en estado libre, solamente cuando se combina con otro elemento químico. Los compuestos más frecuentes del fluoruro son la fluorita o fluoruro de calcio (CaF_2), el fluorapatito $\text{C}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$, la criolita o fluoruro de sodio y aluminio ¹⁷.

1.1.1.PRESENCIA EN EL AGUA

La mayoría de los fluoruros presenta baja solubilidad, por lo que su presencia en aguas naturales es limitada. Durante mucho tiempo y debido a su baja concentración en el agua, la determinación de los fluoruros fué raramente incluida en el análisis del agua; siendo a partir de la década de los años treinta en que se puso atención a la relación entre la presencia del fluoruro en el agua potable y ciertos defectos dentales ¹⁸.

El origen de los fluoruros en el agua subterránea, se debe al tipo de roca que conforma el acuífero; en las rocas Igneas, el principal fluoruro es la Fluorita (CaF_2). Este mineral es una fuente de fluoruro en el agua, pero presenta muy baja solubilidad. Existe un considerable

número de minerales que contienen Flúor en forma de complejos, siendo el más importante la Fluorapatita, pero en estos compuestos el Flúor es fácilmente reemplazable por el Cloro ¹⁹.

En las Rocas Metamórficas, de manera frecuente, se presentan los anfíboles (Silicatos de Ca, Mg, Fe y Al con pequeños contenidos de Flúor) y en el caso de las Rocas Sedimentarias, frecuentemente contiene mineral Fluorita como constituyente menor.

A pesar de que los fluoruros están presentes en los tres tipos de rocas, la concentración de éstos en el agua de origen subterráneo, generalmente es muy baja, debido a las características químicas y físicas de los minerales que lo contienen y a que, muy probablemente, su solubilidad se ve afectada por la presencia de los otros constituyentes naturales del agua ^{20,21,22,23}.

1.1.2. ABSORCIÓN.

La absorción puede ser definida como el transporte de sustancias desde el epitelio del tracto gastrointestinal hacia los capilares vasculares y linfáticos, que a su vez lo distribuyen a todo el organismo ²⁴.

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 del fluoruro a través del tracto gastrointestinal es rápida y extensa, alcanzando niveles de concentración

en el plasma del 90 al 100% dentro de los 30 a 60min después de su ingesta, dependiendo de la vía y medios de administración.

La rapidez con la que el fluoruro ingerido aparece en el plasma, y los estudios realizados en animales de laboratorio, respaldan la conclusión de que, al contrario que la mayoría de las sustancias, el fluoruro en forma de molécula no-asociada, ácido fluorhídrico (HF), se absorbe con facilidad por difusión pasiva en el estómago y es favorecido por las condiciones que incrementan su acidez gástrica ^{25,26,27,28}.

También existe absorción intestinal del fluoruro, que se produce por un mecanismo que no depende del pH y en los que podría participar la difusión de los iones de fluoruro hidratados a través de los canales paracelulares ²⁹.

La absorción del fluoruro a partir de agua o comprimidos de fluoruro de sodio, durante el ayuno es básicamente del 100% , pero varía con la ingesta de alimentos y la composición química de éstos; con las dietas humanas se produce una absorción de fluoruro de aproximadamente 50-80% ^{30,31}.

Elementos presentes en la dieta humana, como es el calcio, magnesio, aluminio, fósforo etc; reducen significativamente la absorción estomacal de flúor ^{32,33}.

1.1.3. DISTRIBUCIÓN.

Después de la absorción, los fluoruros pasan al complejo plasma/sangre para su distribución en todo el cuerpo y su excreción parcial; las concentraciones de fluoruro en el plasma y otros fluidos orgánicos no son regulados homeostáticamente a niveles fijos como se creía anteriormente, sino que, depende de la cantidad ingerida y de varios factores fisiológicos ^{34,35}.

Después de consumir fluoruro, se da un incremento temporal en los niveles de fluoruro del plasma y de otros fluidos del cuerpo humano, incluyendo los especializados tales como la saliva, el fluido del surco gingival, la bilis y la orina; esto se debe a que de la cantidad total de fluoruro ingerido gran parte ha sido absorbido y a que una rápida clarificación del plasma ocurre en los riñones y los tejidos calcificados ³⁶.

Si el fluoruro se toma en múltiples dosis pequeñas, como ocurre cuando procede del agua óptimamente fluorada, sus concentraciones plasmáticas mantienen un estrecho margen de 0,01-0,04 mg/l; por el contrario, si gran parte de la ingesta diaria de fluoruro procede de una sola dosis grande, como ocurre cuando se administra en forma de suplementos, se producen picos de concentración transitorios ^{37,38}.

El 45% del fluoruro retenido en el cuerpo se encuentra circulante en el plasma y se deposita en tejidos calcificados (huesos y dientes) ya sea por sustitución del ion hidroxilo (OH^-) o del ion bicarbonato (HCO_3^-) en la hidroxiapatita del hueso o del esmalte para formar fluorapatita,

especialmente en el hueso joven que tiene una gran afinidad por el fluoruro ³⁹.

De la cantidad total del fluoruro absorbido por el organismo, el 99% se encuentra en los huesos y dientes; y el 1% es distribuido a los tejidos blandos del organismo, en donde difusión de este ión depende del equilibrio de difusión de HF ⁴⁰.

Estudios realizados han demostrado que la concentración de fluoruro intracelular de los tejidos blandos es de 10-50% más baja que en el plasma, pero cambia simultáneamente y en proporción a la del plasma; por lo tanto, el fluoruro se encuentra en su mayor concentración en el compartimento más alcalino (extracelular) y su distribución en los distintos tejidos depende de la magnitud del gradiente de pH intracelular-extracelular ⁴¹.

1.1.4. EXCRECIÓN.

La remoción del fluoruro que se encuentra en el plasma es gracias a la excreción renal y al depósito de fluoruro en el hueso; el riñón es la vía principal de eliminación del fluoruro del organismo; aproximadamente el 50% del fluoruro absorbido cada día por el tracto gastrointestinal en adultos y jóvenes se excreta por la orina durante las 24 horas siguientes a su administración y menor del 30% se excreta en las primeras 4 horas. Estos porcentajes pueden variar debido a que están influenciados por el grado de fijación en los huesos, que a su vez viene determinado por la edad del sujeto y su ingestión de fluoruro. ^{42,43,44,45,46}.

La depuración del fluoruro por el riñón es el proceso que depende del pH y que consta de filtración glomerular seguida de reabsorción tubular; los factores que pueden influenciar en el pH urinario, incluyen ciertas alteraciones respiratorias o metabólicas, algunas drogas incluyendo el alcohol, el nivel de actividad física o trabajo y la altitud o residencia. El determinante más común del pH urinario es la composición de la dieta; una dieta vegetariana produce orina más alcalina, mientras que una dieta rica en carnes, origina una orina más ácida ^{45,46}.

Dado que el epitelio tubular es muy permeable a la molécula HF no disociada y virtualmente impermeables al fluoruro iónico F⁻, los procesos que inducen la acidificación de la orina reducen su depuración renal y aumentan la reabsorción tubular; por el contrario, la alcalinización de la orina reduce su reabsorción tubular e incrementa la depuración de fluoruro del plasma ⁴⁵.

1.1.5. PAPEL DEL FLUORURO EN LA PREVENCIÓN DE LA CARIES DENTAL

La disminución de la caries dental es, sin duda el efecto más benéfico del fluoruro en el hombre y el fundamento de su identificación como oligoelemento esencial; se han propuestos diversos mecanismos de acción para esta actividad anticaries, entre los que se encuentran:

- 1) Efecto bacteriostático sobre las bacterias de la placa dentobacteriana,
- 2) Reducción de la solubilidad del esmalte a la acción de los ácidos,
- 3) Remineralización de lesiones cariosas incipientes y pequeñas ^{2,14,15,47}.

Anteriormente se pensaba que el efecto local de los fluoruros dependía de aumentar su contenido total en el esmalte y así incrementar su resistencia al ataque de los ácidos bucales, sin embargo, parece ser que no existe una correlación directa entre la ingesta total de fluoruros y el descenso en la incidencia de caries ⁴⁸.

Aunque la forma precisa como los fluoruros protegen al esmalte del ataque ácido de las bacterias cariogénicas tiene aspectos que no han sido establecidos por completos, algunos elementos importantes han sido comprobados a satisfacción. Los fluoruros actúan como agente anticaries antes y después de la erupción de los dientes ^{49,50}. Recientes estudios han demostrado que la acción anticaries puede estar relacionada a los niveles de fluoruro en la saliva y los fluidos de la placa que bañan constantemente la superficie del esmalte, inhibiendo así el metabolismo bacteriano y al mismo tiempo, incrementando la mineralización del esmalte perdido resultado de la producción de ácidos ⁵¹.

El fluoruro tiene una fuerte afinidad por el apatito, esto es por su tamaño iónico y su carga electronegativa; cuando el flúor se incorpora al trabeculado de los cristales, los iones de flúor reemplazan a los iones hidroxilo (OH). Esto resulta en una estructura más estable que la hidroxiapatita (HA), llamada fluorapatita (FA), porque su unión a los iones Calcio adyacente es más fuerte y forman una estructura cristalina

más compacta, además la FA tiene significativamente menos solubilidad que la HA ⁵².

Independientemente del papel de los fluoruros en potencializar la capacidad remineralizadora que la saliva tiene sobre el esmalte, los fluoruros también afectan el metabolismo bacteriano. Se ha conocido por largo tiempo que el fluoruro inhibe las enzimas glucolíticas microbianas, tal inhibición puede reducir directamente la producción ácida ⁵².

Aparentemente la acción de los fluoruros es más efectiva inmediatamente después de ocurrir la desmineralización del esmalte por el metabolismo bacteriano; sin embargo, ya que no sabemos cuándo tiene lugar este proceso, es recomendable exponer el esmalte a acceso de remineralización regulares y frecuentes para evitar que las lesiones cariosas pequeñas en el esmalte se agraven hasta convertirse en lesiones macroscópicas.

Dada las dificultades existentes para demostrar una relación clara entre las concentraciones de fluoruro en la superficie del esmalte y la caries, en la actualidad se atribuye más valor a los efectos tópicos del ión sobre la colonización de la placa, su composición y su actividad metabólica, que a las reacciones de desmineralización-remineralización del esmalte ⁵³.

1.1.6.FLUORURACIÓN DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

En diversos países se han utilizado a los fluoruros como medida preventiva para disminuir la caries dental, administrándolo por vía sistémica en agua fluorada, sal fluorada, gotas y tabletas fluoradas; también se han administrado por vía tópica a través de colutorios, pastas de dientes, geles, soluciones tópicas y barnices fluorados ⁵⁴.

El flúor puede administrarse por vía sistémica y local; cuando el fluoruro es administrado por vía sistémica como es el caso del agua, la sal, la leche, gotas o en forma de comprimidos, el efecto preventivo se produce en la fase pre-eruptiva, en cambio, administrando el fluoruro de forma tópica, su efecto se produce en la fase post-eruptiva ^{55,56}.

La fluoruración del agua es uno de los medios de administración más utilizados hoy en día en la prevención de la caries dental, ya que se ha comprobado que es el método más efectivo, seguro y barato, además de que tiene la ventaja de no requerir de la colaboración consciente por parte del individuo ^{2,57}.

La fluoruración es el ajuste del contenido de fluoruro en el contenido de agua potable de una comunidad hasta alcanzar niveles óptimos para la prevención de la caries dental ⁵⁸.

Dado que la cantidad de agua consumida varía con la sed y esta a su vez depende de la temperatura anual máxima de un área, el Servicio de Salud Pública de Los Estados Unidos, ha recomendado

concentraciones de flúor en agua que oscilan entre 0.7 y 1.2ppm, de acuerdo a la temperatura diaria promedio; de acuerdo a estas recomendaciones, una comunidad con clima frío deberá fluorar el agua potable a 1.2ppm, mientras que una comunidad con clima cálido la deberá fluorar a 0.7ppm. Estas concentraciones recomendadas toman en consideración el fluoruro que existe de forma natural en diversos alimentos⁵⁸ (**Tabla 1**).

TEMPERATURA		NIVELES RECOMENDADOS (PPM)	
oF	oC	OPTIMO	RANGO
19.3-90.5	26.3-35.5	0.7	0.6-0.8
70.7-79.2	21.5-26.2	0.8	0.7-1.0
63.9-70.6	17.8-21.2	0.9	0.7-1.2
58.4-63.8	14.7-17.7	1.0	0.8-1.3
53.8-58.4	12.2-14.6	1.1	0.8-1.5
50.0-53.7	10.0-12.1	1.2	

Tabla 1. Concentraciones óptimas de Flúor en agua de consumo humano.

Murray y Rugg-Gunn (1978), realizaron diversos estudios en países donde el agua contiene concentraciones óptimas de flúor y encontraron que la caries dental es mucho menos frecuente en dichas áreas, que en las zonas donde su contenido es despreciable; la reducción más

frecuente en la prevalencia de caries en dientes primarios osciló entre 40 y 50%, mientras que en los dientes permanentes la disminución fué del 50 al 60% ^{2,60}. Recientes estudios han demostrado resultados similares en la reducción de la prevalencia de caries a nivel masivo en comunidades con agua óptimamente fluorada ^{61,62,63,64}.

Es pertinente mencionar que el fluoruro en el agua potable representa un ejemplo típico de aquellas sustancias en que tan perjudicial para la salud es un exceso como una deficiencia.

1.1.7. FLUOROSIS DENTAL.

La fluorosis es una hipomineralización del esmalte resultado de la exposición del fluoruro ingerido, es de gravedad variable que va desde pequeñas áreas de color blanco pergamino que cubren solo una mínima zona de la superficie del diente hasta la tinción y formación de poros confluentes del esmalte ^{65,66}.

Stephano Chaid (1890), se dedicó a investigar algunas manchas que aparecían en los dientes, clasificándolas de acuerdo con la intensidad del color, llamando Denti Scripti cuando el diente estaba ligeramente punteado y Denti Neri cuando se encuentra involucrada una gran superficie de la corona dentaria; posteriormente Mc Kay y Black (1916), llaman por primera vez "Esmalte moteado" a las manchas de la superficie de los dientes ⁶⁷.

Seguido de estos estudios Dean (1930), denomina a estas manchas "Fluorosis Dental" y en 1931 se determinó por medio de estudios epidemiológicos que dichas manchas estaban relacionadas con altas concentraciones de fluoruro en el agua de consumo humano ^{68,69}.

Dean (1934), basado en sus observaciones desarrolló el índice de fluorosis dental el cual consiste en asignar a cada diente una puntuación, dependiendo del grado de afectación de la superficie del diente **Tabla 2.**

CLASIFICACION DE FLUOROSIS DENTAL		
Normal	0.0	El esmalte presenta una estructura translúcida; la superficie es lisa, brillante y por lo general blanco amarillento pálido.
Dudoso	0.5	El esmalte presenta pequeñas manchas blancas difíciles de reconocer.
Muy leve	1.0	Pequeñas manchas blancas cubren menos del 25% de la superficie del esmalte.
Leve	2.0	Los dientes presentan manchas blancas más grandes que no afectan a más del 50% de la superficie dental.
Moderado	3.0	La mayor parte de la superficie dental está afectada, hay desgaste y aparecen muchas

		manchas color marrón
Severa	4.0	Todas las superficies del diente están afectadas dañando la morfología dental.

Tabla 2. Clasificación de fluorosis dental de acuerdo a los criterios de Dean (1934).

En el hombre, el desarrollo de fluorosis en la dentición permanente, se asocia con una ingesta excesiva de fluoruro durante los primeros 5 años de vida, cuando las coronas de estas piezas dentarias están calcificándose. Los estudios epidemiológicos indican que la fluorosis dental pasa a ser un problema de salud pública cuando el contenido de fluoruro del agua potable supera los 2mg/l. La ingesta diaria de 0,10mg/kg de peso corporal causa fluorosis en los animales y en el hombre ^{70,71}.

En la República Mexicana diversos estados como Chihuahua, Durango, Jalisco, Sonora, Tamaulipas, Baja California, Aguascalientes, San Luis Potosí entre otras, han presentado concentraciones altas de fluoruro presente de forma natural en el agua de consumo humano lo que ha provocado altos índices de fluorosis dental ^{72,73,74}.

En Estados Unidos está aumentando en las áreas optimamente fluoradas y en las no fluoradas, debido principalmente a la administración adicional de fluoruro mediante suplementos fluorados y a la ingesta accidental de fluoruro en las pastas dentales a edades tempranas ^{69,75,76}.

1.2. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE MEXICO.

En la zona metropolitana vivimos 18.5 millones de habitantes, de ellos en el Distrito Federal residimos 9.2 millones, más la población flotante que entra y sale diariamente de esta entidad; para atender los requerimientos de agua, se suministra un caudal medio anual de 59 m³/seg, con lo que se alcanza una cobertura mediante tomas domiciliarias del 98% en el Distrito Federal y 90% en los 17 municipios conurbados del Estado de México; el resto de los habitantes se abastecen a través de carros cisterna y tanques portátiles ⁷⁷.

Actualmente en el Distrito Federal se distribuyen en promedio 43.3 m³/s, de los cuales el 61,5% proviene de fuentes subterráneas: 50% del acuífero del valle de México y 11% del Lerma; en tanto que el 39% restante corresponde a fuentes superficiales, básicamente de la cuenca del Río Cutzamala¹ (**Tabla 3, Fig 1**).

Por lo que respecta al consumo el 67% del caudal suministrado es destinado al uso habitacional, el 17% a la Industria y el 16% restante se emplea en los comercios y servicios ⁷⁷.

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO	1996	1997	1998
Acuífero Valle de México	21.7m ³ /s	21.7m ³ /s	21.7m ³ /s
Acuífero Valle de Lerma	4.9m ³ /s	4.9m ³ /s	4.9m ³ /s
Manantiales, Río Magdalena y presas	1.1m ³ /s	1.1m ³ /s	1.1m ³ /s
Cutzamala, etapas 1y2	7.6m ³ /s	7.6m ³ /s	7.6m ³ /s
Etapa 3	8.0m ³ /s	8.0m ³ /s	9.0m ³ /s
Etapa 4			5.0m ³ /s
Total Cutzamala	15.6m ³ /s	15.6m ³ /s	21.6m ³ /s
Total Disponible	43.3m ³ /s	43.3m ³ /s	50m ³ /s

Tabla 3. Caudal promedio que se suministrará al Distrito Federal de 1996 a 1988.

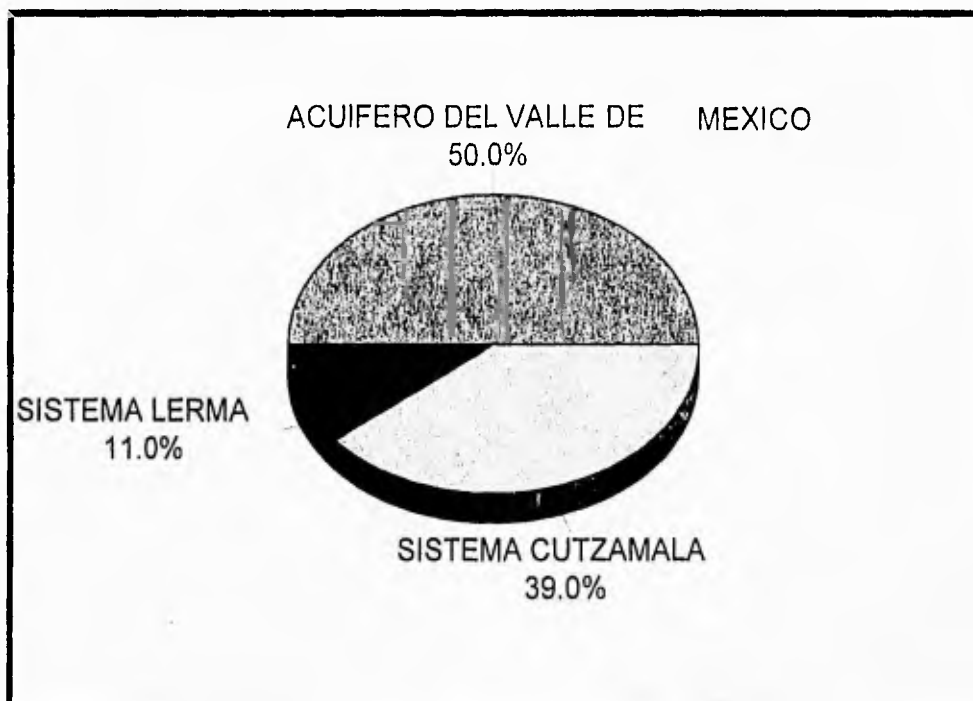


Fig 1. Distribución de agua potable en los principales sistemas de abastecimiento de la Ciudad de México.

Desde la fundación de la Gran Tenochtitlán el suministro de agua potable para la ciudad de México ha sido un problema importante, debido a que la civilización azteca se asentó a más de 2,240 metros sobre el nivel del mar, en un llano rodeado de lagos y montañas, en donde los manantiales y los acuíferos íntimamente ligados entre sí, han desempeñado un papel importante en la tarea de abastecer el agua a la ciudad ⁷⁸.

Debido al crecimiento poblacional de la ciudad de México que se acentuó en la década de los 50's, se inició la extracción de agua subterránea por medio de pozos profundos del Acuífero del Valle de México, lo que ha ocasionado severos hundimientos del terreno y la sobreexplotación del mismo ⁷⁸(Fig 2).

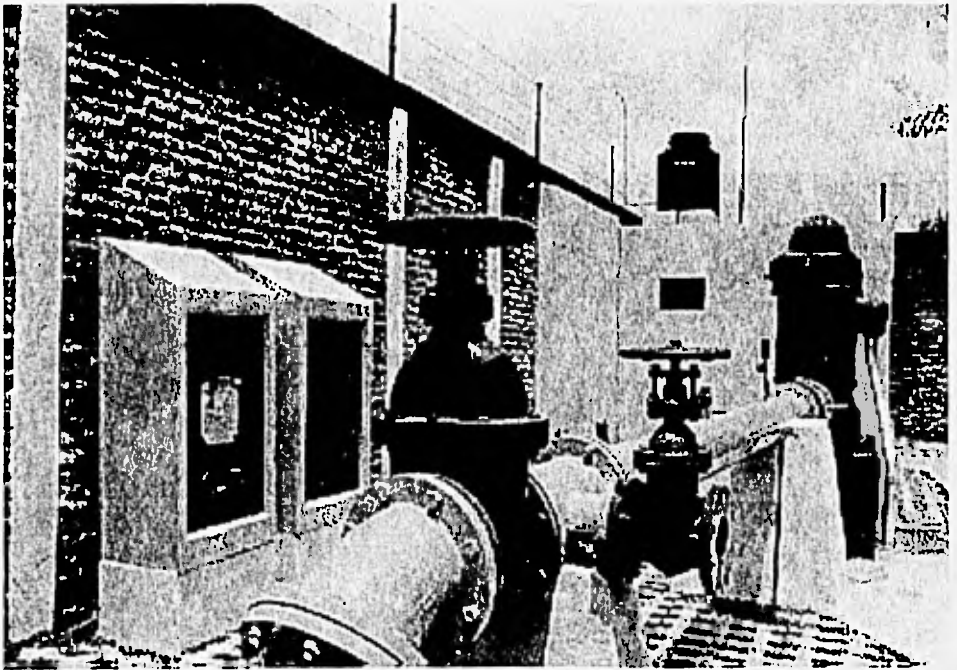


Fig 2. Fte DGCOH. Pozo perteneciente al sistema Acuífero del Valle de México.

La cuenca del Valle de México es una gran olla cuyas paredes y fondo impermeables en el este, oeste y norte de la ciudad de México están constituidas principalmente por rocas volcánicas como son las andensitas y dacitas; en la parte central del valle la permeabilidad depende principalmente del tamaño del sedimento, el cual varía desde arenas gruesas hasta arcilla de origen volcánico; los depósitos de arcilla del subsuelo han jugado un papel importante para la ciudad de México, debido a que en estos estratos descansan los cimientos de sus construcciones, además de que constituyen mantos que ceden agua, lo cual implica que sufran asentamientos al abatirse las presiones del acuífero profundo por causa del bombeo⁷⁹.

Por la problemática del hundimiento de la ciudad de México debido a la extracción del agua del subsuelo, en 1951 se puso en operación el sistema Lerma situado al oeste del Distrito Federal, que fué el primer sistema de agua en bloque proveniente de una fuente externa al valle de México y que comprendió la perforación de pozos profundos localizados en el estado de México, a lo largo del Río Lerma, aportando en un inicio un caudal medio anual de $4\text{m}^3/\text{s}$ ⁷⁹.

Dicho sistema se divide en dos ramales, el ramal norte y el sur que se unen poco antes de llegar al túnel Atarasquillo, el cual concluye en un punto denominado Trifurcación El Venado, de donde parten varias líneas de distribución a la ciudad de México; la explotación de este acuífero ocasionó severos hundimientos en los acuíferos de los Valles de Toluca e Ixtlahuaca, por lo que fue necesario reducir su explotación⁷⁹ (**Fig 3,4**).

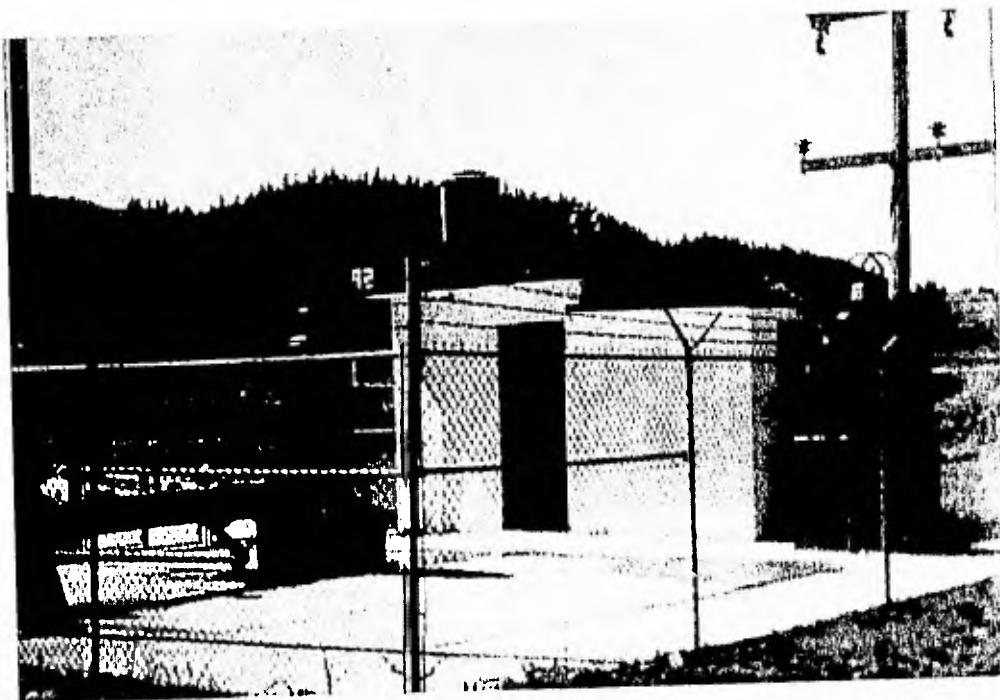


Fig 3. Fte. DGCOH. Pozo perteneciente al sistema Lerma

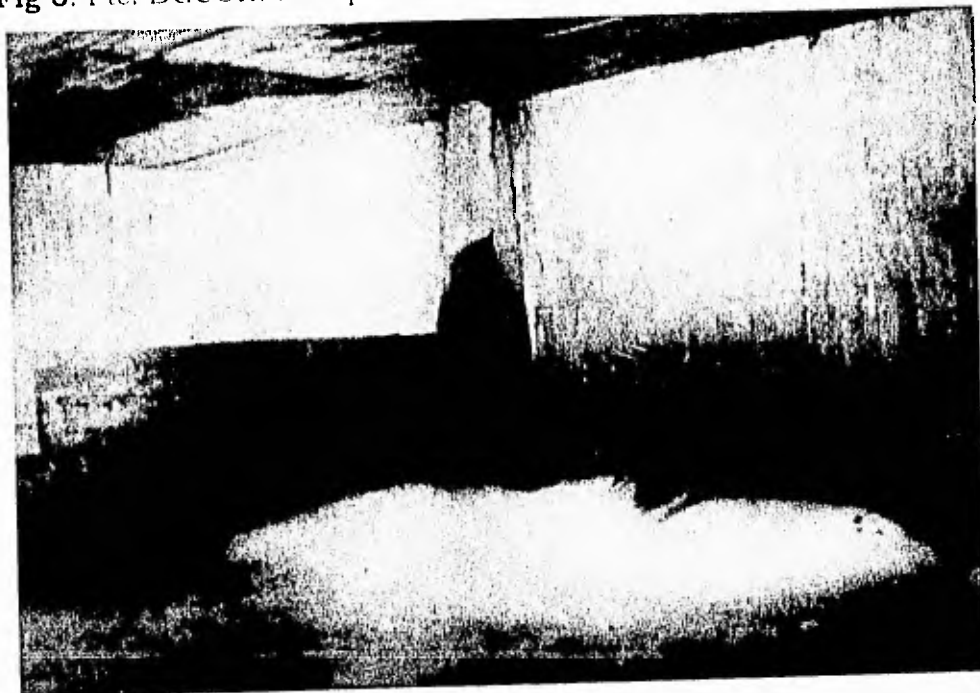


Fig 4. Fte.DGCOH. Unión de la rama norte y sur del sistema Lerma

Para disminuir la sobreexplotación de los acuíferos del valle de México y Lerma y para satisfacer la demanda de agua de la creciente población, a principios de los 80's, empezó a operar la primera etapa del Sistema Cutzamala, el cual consiste en el aprovechamiento de diversas presas correspondientes a la cuenca del Río Cutzamala, de donde el agua se conduce a una distancia de 127 kms, venciendo un desnivel de 1200 mts, para llegar a la ciudad de México⁷⁷ (**Fig 5,6**).

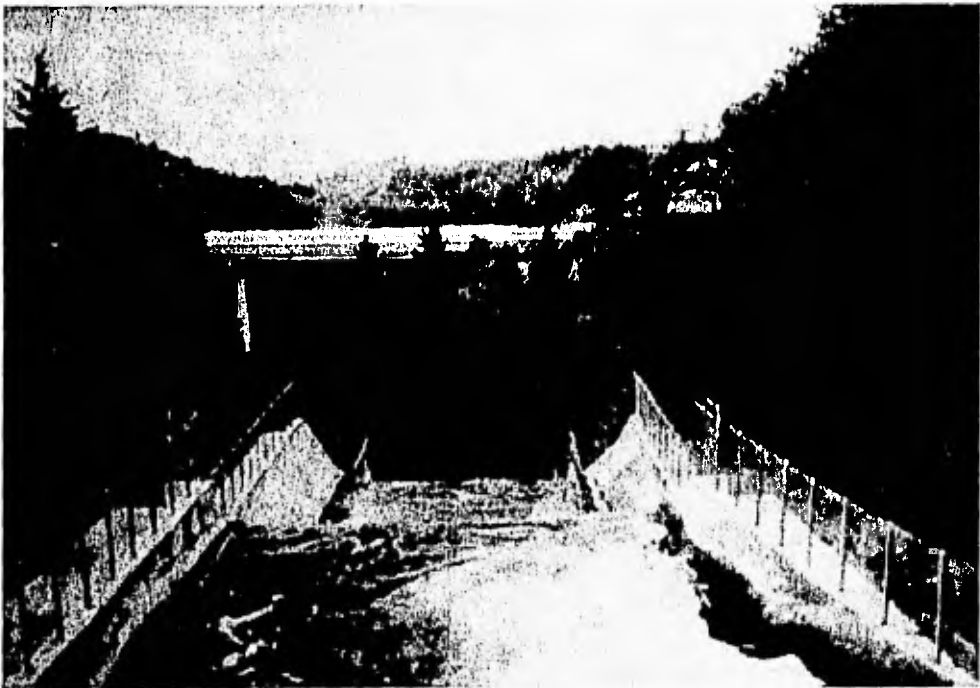


Fig 5. Fte. DGCOH. Sistema Cutzamala (Caída del Borracho).



Fig 6. Fte. DGCOH. Unión del sistema Lerma-Cutzamala

Para una mejor distribución del agua potable a la población del Distrito Federal proveniente del sistema Lerma-Cutzamala, se continúa la construcción del acueducto periférico en sus ramas norte y sur; la primera y segunda etapas de la rama sur, con longitud de 22km y con un diámetro de 4mts, han sido concluídas y están operando, a finales de 1993 se inició la construcción de la tercera etapa en un tramo de 10Kms hasta el poblado de San Francisco Tlalnepantla, Xochimilco; quedando pendiente la cuarta etapa que está en proyecto en un tramo de 10Kms, hasta el cerro del Teutli, en la delegación Xochimilco; con lo que se logrará una distribución más equilibrada del vital líquido, así como la disminución de la extracción de agua del acuífero del valle de México⁷⁷ (Fig 7).

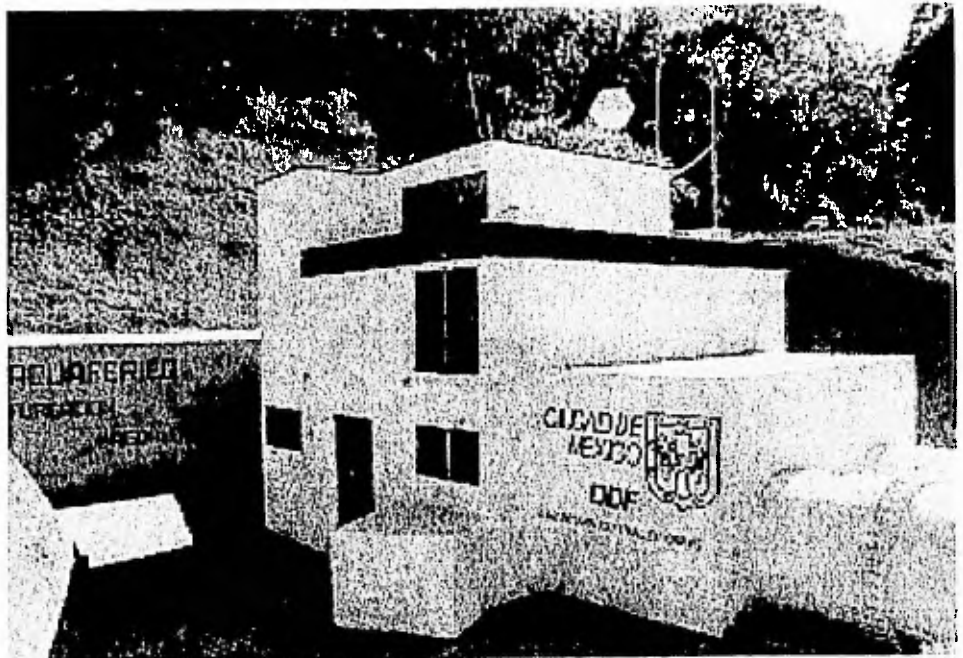


Fig 7.Fte. DGCOH. Acueducto Periférico del sistema Lerma-Cutzamala

Los sistemas de abastecimiento de la ciudad de México son operados por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH), del Departamento del Distrito Federal y por la Comisión de Aguas del Valle de México (CAVM).

Actualmente la infraestructura de agua potable que se emplea para suministrar el servicio a la población está formado básicamente por 856 pozos, 521 kilómetros de líneas de conducción y acueductos, 279 tanques de almacenamiento, con capacidad conjunta de 1700 millones de litros, 227 plantas de bombeo de donde se distribuye a los usuarios mediante mas de 10,700 kilómetros de redes primaria y secundaria (se

considera como red secundaria aquella cuyos diámetros son menores a 0.5m, y en la red primaria sus diámetros varían de 0.5 a 1.83m)⁷⁷.

1.2.1. CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

La calidad del agua de los sistemas de abastecimiento se puede ver alterada por la sobreexplotación del agua subterránea que ocasiona un severo hundimiento del subsuelo y la consecuente dislocación de tuberías; por el contacto prolongado del agua subterránea con algunas formaciones geológicas del acuífero que contienen en forma natural algunos minerales como el hierro y magnesio, y por las posibles filtraciones de agua residual al subsuelo en zonas que carecen de drenaje⁷⁹.

Para preservar la calidad del agua, se utilizan 16 plantas potabilizadoras, de las cuales 12 funcionan a pie de pozo y 360 dispositivos de cloración, asimismo se efectúan constantes inspecciones sanitarias a las instalaciones del sistema y se lleva a cabo un programa permanente de muestreo por el Laboratorio de Control de calidad del agua, el cual comprende anualmente la realización de más de 50,000 análisis físicos, químicos y biológicos. En el análisis fisicoquímico se determinan los parámetros físicos relacionados con la apariencia del agua como son la turbiedad, color y sólidos, así como los parámetros químicos relacionados con los elementos que afectan su potabilidad

como es el nitrógeno, cloruros, alcalinidad, durezas sulfatos y fluoruros entre otros que están presentes en forma natural en el agua; es importante que las concentraciones de estos elementos en el agua sea la adecuada para que no se presente algún riesgo a la salud y cumpla con las normas establecidas. La metodología del análisis del agua en el Laboratorio central, está basada en las determinaciones por vía húmeda como la espectrofotometría, volumetría, comparación visual y análisis por inyección^{79,80}.

Con respecto al flúor presente de forma natural en el agua de consumo humano, la Norma Oficial Mexicana 127-SSA1-1994: "Salud Ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", establece como límite máximo la concentración de 1.5mg/l en los sistemas de abastecimiento públicos y privados ⁸¹.

La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica por medio del laboratorio central de control y calidad del agua, reportó una concentración de 0.30ppm de flúor en agua potable del sistema Lerma-Cutzamala; en otro estudio realizado en la ciudad de México se determinó que la concentración de flúor oscilaba entre 0.1 y 0.2ppm¹.

1.3 PREVENCIÓN DE LA CARIES DENTAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO

La caries dental es una enfermedad infecciosa, de naturaleza multifactorial; se considera que es la enfermedad más prevalente, además de ser progresiva, crónica, irreversible e incapacitante ².

Estudios epidemiológicos de la prevalencia de caries realizados en la ciudad de México, revelan que más del 95% de las personas está afectada por dicha enfermedad, incrementándose considerablemente conforme aumenta la edad. En estos estudios realizados la proporción de individuos sin caries fue relativamente baja, esto significa que, estudio tras estudio, sólo una minoría de la población encuestada se encuentra libre de problemas dentales activos (**Tabla 4**).

En términos generales, el índice CPOD y ceod reportados son altos con respecto a lo establecido La organización mundial de la salud, estableció como propósito para el programa de salud bucal, en el año 2000, el disminuir la caries dental en el 50% de los niños menores de 6 años y lograr un índice de CPOD de 3 a los 15 años de edad, propósito que en la ciudad de México está muy lejos de cumplirse.

Siendo un problema de salud pública complejo, la caries dental no ha podido ser controlada mediante la atención dental, si aunamos a esto su alto costo en los tratamientos restaurativos, además que por la magnitud y trascendencia de la misma es necesario adoptar medidas

preventivas para mejorar la salud bucodental como son : la disminución en la ingesta de alimentos cariogénicos, una higiene bucodental adecuada o el uso apropiado de fluoruros.

La NOM-013-SSA2-1994 “ Para la Prevención y Control de Enfermedades bucales”, establece lo siguiente: la protección específica masiva contra la caries dental, debe realizarse mediante la adición de fluoruro a la sal de consumo humano, argumentando que no debe adicionarse fluoruro a nungún otro condimento, alimento, golosina, refresco, goma de mascar y agua (redes de suministro a la población o envasada) porque puede causar fluorosis; en las áreas geográficas del país en donde la concentración del ion Flúor sea igual o mayor de 0.7 ppm., se debe evitar consumir fluoruro por vía sistémica y la ingesta de pasta dental y en las fuentes de abastecimiento de agua de consumo humano con concentraciones superiores a 0.7ppm de flúor, debe ser aplicada la desfluoruración de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana vigente sobre la calidad del agua de consumo humano ⁸².

ESTUDIO DE PREVALENCIA DE CARIES EN LA CIUDAD DE MEXICO 1982-1992

AUTOR	AÑO	LUGAR	n	EDAD	CPOD	CPOS	CEOD	CEOS	% SIN CARIES	FLUORURO AGUA
STEIN et al	1982	ZONA METROPOLITAN A MEX. D. F.	500	3-13	0.2	—	0.27	—	—	—
JENSEN Y HERMOSILLO JENSEN	1983	ZONA METROPOLITAN A MEX. D. F.	4866	16-49	—	24.7	—	—	MENOS 4%	—
SANCHEZ PÉREZ	1984	ZONA SUR CIUDAD DE MEXICO	5000	5-16	3.96	—	4.98%	—	7.8%	0.2 Y 0.4 ppm
PRUDENCIO Y SOLLEIRO	1985	TLAHUAC, MEX. D. F.	4480	6-13	3.1	—	2.7	—	—	0.5 mg Lt
ORNELAS	1987	MEXICO D. F.	134	2-6	—	—	5.1	5.3	22.4%	—
GONZALEZ et al	1992	TLALPAN, MEX. D.F.	700	11-17	—	21.4	—	—	0.0%	—
BORGES Y MAUPOME	1992	COYOACAN, MEX. D.F.	617	1-86	9.2	—	1.0	—	14.6	—

— SIN DETERMINAR

n = TAMAÑO DE LA MUESTRA

CPOD = A DIENTES CARIADOS OBTURADOS Y PERDIDOS EN DIENTES PERMANENTES

CPOS = A SUPERFICIES CARIADOS OBTURADOS Y PERDIDOS EN DIENTES PERMANENTES

CEOD = A DIENTES CARIADOS, EXTRACCION INDICADA Y OBTURADOS EN DENTICION INFANTIL

CEOS = A SUPERFICIES CARIADOS, EXTRACCION INDICADA Y OBTURADOS EN DENTICION INFANTIL

TABLA 4

2. HIPOTESIS.

- La cantidad de flúor encontrada en los abastecimientos de agua potable del Acuífero del Valle de México es superior a las concentraciones del sistema Lerma- Cutzamala.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la concentración de Flúor en el agua potable de la ciudad de México por fuentes de suministro mediante el método potenciométrico del electrodo selectivo de fluoruro.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer la concentración de flúor en el agua potable del Acuífero del valle de México que abastece a la ciudad de México.
- Conocer la concentración de flúor en el agua potable del sistema Lerma-Cutzamala que abastece a la ciudad de México.
- Determinar las zonas de la Ciudad de México en donde la concentración de flúor sea igual o superior a 0.7ppm.

4.-METODOLOGIA

4.1. MATERIALES Y METODOS

El presente estudio fué descriptivo transversal y prospectivo, se concedió al universo todas las muestras de agua potable del acuífero del

Valle de México y del Sistema Lerma-Cutzamala, por lo que se seleccionaron 34 muestras pertenecientes al Acuífero del Valle de México y 11 muestras de agua pertenecientes al sistema Lerma-Cutzamala, con los siguientes criterios de inclusión: Agua potable perteneciente al Acuífero del Valle de México y al sistema Lerma-Cutzamala que abastecen a la ciudad de México y de exclusión: agua residual tratada, agua potable embotellada y agua de sistemas diferentes a los mencionados; con una variable dependiente: Concentración de flúor en el agua potable de la ciudad de México y una independiente: Tomas de muestras de agua de los suministros de agua potable de la ciudad de México.

La presente investigación se propuso dietápica y se desarrolló de la siguiente manera:

1a. Etapa (Recolección de muestras de agua)

Se estableció comunicación con las autoridades de la Dirección General de construcción y Operación Hidráulica de la ciudad de México para obtener información de las principales fuentes de suministro y de su distribución. Por medio de esta Institución se obtuvieron 45 muestras de agua de las principales fuentes de suministro y la localización en mapas de los sitios de recolección; la selección de muestras se obtuvo cuando se supervisó el funcionamiento de los de los sistemas de abastecimiento. Para la toma y preservación de muestras se utilizaron botellas de polietileno de 1/l de capacidad, las cuales se enjuagaron previamente con agua destilada repetidas veces; cada botella se etiquetó

anotando la fecha, hora de muestreo, la identificación del punto o sitio de muestreo y el sistema al que pertenece **(Fig 8)**.



Fig 8. Muestras de agua recolectadas de los sistemas de abastecimiento de la ciudad de México.

Las muestras fueron tomadas directamente del grifo del sistema de distribución o pozo profundo; el muestreo se realizó cuidadosamente evitando que se contaminara el tapón, boca e interior del envase; posteriormente se tomó un poco de agua del grifo, se cerró la botella, se agitó fuertemente para enjuagar y se desechó el agua; se realizó la misma operación dos o tres veces, procediendo enseguida a tomar la muestra.

Obtenidas las muestras, se colocaron en bolsas de hielo para su transporte al laboratorio de Inmunología de la División de Estudios de

Posgrado e Investigación, posteriormente se almacenaron en un cuarto de refrigeración a 4°C para que la concentración de Flúor existente en el agua no se alterara.

Del acuífero del valle de México que comprende agua subterránea de pozos profundos se tomaron 34 muestras de agua localizadas en diversos sitios de la ciudad, y del sistema Lerma-Cutzamala que comprende agua superficial y profunda se tomaron 11 muestras de agua localizadas a lo largo del trayecto del sistema, esto es debido a que es el mismo caudal de agua que se transporta de afluentes externos a la ciudad y que llega en bloque para abastecerla (**Fig 9, 10**).

2a. Etapa (Análisis del contenido de flúor en las muestras de agua).

La determinación de la concentración de flúor se realizó por el método potenciométrico del electrodo selectivo de Flúor. Cada una de las muestras recolectadas fueron objeto de dos determinaciones con la finalidad de verificar sesgos de lectura o de calibración del aparato, las determinaciones de las muestras se hicieron con un intervalo de 10min.

El investigador se calibró frente a un observador patrón en el Departamento de Salud Pública de la DEPIFO, en el laboratorio de Investigación de la misma con hasta mas-menos una desviación estándar en la lectura, para tal efecto se trabajó con 20 muestras recolectadas a nivel domiciliario de las delegaciones de Tlalpan y Xochimilco. Las dos determinaciones fueron hechas por el mismo investigador con la intención de evitar sesgos de observación.

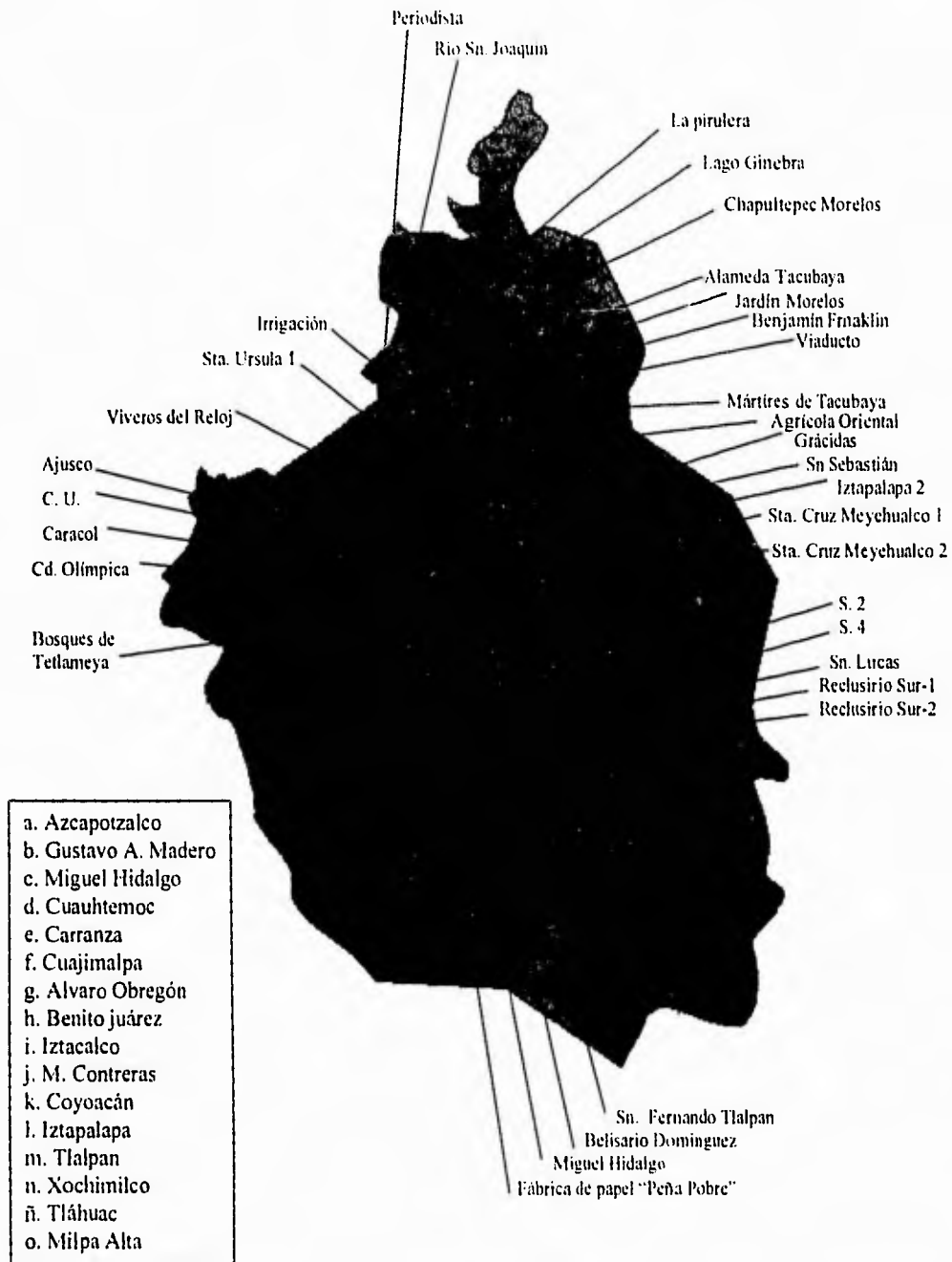


Fig 9. Fte. DGCOH. Distribución Geográfica de las muestras del sistema Acuífero del Valle de México 1996.

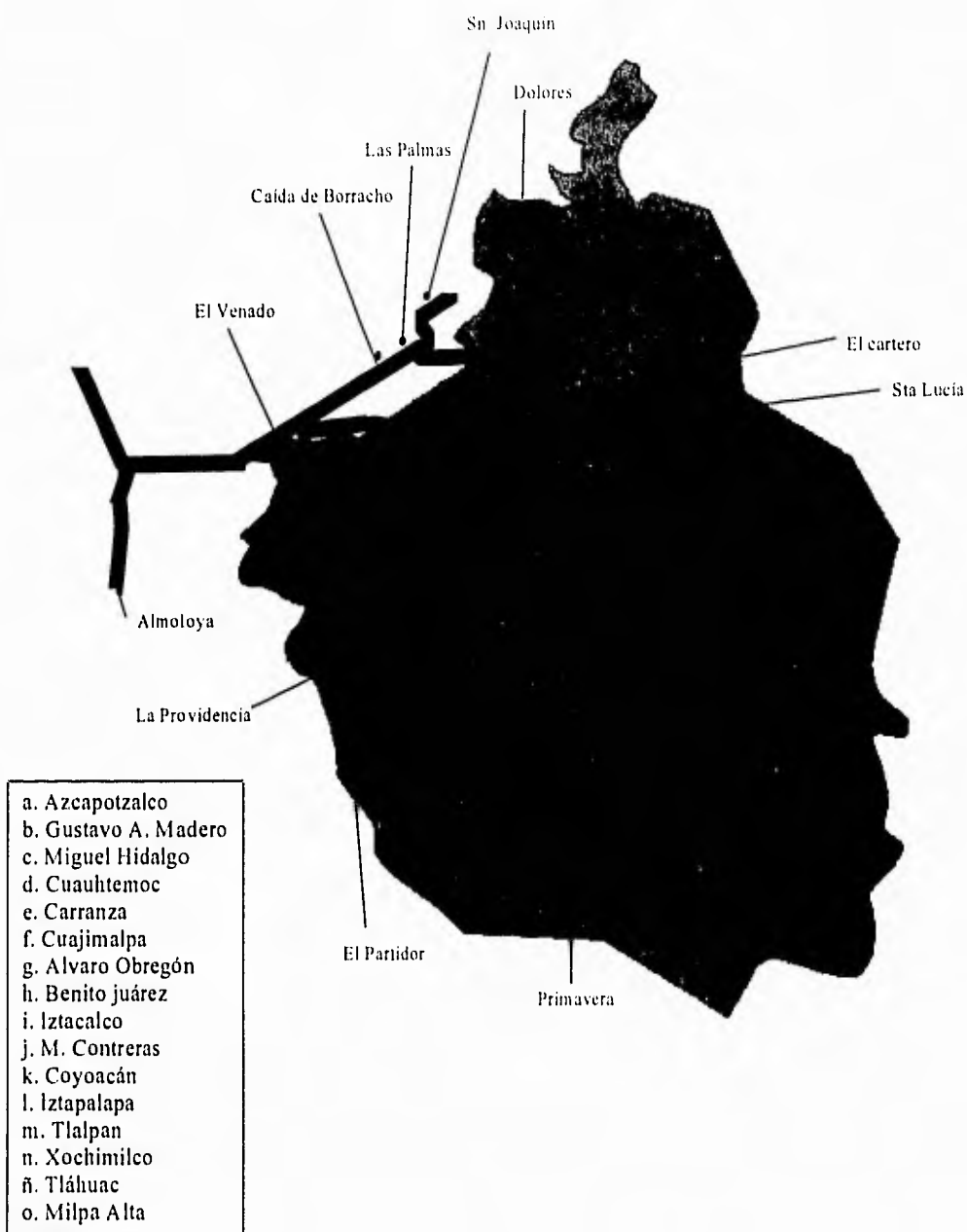


Fig 10. Fte. DGCOH. Distribución geográfica de las muestras del sistema Lerma-Cutzamala 1996.

Equipo

- - Medidor de iones específicos EA 940
- - Electrodo combinado para fluoruro Orion, Modelo 96-09
- - Vasos de precipitado de polipropileno de 50ml
- - Pipetas volumétricas de 10 y 25 ml
- - Matraces volumétricos de 10 y 100 ml.

Reactivos

- Ajustador de fuerza iónica (TISAB).

Se constituyó disolviendo 57ml de ácido acético glacial, 58g de Cloruro de Sodio y 0.30g de citrato de sodio en 500ml de agua destilada. La temperatura se mantuvo a 25°C y el pH se ajustó a un rango de 5-5.5, añadiendo NaOH 5M. El volumen se aforó finalmente a 1/l con agua destilada.

- Solución Stock de fluoruro.

Para preparar la solución stock, se disolvieron 221mg de fluoruro de sodio (NaF), en agua destilada y se diluyó a 1/l (Esta solución equivale a 100ppm de F⁻).

- Soluciones patrón de fluoruro.

Se diluyeron 100ml de la solución stock de fluoruro a 1,000ml con agua destilada (Esta solución equivale a 10ppm de F⁻).

Se prepararon una serie de patrones por disolución con agua destilada de 1,0; 5,0 y 10,0ml de solución patrón de fluoruro a 100ml. Estos patrones equivalen a 0.1,0.5 y 1mg de F⁻/l (**Fig 11**).

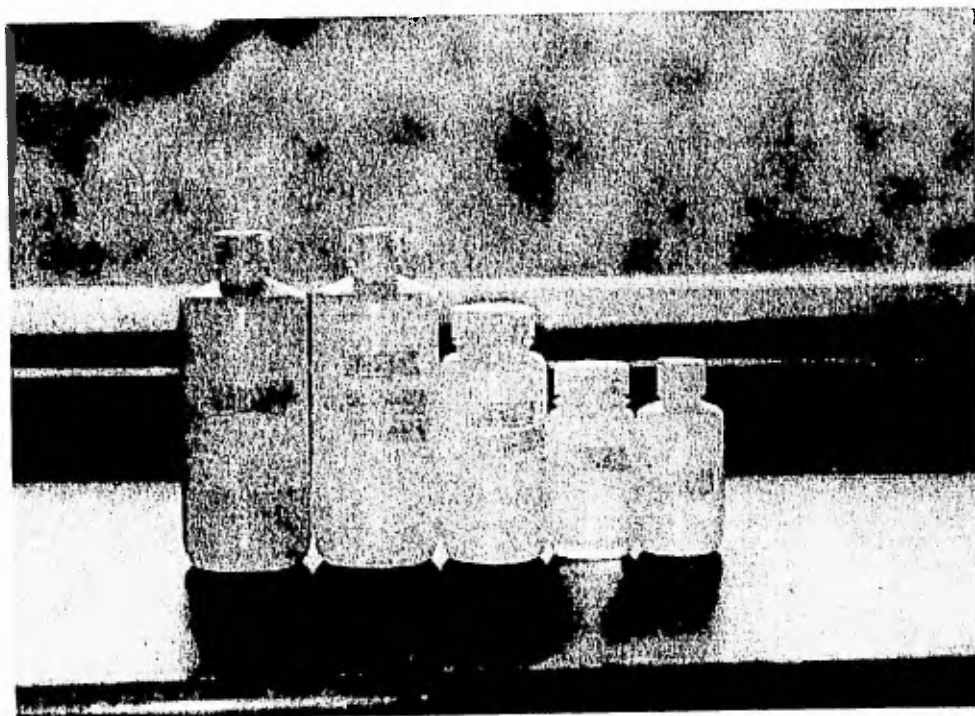


Fig 11. Reactivos.

Procedimiento

- La solución patrón se construyó diariamente antes de comenzar las mediciones de agua; todos los contenedores, recipientes, pipetas y material en contacto con las muestras de agua eran de plástico.
- Se conectó el electrodo de fluoruros en el potenciómetro y se siguieron las instrucciones de encendido del equipo (**Fig 12**).
- Se tomaron 25 ml de la solución patrón y se colocaron en vasos de precipitado de 50ml, añadiéndoles 25 ml de TISAB.

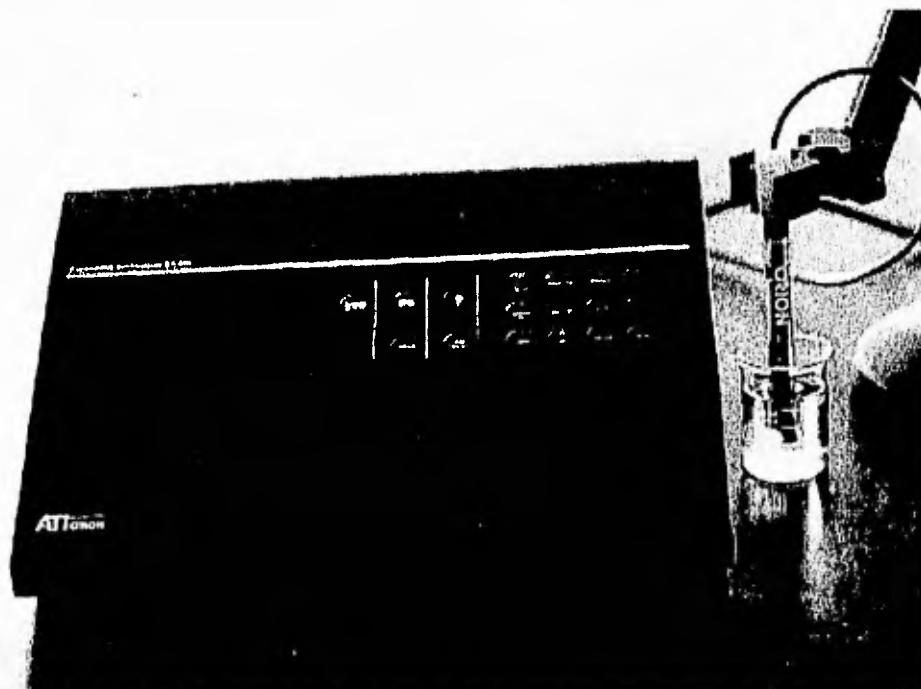


Fig 12. Medidor de iones específicos EA 940 y electrodo combinado para fluoruro Orion, Modelo 96-09.

- Se introdujo el estándar de 1ppm, se agitó y se ajustó el control de calibración, se enjuagó el electrodo con agua destilada, se secó y se colocó el estándar de .5ppm y de .1ppm, realizando en cada uno el mismo procedimiento que en el primero.
- Se tomaron alicuotas de 25ml de la muestra y se añadió 25ml de TISAB, se agitó la solución y se sumergió el electrodo. intentando que todas las muestras se realizaran siempre a la misma profundidad y que el indicador de temperatura marcara 25°C (**Fig 13,14**).

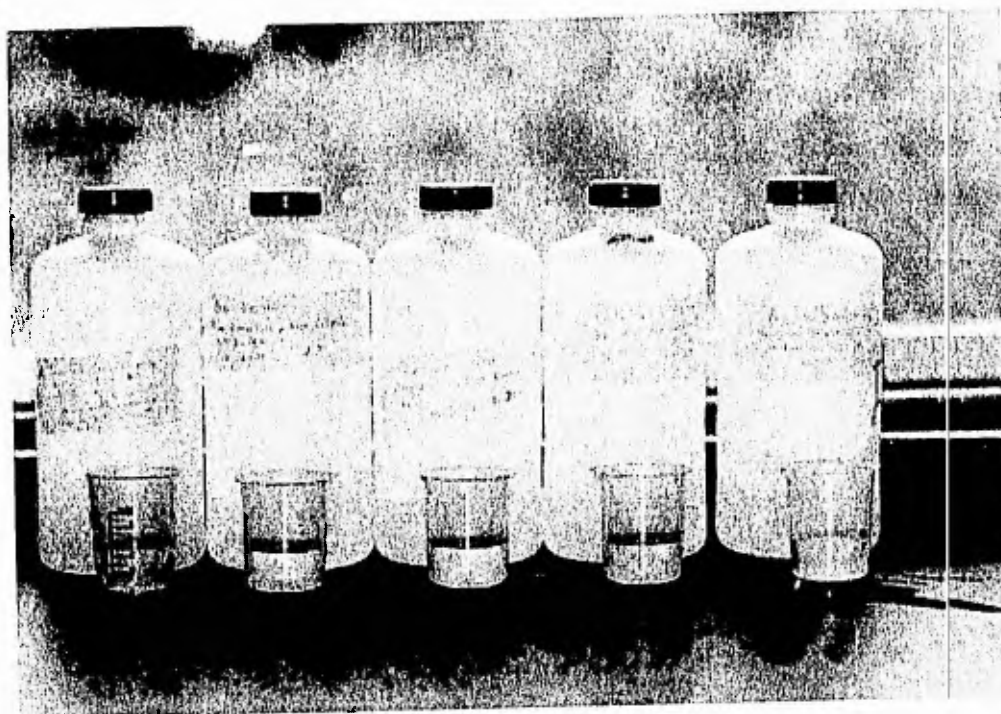


Fig 13. Alicuotas de 25ml tomadas de las muestras de agua.

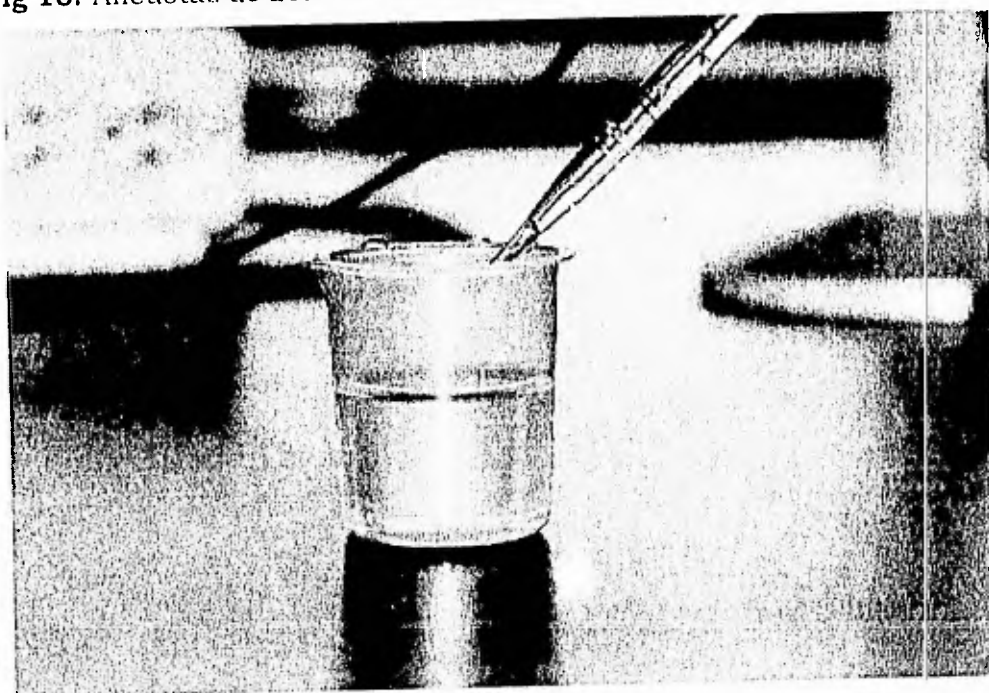


Fig 14. Preparación de las muestras de agua..

- El electrodo se dejó de 1-2min en la solución (o hasta que la lectura fuera constante) antes de hacer la lectura final en la escala del potenciómetro (**Fig 15**).



Fig 15. Electrodo de fluoruros.

- Después de finalizar cada medición con cada muestra, el electrodo se enjuagó cuidadosamente con abundante agua destilada; los vasos de precipitado, las pipetas volumétricas y los matraces volumétricos se vaciaron y enjuagaron con abundante agua destilada ^{84,85,86}.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de concentración de flúor en el sistema Acuífero del valle de México fue de .200, con una mediana de 17.5, una moda de 0.02 y una desviación estándar de .189 y el del sistema Lerma-Cutzamala el promedio de concentración de fluor fue de .039, con una mediana de 6.5, una moda de .03 y una desviación estándar de .02.

Las concentraciones obtenidas en ambos sistemas, tienen un valor por debajo de 0.7ppm de acuerdo al límite máximo establecido en la NOM-013-SSA2-1994, excepto la del pozo Iztapalapa que tiene una concentración de 0.8ppm de flúor (**Tabla 5**).

ACUÍFERO DEL VALLE DE MÉXICO				
POZO	LOCALIZACION	FECHA	HORA	FLÚOR (PPM)
1- Lago Ginebra	Lago Wetter y Lago Ginebra. Col Pensil. Miguel Hidalgo.	25/03/96	13:34pm	0.017
2.- Benjamín Franklin	Primaria Benjamín. Av. Benjamín Franklin. Col Escandón. Del. Miguel Hgo.	25/03/96	9:35am	0.02
3.- Viaducto	Viaducto y 12 de Octubre, Col. Escandón. Del. Miguel Hidalgo	25/03/96	9:20am	0.02
4.- Alameda Tacubaya	José Ma. Vigil y Av. Revolución. Col Tacubaya. Del.	25/03/96	9:48am	0.025

	Miguel Hidalgo			
5.- Chapultepec Morelos	Hegel, Newton y Horacio. Col Polanco Chapultepec. Del Miguel Hidalgo.	25/03/96	12:10pm	0.025
6.- Irrigación	Presa la Angostura y presa Salinillas. Col Irrigación. Del. Miguel Hidalgo	25/03/96	12:20pm	0.029
7.- Periodista	Fernández de Lizardi y Fernándo Celada Col Periodista. Del. Miguel Hidalgo	25/03/96	10:05am	0.03
8.- Mártires de Tacubaya	Mártires de Tacubaya y Av. Revolución. Col Tacubaya. Del. Miguel Hidalgo.	25/03/96	10:45am	0.030
9.- Jardín Morelos	Jardín José Ma. Morelos. Progreso y comercio. Del. Miguel Hidalgo.	25/03/96	9:00am	0.036
10.-La Pirulera	Lago Ginebra y Lago Yojos. Col. Fco. I. Madero. Del. Miguel Hidalgo	25/03/96	13:15am	0.04
11.- Panteón San Lucas	Panteón San Lucas. Del. Xochimilco	14/03/96	11:30am	0.076
12.- Reclusorio sur-1	Reclusorio Sur. Del. Xochimilco	14/03/96	11:00am	0.095
13.-Pozo S.2	Delegación Xochimilco	14/03/96	10:15am	0.095
14.-Bosques de Tlacoquemeya	Luis Murillo entre L. Oliva y M. Márquez			0.106

16.-Santa Ursula 1	San Gabriel. San Cástulo y Av. Estadio Azteca	14/03/96	9:34am	0.125
17.- Viveros del Reloj	Corola y Sn León. Col Reloj.	14/03/96	12:10pm	0.031
18.-Sitio Pozo S.4	Del. Xochimilco	14/03/96	10:50am	0.140
19.- Reclusorio Sur 2	Reclusorio Sur. Del. ochimilco	14/03/96	10:30am	0.173
20.-Ajusco	Calle Chichimeca y Mecometzin	14/03/96	8:30am	0.175
21.-Pozo Caracol	Av. del Imán, entre Ponecas y Basopas	14/03/96	9:12am	0.189
22.-Reb. Col Olímpica	Francia 1924 y Los Angeles 1932. Col Pedregal de Carrasco	14/03/96	10:00am	0.234
23.-Agrícola Oriental No. 5	Av. Tezontle. Del. Iztacalco.	25/03/96		0.233
24.-San Fernando Tlalpan	Sn. Pedro Apostol, Mártires, Fabela Isidro	27/07/95	9:35am	0.239
25.-Reb. Santa Cruz Meyehualco	Calzada Ermita Iztapalapa y Llano Sta. Martha Acatitla. Del. Iztapalapa	22/03/96		0.26
26.- Craudas	Av. Luis Méndez. Guerrero Vicente. Iztapalapa	22/03/96	9:00am	0.27
27.-Miguel Hidalgo	Cda. Corregidora, Miguel Hidalgo	27/07/95	10:20am	0.314

28.- C.U.	Delgain Madrigal y M. Suárez. Col Pedregal de Sto. Domingo	14/03/96	10:49	0.318
29.-Belizario Dominguez	Ayuntamiento Belizario Dominguez	27/07/95	9:00am	0.364
30.- Peña Pobre	Interior de la Fábrica Fama La Barrio	27/05/95		0.376
31.-Fovisste	U.H. Fovisste S/N	27/07/95	11:05am	0.396
32.- San Sebastián	Federico Garza y Pedro Aceves. Col. San Sebastián Tepolos Titla. Del. Iztapalapa	22/03/96		0.64
33.- Sta Cruz Meyehualco 2	Reforma administrativa y Reforma Penal. Col. Reforma Política. Del. Iztapalapa.	22/03/96	11:25am	0.66
34.- Iztapalapa II	Sta. Ma Aztahuacán Pueblo. Av. Hidalgo Palmas. Deleg. Iztapalapa.	22/03/96	10:00am	0.801

SISTEMA LERMA-CUTZAMALA

POZO	LOCALIZACION	FECHA	HORA	FLUOR (PPM)
1.-TR. Sifón La Providencia	Cerrada puente cuadritos y Col. Pedregal de San Nicolás. la.	19/03/96	9:00am	0.11

	Sección. Del. Magdalena Contreras			
2.- Tanque Primavera	Pueblo San Miguel Topilejo. Col Primavera. Del. Tlálpan.	19/03/96	9:51am	0.015
3.-Tanque Dolores	Av. Constituyentes. Panteón Dolores.	19/03/96	10:10am	0.031
4.- San Joaquín	Av. Fuentes de Tecamachalco y Narciso Mendoza. Edo. de México	19/03/96	11:00am	0.031
5.-TR. Santa Lucía	Sta. Lucía. Del. Alvaro Obregón.	19/03/96	10:35am	0.033
6.- El Cartero	Lomas de Tlalpexco s/n. Col. Vista Hermosa. Del. Cuajimalpa	19/03/96	14:00pm	0.033
7.- Caída del Borracho	Paraje del Río Borracho. Edo. de México	19/03/96	11:45am	0.033
8.- Las Palmas	Emilio G. Baz No. 57. Col Independencia. Edo. de México	19/03/96	11:20am	0.034
9.- TR. El Venado	Paraje del Río Borracho. Edo de México.	19/03/96	12:10pm	0.038
10.- El Partidor	Paraje del Río Borracho. Edo. De México	19/03/96	10:20	0.06
11.- Almoloya	Lomas de Tlalpexco s/n. Col Vista Hermosa. Del Cuajimalpa	17/03/96	12:10	0.11

Tabla 5. Nombre de la muestra, localización, día, hora de recolección y concentración de flúor (ppm).

En el Acuífero del Valle de México, el pozo Iztapalapa presentó la mayor concentración con .801ppm, mientras que en el pozo Lago Ginebra se determinó la menor concentración; así mismo, en el Sistema Lerma-Cutzamala el pozo de Almoloya presentó la mayor concentración de flúor con .11ppm y la menor se detectó en la trifurcación Providencia con .011ppm (Figs 14,15).

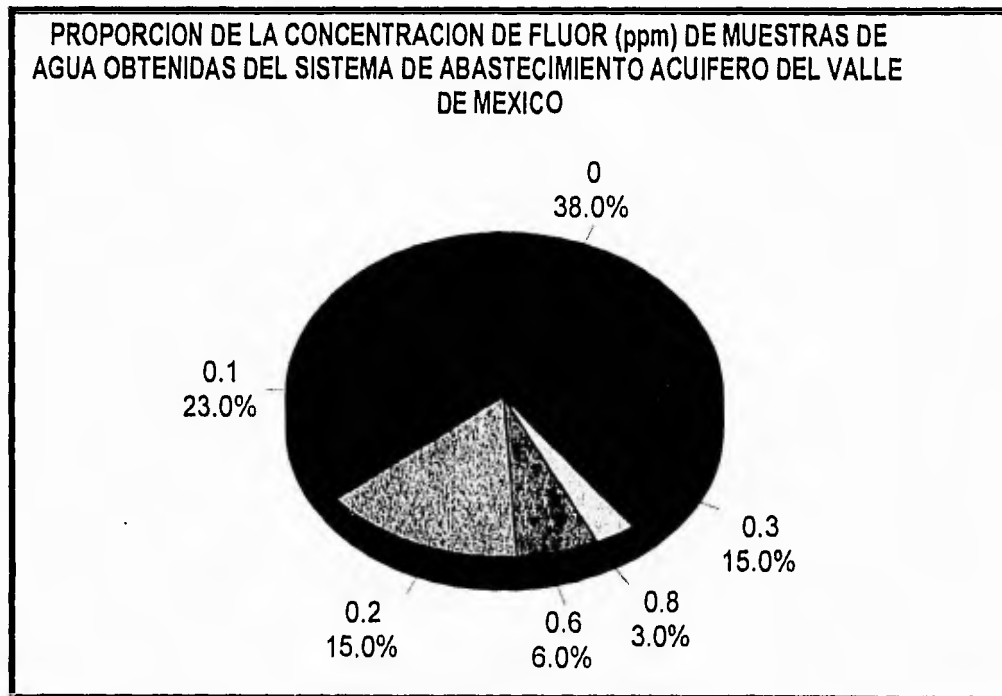


Fig 14.

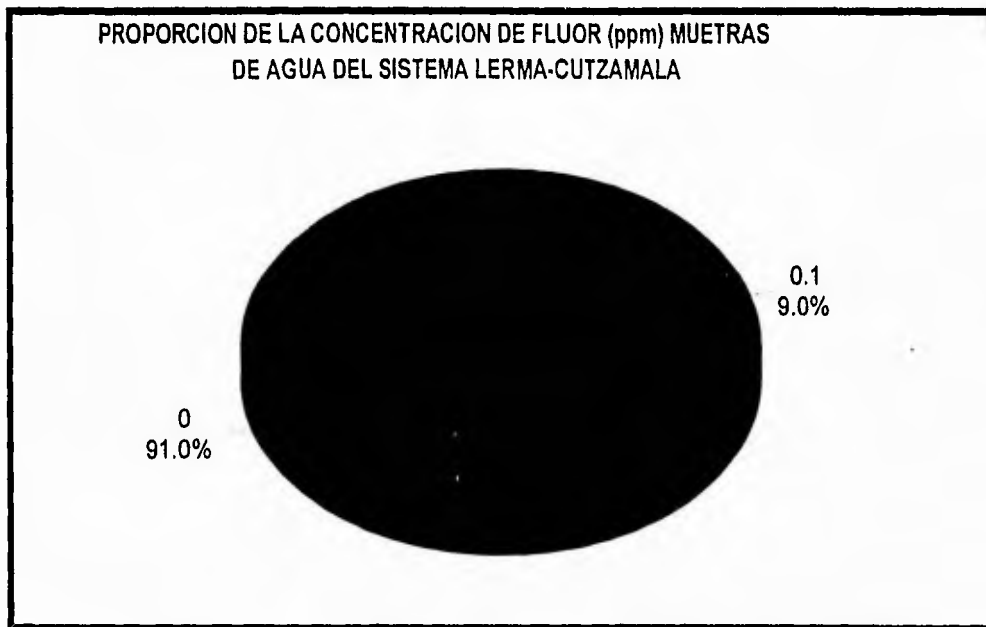


Fig 15.

El 97% de las muestras del sistema Acuífero del Valle de México tuvieron concentraciones que oscilan de 0.0 a 0.6ppm, mientras que el 3% tuvo una concentración de 0.8ppm; con respecto al sistema Lerma-Cutzamala el100% de las muestras tuvieron concentraciones de 0.0 a 0.1ppm(**Figs.16,17**).

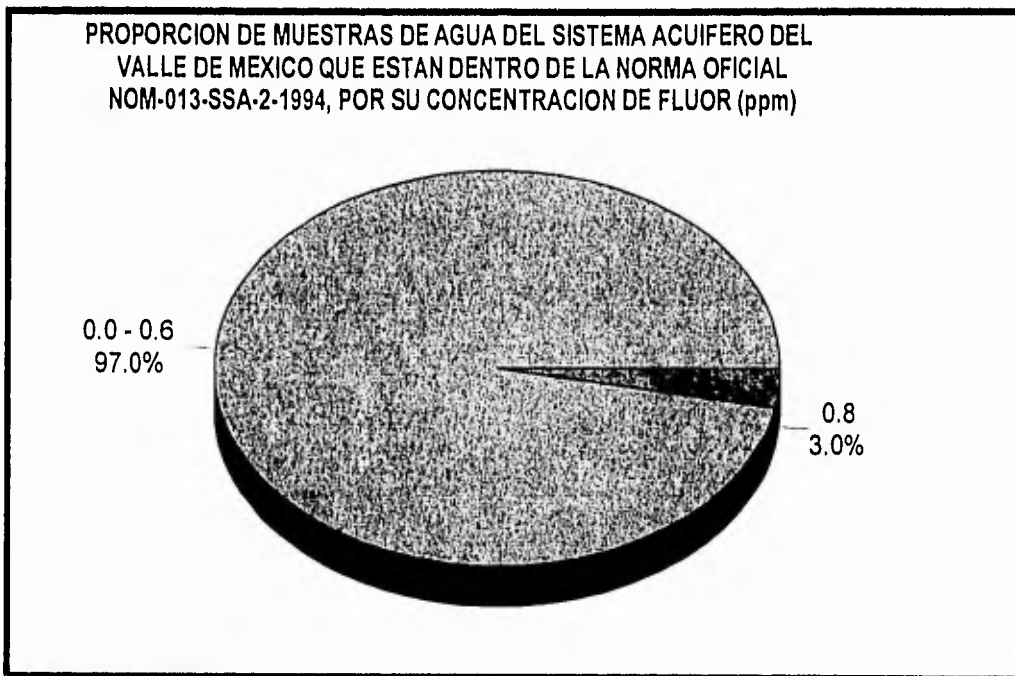


FIG 16.

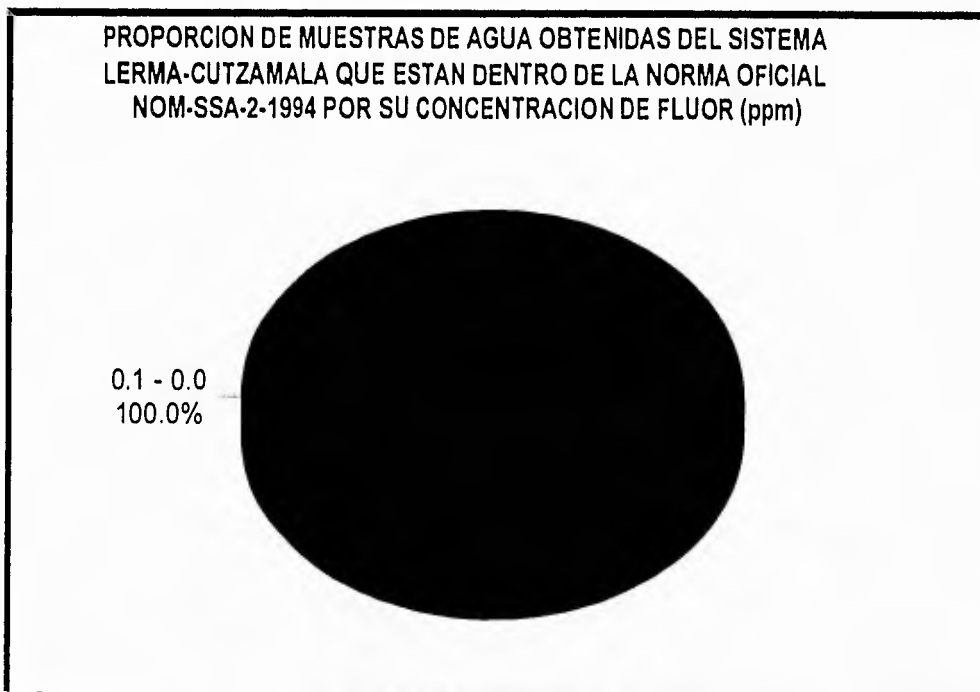


FIG.17.

Como se observa, si existen diferencias entre las concentraciones de flúor de las dos redes de abastecimiento de agua de consumo público para el Distrito Federal., pero hay que tener en cuenta que del Acuífero del Valle de México se obtuvieron 34 muestras, mientras que del sistema Lerma-Cutzamala solo se analizaron 11 muestras. La razón de esto se debió a que el sistema Lerma-Cutzamala está formado por agua superficial y profunda que se transporta de afluentes externos a la ciudad y que llega en bloque para abastecerla.; mientras que el sistema Acuífero del Valle de México consiste en agua subterránea de pozos profundos distribuidos en la ciudad de México.

La NOM-013-SSA2-1994 "Para la prevención y control de enfermedades bucales", establece 0.7ppm como límite máximo de flúor presente de forma natural en agua de consumo humano, debido a que en la actualidad la prevención de la caries dental se está realizando mediante la adición de fluoruro a la sal de consumo humano y de esta forma y con esta concentración se evitará la probabilidad de la aparición de fluorosis dental; así también establece que se debe evitar la venta y consumo de sal en las areas geográficas del país donde la concentración del ión flúor en agua de consumo humano sea igual o mayor de 0.7ppm y la detección de fuentes de abastecimiento de agua con concentraciones superiores a la ya mencionada para la aplicación de métodos de fluoruración de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana vigente sobre calidad del agua de consumo humano.

Es de llamar la atención que la NOM-1271-SSA-1994 "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización", que señala que el límite permisible de fluoruro en agua es de 1.50mg/l, y en este sentido se observa que las concentraciones de flúor encontradas en el presente estudio, están dentro del límite permitido para el agua de consumo humano.

Existe gran controversia entre ambas normas por lo que es necesario aclarar si se debe tomar en cuenta como límite máximo la concentración de 1.5mg/l aún con la posibilidad de la presencia de fluorosis dental tal y como sucede en la ciudad de México en el caso del pozo Iztapalapa con 0.8ppm de Flúor y si este es el parámetro normal, implica que probablemente exista un error en la elaboración de las normas al establecer diferentes límites permisibles de flúor en agua de consumo humano, pues las discrepancias son evidentes.

Si consideramos lo establecido por la norma 013-SSA2-1994, resulta necesario hacer mediciones exhaustivas de flúor en agua teniendo en cuenta la sal fluorada y esto se constituye en grave Factor de riesgo de fluorosis como mencionamos anteriormente. En contraposición, si se tomara en cuenta la norma 1271-SSA-1994, que propone la concentración de 1.5ppm de flúor resulta que no existe Factor de riesgo alguno y esto se podría traducir al futuro en algún cambio cromático en el esmalte.

Cabe mencionar que en esta investigación no se recolectaron más muestras de cada uno de los puntos seleccionados lo que no nos permitió obtener muestras compuestas y así poder trabajar con valores poblacionales lo que nos facilitaría, a partir de un cuadro de análisis más completo (romano) hacer afirmaciones más confiables sustentadas sobre resultados estadísticamente significativos.

6. CONCLUSIÓN

El objeto básico de la presente investigación, es el conocer la concentración del contenido de flúor en los principales sistemas de abastecimiento de la ciudad de México, como es el sistema Acuífero del Valle de México y el Sistema Lerma - Cutzamala. Como se observó, la mayor concentración se obtuvo en el pozo Iztapalapa del Acuífero del Valle de México con una concentración de 0.8ppm de flúor, sobrepasando el límite permisible según lo establecido por la Norma Oficial Mexicana 013-SSA2-1994; sin embargo se debe considerar que en la Norma Oficial Mexicana 1271-SSA-1994 señala como límite máximo 1.5ppm, lo cual indica que no existe unificación de criterios para determinar el límite máximo de concentración de flúor en agua de consumo humano. Esto se debe considerar como factor de riesgo de fluorosis dental en determinadas zonas de la ciudad, debido a que en la actualidad se realiza un programa de fluoruración de la sal de mesa a nivel nacional.

Con respecto a las muestras restantes, las concentraciones de flúor tuvieron niveles bajos.

La presente investigación nos da un panorama general de que en la ciudad de México no se tiene un control estricto de los niveles de flúor en el agua de consumo humano, así como de las normas vigentes.

7. RECOMENDACIONES.

- Unificar criterios de nivel institucional (SSA) sobre la concentración máxima de flúor disuelto en el agua de consumo público (NOM-013-SSA2-1994/NOM-1271-SSA-1994).
- Realizar estudios de determinación de flúor en agua con una metodología más estricta de muestras que permita a partir de muestras puntuales estimar la concentración promedio real.
- Llamar la atención sobre los puntos geográficos detectados con concentraciones mayores a 0.7ppm de acuerdo a la norma 013-SSA2-1994.

- 9.- BORGES A, MAUPOMÉ G. Potential of socio economic factors to predict caries experience in México City. J Dent Res 1992;71(Sp Iss):128.
- 10.- DEL RIO GOMEZ Y. Dental caries and streptococci in selected group of urban and native indian schoolchildren in México. Community Dent Oral Epidemiol 1991;19:98-100.
- 11.- SHEIHAM A. Dental caries in underdeveloped countries. Cariology Today Int. Congr. Zurich. Basel, Karger 1983;(3):33-9.
- 12.- NATIONAL INSTITUTE OF DENTAL RESEARCH RECOGNIZES GRAND RAPIDS: Pioneering in Water fluoridation. Journal of Public Health Dentistry 1989;49:59-63.
- 13.- EASLEY WM. Celebrating 50 years of fluoridation: a public health success story. Dental Public Health 1995:72-75.
- 14.- TEN CATE JM, DUIJSTERS PPE. Influence of Fluoride in Solution on Tooth Demineralization. Caries Res 1983a;17:193-199.
- 15.- TEN CATE JM, DUIJSTERS PPE. Influence of Fluoride in Solution on Tooth Demineralization. Caries Res 1983b;17:513-519.
- 16.- FEDERATION DENTAIRE INTERNATIONALE AND WORLD HEALTH ORGANIZATION, Joint Working Group. Changing Patterns of Oral Health and Implications for oral Health Manpower: Part 1. Int Dent J 1985;35:235-251.
- 17.- REVIEW OF FLUORIDE BENEFITS AND RISKS. Report of the AD HOC subcommittee on fluoride Department of Health and Human Services 1991.
- 18.- HEM J. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. Geological service, Department of the Interior, U.S.A. 1970.

- 19.-** MANDEL S & SHIFTEN ZL: Ground water resources. Investigation and Development. Academic Press, 1a. edición, U:S:A: 1981.
- 20.-** EMMONS W. Geología. Principios y Procesos. Mc Grau-Hill book company. Ediciones de Castillo. 5a edición. España 1965.
- 21.-** WORLD HEALT ORGANIZATION. Guinelines for drinking water avality. Vol 2, Health criteria and other supporting information. WHO, switzerlond.
- 22.-** EKSTRAND J. Relationship between fluoride in the drinking water and the plasma fluoride concentration in man. Caries Res 1978;12:123-2
- 23.-** EKSTRAND J, ALVAN G, BOREUS LO & NORLIN A. Pharmacokinetics of fluoride in man after single and multiple doses. Europ J Clin Pharmacol 1977;12:311-17.
- 24.-** NEUMAN WF & NEUMAN MW. The Chenical Dinamics of bone mineral. Chicago Univ Chicago Press 1958;75-100.
- 25.-** WHITFORD GM & PAHSLEY DH. Fluoride absorption, the influence of gastric acidity. Calcif Tissue Int 1984;36(3):302-7.
- 26.-** SINGER L & OPHAUG R. Ionic and no ionic fluoride ingestion in the composition and solubility of mineralized tissues of the rat. J Dent Res 1957;36(3):391-8.
- 27.-** STOOKEY GK, CRANE DB & MUHLER JC. Effect of molybdenum of Fluoride absorption. Proc Soc Exp Biol Med 1962;109:580-583.
- 28.-** CREMER H.D & BUTTNER W. Absorption of fluorides in: Fluoride and Human Health. Geneva: World Health Organization, 1970;75-89.
- 29.-** QUAN K, NOPAKUN J, HARRIMAN L & MESSER HH. Fluoride absorption from rat small intestine. J Dent Res 1987;66:318.

- 30.-** EKSTRAND J, EHRNEBO M, & BOREUS LO. Fluoride bioavailability after intravenous and oral administration: importance of renal clearance and urine flow. *Clin. Pharmacol. Ther.* 1978;23:329-337.
- 31.-** TRAUTNER K. AND SIEBERT G. An experimental study of bioavailability of fluoride from dietary sources in man. *Arch Oral Biol.* 1986;31:223-228.
- 32.-** MC CANN HG & BULLOCK FA. The effect of fluoride ingestion on the composition and solubility of mineralized tissue of the rat. *J Dent Res* 1957;36(3):391-8.
- 33.-** STOOKEY GK, CRANE DB & MÖLLER JC. Role of skeleton and kidney in fluoride association in rat. *Proc Soc Exp Biol Med* 1963;113:366-70.
- 34.-** TAVES DR. Electrophoretic mobility of fluoride. *Nature* 1968;220:582-583.
- 35.-** WITFORD GM. The physiological and toxicological characteristics of fluoride. *J Dent Res* 1990;69(Spec Iss):539-49.
- 36.-** EKSTRAND J; ERICSSON Y & ROSELL S. Absence of protein-bound fluoride from human blood plasma. *Arch Oral Biol* 1977;22:229-32.
- 37.-** EKSTRAND J. Relationship between fluoride in the drinking water and the plasma fluoride concentration in men. *Caries Res* 1978;12:123-2
- 38.-** EKSTRAND J, ALVAN G, BOREUS LO & NORLIN A. Pharmacokinetics of fluoride in man after single and multiple doses. *Europ J Clin Pharmacol* 1977;12:311-17.
- 39.-** MURRAY JJ, RUGG-GUNN AJ & JENKINS GN. Fluorides in caries prevention. Third edition, Wright 1991.

- 40.-** WHITFORD GM, PASHLEY DH & REYNOLDS KE. Fluoride tissue distribution: short-term kinetics. *Am J Physiol* 1979;236:F141-F148.
- 41.-** WHITFORD GM. Intake and Metabolism of Fluoride. *Adv Dent Res* 1994;8(1):5-14.
- 42.-** WHITFORD GM. The physiological and toxicological characteristics of fluoride. *J Dent Res* 1990;69(Spec Iss):539-49.
- 43.-** NEWBRUNT. Fluorides and Dental Caries. Charles C Thomas Publisher 1986. Third edition.
- 44.-** CARISON CH, ARMSTRONG WD AND SINGER L. Distribution and excretion of radiofluoride in the human. *Proc Soc Exp Biol Med* 1960;104:235-39.
- 45.-** WHITFORD GM, PASHLEY DH & STRINGER GL. Fluoride tissue distribution: short-term kinetics. *Am J Physiol* 1979;236:F141-F148.
- 46.-** WHITFORD GM & PASHLEY DH. The effect of body fluid pH on fluoride distribution toxicity and renal clearance. In: continuing evaluation of the use of fluorides, AAAS selected symposium II, E Hohansen, DR Taves and TO Olsen, Eds. Boulder CO: Westview Press 1979:187-221.
- 47.-** HAMILTON IR. Effects of fluoride on enzymatic regulation of bacterial carbohydrate metabolism. *Caries Res* 1977;11(1):262-291.
- 48.-** MELLBERY JR, LAASKO PV, VICHONSON CR. The acquisition and loss of fluoride by tropically fluoridated human tooth enamel. *Arch Oral Biol* 1966;11:1213-20.
- 49.-** WILLIAMS RAD, ELLIOT JC. Basic and Applied Dental Biochemistry. London, Churchill Livingstone 1979:263-4.
- 50.-** BRUDEVOLD F, NAUJOKS R. Caries preventive fluoride treatment of the individual. *Caries Res* 1978;12(1):52-64.

- 51.-** BELTRAN DE, & BURT BA. The Pre and Posteruptive Effects of Fluoride in Caries Decline. J Public Health Dent 1988;48(4):233-40.
- 52.-** SHELLIS RP & DUCKWORTH RM. Studies on the cariostatic mechanism of fluoride. Int Dent J 1994;44:263-73.
- 53.-** RETIEF DH, HARRIS BE & BRADLEY EL. Relationship between enamel fluoride concentration and dental caries experience. Caries Res 1987;21:68-78.
- 54.-** HARGREARES JA. Water and fluoride supplementation: Consideration for the future. J Dent Res 1990;69 (Spec Iss):756-59.
- 55.-** MEJÍA R, ESPINAL F, VELEZ H, AGUIRRE M. Estudios sobre la fluoruración de la sal. VIII Resultados obtenidos de 1964 a 1972. Bol of Sanit Panam 1976;80:67-80.
- 56.-** GROENEVEL A, VAN E, DIRKS BO. Fluoride in caries prevention: Is the effect pre or post-eruptive?. J Dent Res 1990.
- 57.-** EASLEY WM. Celebrating 50 years of fluoridation a public health succes story. Dental Public Health 1995:72-75.
- 58.-** COX CR. Práctica y vigilancia de las operaciones de tratamiento de agua. Organización Mundial de la Salud, Ginebra 1966.
- 59.-** MANAKER LEWIS. Bases biológicas de la caries dental. Salvat Editores,1986:449-489.
- 60.-** DIRECTOR GENERAL DE LA OMS. La fluoruración y la higiene dental (extracto del informe) 22a. Asamblea Mundial de la Salud. Bol of San Pan 1970;68:535.
- 61.-** NEUBRUN E. Effectiveness of water fluoridation 1989;49(5):279-89.
- 62.-** HAVSEN H. Caries in permanent dentition and social class of children participating in public dental care in fluorated and non fluorated areas. Com Dent and Oral Epidemiology 1981;9:289-291.

- 63.-** AST DB, SMITH DJ, WACHS B, CANTWELL KT. New Burgt-Kington, caries-fluorine study XIV. Combined clinical and roetgenographycal dental, Finding after ten years of fluorides experience. J AM Dent Assoc 1956;52:314-225.
- 64.-** National Institute of Dental Research Recognizes Grand Rapids: Pioneer in Water Fluoridation. Journal of Public Health Dentistry 1989;49:59-63.
- 65.-** DEN BESTEN PK. Dental Fluorosis: Its Use as a Biomarker. Adv Dent Res 1994; 8(1):105-110.
- 66.-** HOROWITZ HS, HEIFETZ SB, DRISCOLL WS, KINGMAN A & MEYERS RJ. A new method for assessing the prevalence of dental fluorosis-the tooth surface index of fluorosis. J Am Dent Assoc 1984;109:37-41.
- 67.-** JOHN A, FLOREZ TRUJILLO. Aspectos epidemiológicos de la fluoruración. Medellín Colombia, Universidad de Antioquía, Escuela Nacional de Salud Pública 1973: 1-100.
- 68.-** SMITH MC, LANTZ EM, SMITH HV. The causae of mottled enamel. J Dent Res 1931;12:149.
- 69.-** PENDRYS DG. Risk of Fluoridated Population. Implications for the Dentist and Hygienist. JADA 1995;126:1617-1624.
- 70.-** FORSMAN B. Early supply of fluoride and enamel fluorosis. Scand J Dent Res 1977;85:22-30.
- 71.-** SUTTIE JW, CARLSSON JR & FALTIN EC. Effect of alternating periods of high and low fluoride ingestion on dairy cattle. Jdairy Sci 1972;55:790-804.
- 72.-** SÁNCHEZ CASTILLO J, GÓMEZ CASTELLANOS A. El problema de la Fluorosis en México. REV ADM 1973;30(2):184-185.

- 73.-** LOZANO MONTEMAYOR VM. Fluorosis Dental en Ensenada, Baja California. REV ADM 1992;49(6):340-344.
- 74.-** GARCÍA SOLÍS NMR, OVALLE CASTRO JW. Grado de fluorosis dental de pacientes en la Universidad del Bajío. REV ADM 1994;51(3):162-168.
- 75.-** LEVY MS, KOHOUT JF, KIRISTY CM, HEILMAN RJ, WEFEL SJ. Infants' Fluoride Ingestion from Water, Supplements and Dentifrice. JADA 1995;126:1625-1632.
- 76.-** DEN BESTEN P.K. Dental Fluorosis: ITS USE AS A BIOMARKER. Adv Dent Res 1994;8(1):105-110.
- 77.-** Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. Secretaría General de Obras. Departamento del Distrito Federal. Agua. Estrategias para la ciudad de México. México 1994,31pp.
- 78.-** Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. Secretaría General de Obras. Departamento de Distrito Federal. Memorias. Programa de uso eficiente del agua. 5a. Edición, México, 1994, 51pp.
- 79.-** Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. Departamento del Distrito Federal. El sistema hidráulico del Distrito Federal. Un servicio público en transición. 1a. Edición, México, 1982.
- 80.-** Vigilancia de la calidad del agua en el Distrito Federal. Laboratorio Central de Control de la Calidad del Agua. 1a. Edición, México, 1994,22pp.
- 81.-** SECRETARÍA DE SALUD. Norma Oficial Mexicana NOM-1271-SSA-1994. Salud Ambiental, agua para uso y consumo humano-límites

permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.

82.- SECRETARÍA DE SALUD. Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-1994. Para la Prevención y control de Enfermedades Bucales.

83.- APHA, AWWA, WPCF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Días de Santos. Madrid España 1992.

84.- ORION. Orion Research Incorporated Laboratory Products Group. Model EA 940. Expandable ionalyzer Instruction Manual 1991.

85.- ORION. Orion Research Incorporated Laboratory Products Group. Model 94-09, 96-09. Fluoride/Combination Fluoride electrodes. Instruction Manual 1991.