



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

"FLUORUROS EN AGUAS DE CONSUMO EN LA CIUDAD DE SAN LUIS
POTOSI Y AREA CONURBADA CON EL MUNICIPIO DE
SOLEDAD DE GRACIANO SANCHEZ."

TRABAJO RECEPTACIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACOBIOLOGO

P R E S E N T A N

ALMA GUADALUPE DE LIRA SANTILLAN

BEATRIZ NIETO AHUMADA

31
5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI, S.L.P.,

1989



T

QP981

.F55

L4

C.1



1080075060



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

**"FLUORUROS EN AGUAS DE CONSUMO EN LA CIUDAD DE SAN LUIS
POTOSI Y AREA CONURBADA CON EL MUNICIPIO DE
SOLEDAD DE GRACIANO SANCHEZ."**

TRABAJO RECEPCIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACOBIOLOGO**

P R E S E N T A N

ALMA GUADALUPE DE LIRA SANTILLAN

BEATRIZ NIETO AHUMADA

SAN LUIS POTOSI, S.L.P.,

1989

T
D.P. 981
FSS
LH





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
AV. DE LOS POETAS No. 6 TELEFONO 3-07-12
SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P.

SRITAS.
ALMA GUADALUPE DE LIRA SANTILLAN
BEATRIZ NIETO AHUMADA
P R E S E N T E.

Por la presente me permito informar a ustedes, que el H. Consejo Técnico Consultivo de la Facultad de Ciencias Químicas tuvo a bien aprobar en sesión ordinaria de fecha 26 de Enero del presente año su tesis de Tesis titulado: "Fluoruros en Agua de Consumo en la Ciudad de San Luis Potosí y area conurbana de Soledad de Graciano Sánchez", y así poder titularse en la Carrera de Químico - Farmacobiólogo.

Sin otro particular, me es grato quedar de ustedes,

A t e n t a m e n t e

EL SECRETARIO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS.

IQ. ROGELIO ARMANDO COLUNGA REYNA.

*phf.

**Este trabajo se realizó en el Laboratorio de
Investigación en Ingeniería Química del
Centro de Investigación y Estudios de
Posgrado de la Facultad de Ciencias Químicas**

U. A. S. L. P.

AL DR. PEDRO MEDELLIN MILAN

Por su asesoría y colaboración en la realización del presente trabajo.

Un agradecimiento muy especial a una mujer que admiramos por el entusiasmo que pone en su trabajo y el valor humano que nos ofrece a quienes de una u otra manera hemos tenido el gusto de convivir con ella, gracias:

Q.F.B. Ma. Catalina Alfaro de la Torre

Nuestra asesora en este trabajo, quien nos ha brindado su confianza y apoyo. Con quien estaremos siempre en deuda.

CON DEDICATORIA ESPECIAL PARA NUESTRA :

ESCUELA

MAESTROS

AMIGOS Y COMPANEROS

Al Centro de Investigación y Estudios de Posgrado y al Centro de computación de la Facultad de Ciencias Químicas. A las Dependencias Gubernamentales, Municipales y Universitarias, por su gran apoyo y colaboración.

A la M. I. Ma. Isabel Sarabia Meléndez de la Facultad de Ingeniería de San Luis Potosí, por su importante participación en la realización de este trabajo.

Con inmensa gratitud e infinita ternura
a mis dos más valiosos amigos:

MIS PADRES

Alma Silvia Santillán de De Lira

Alberto De Lira López

que me enseñaron que con esperanza, fortaleza y
confianza todo se logra en esta vida.

A MIS HERMANOS:

Alberto de Jesús

Gerardo

Norma

Juan Antonio

y Héctor Alejandro

Con todo el amor de hermana

A MIS QUERIDOS PADRES :

Paulina Ahumada Martinez

Francisco Nieto Ovalle

Con profundo cariño y eterna gratitud

A MIS QUERIDOS HERMANOS :

Fco. Javier

Fco. Arturo

Araceli

Alejandro

Victor Manuel

Paulina

Ma. de Jesus

Rocio

Por su gran apoyo y cariño que siempre me dan, y en especial a mi hermana Araceli, por su gran ayuda durante toda mi carrera.

INDICE

Capítulo	Pag.
INTRODUCCION	1
I ANTECEDENTES	
1.1 Antecedentes históricos	3
1.2 Fluoruros en los abastecimientos de agua en la República Mexicana	7
1.3 Importancia de la temperatura	11
1.4 Aspectos generales de los abastecimientos de agua potable en la Ciudad de San Luis Potosí, S.L.P. y Area Conurbada con Soledad de Graciano Sánchez	13
1.5 Corriente termal	15
II REVISION BIBLIOGRAFICA	
2.1 Fuentes Naturales de Fluoruro	19
2.2 Mecanismo de Acción	21
2.3 Concentración Optima de Fluoruros en Agua Potable ..	26
2.4 Acción Tóxica de los Fluoruros	28
III MATERIALES Y METODOS	
3.1 Muestreo y almacenamiento	33
3.1.1 Metodología de muestreo	34
3.2 Metodología de análisis	35
3.2.1 pH	35
3.2.2 Temperatura	35
3.2.3 Carbonatos	36
3.2.4 Conductividad	36
3.2.5 Dureza. Método titulométrico con EDTA	37

	3.2.6 Alcalinidad. Método potenciométrico	42
	3.2.7 Fluoruros. Método electrométrico de 16n selectivo	45
	3.3 Muestreo y análisis de refrescos	50
IV	RESULTADOS	51
V	DISCUSION DE RESULTADOS	63
VI	CONCLUSIONES	66
	ANEXO 1	67
	ANEXO 2	70
	ANEXO 3	73
	BIBLIOGRAFIA	74

INTRODUCCION

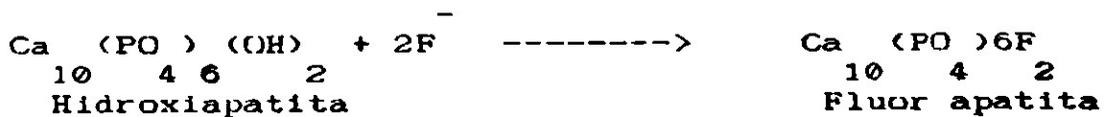
El flúor es un gas muy activo que se combina con otros elementos para formar fluoruros, en su forma elemental es prácticamente inexistente en la naturaleza, pero sus compuestos son abundantes. El flúor constituye aproximadamente el 0.077% de la Corteza terrestre y ocupa el 13avo. lugar de los elementos que la constituyen en orden de abundancia. En el agua de mar su concentración es de 1.4 mg /L y constituye así el décimo tercer elemento en orden de concentración. En el cuerpo humano sólo hay trazas de este elemento (Maier, 1971). Existe en los huesos (0.2 a 0.5%), y en el esmalte de los dientes (0.33 a 0.59%) (Salvat, 1978).

En la Naturaleza el ión flúor se localiza en el agua, debido a que se pone en contacto con los lechos rocosos, en los suelos formando sales, en los alimentos como carnes de pescado, frutas, vegetales y cereales (López, 1988).

Fisiológicamente el fluoruro tiene mayor afinidad al tejido duro.

En el hombre, el fluoruro ingerido en el agua de bebida se absorbe en más de un 95%, pero su retención en los tejidos es variable, dependiente de la edad y de la nutrición. En los niños con tejidos duros en formación, se retiene el 50% de la dosis diaria y en los adultos del 2 al 10%. Su absorción es favorecida por el pH ácido (1 a 3) del medio. La presencia de Calcio, elemento importante de una buena dieta, disminuye su absorción, formando un compuesto insoluble (De Borgadello, 1979).

A través de los líquidos orgánicos circulantes, se deposita en los cristales de la hidroxiapatita del esmalte dental de la siguiente manera:



en cantidades ideales la fluor -- apatita ofrece cierto grado de resistencia a la solubilidad en los ácidos de la boca, previniendo así la formación de la caries dental (López, 1989).

El riñón encargado de mantener el equilibrio fisiológico del organismo, elimina el flúor no retenido por los tejidos. Sin embargo, no hay evidencia de alteraciones renales (De Borgadello, 1979).

La deficiencia de fluoruros en la dieta, aunada a mala alimentación e inadecuada higiene bucal, es causa de caries dental. Por ello algunos países entre ellos México fluoruran el agua de consumo cuando ésta no alcanza la cantidad óptima de 1 ppm, como medida preventiva de caries, en algunas comunidades (De Borgadello, 1979, Gómez, 1983).

Algunas comunidades cuentan con abastecimientos de agua, profundos de tipo termal en donde la concentración de ión fluoruro excede a lo óptimo, causando efectos adversos a nivel dental. La fluorosis dental se caracteriza por el aspecto opaco o moteado café y en algunas ocasiones fisurado el esmalte. El efecto es más grave cuando la concentración de flúor en el agua alcanza valores de 4 hasta 6 ppm el esmalte se hace astillable. En concentraciones superiores a 10 ppm es causa de fragilidad ósea. Afortunadamente casi ninguna comunidad en México excede de 6 ppm de Fluoruro (López, 1989. William, 1980).

Las aguas de consumo en la Ciudad de San Luis Potosí contienen niveles apreciables de fluoruros. Casi el 40% de los pozos en uso tienen concentraciones entre 3 y 4 ppm. Se asocia con esto la aparición de fluorosis dental. Por esta razón, es necesario el planteamiento de estrategias de remoción de fluoruros en el agua a niveles óptimos.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

El ión flúor es un elemento que en concentraciones traza es indispensable para el organismo, pero que a concentración alta provoca afecciones dentales y óseas principalmente (De Borgadello, 1979).

Su adición al agua de bebida a una concentración adecuada se usa como medida profiláctica contra la caries dental. A elevadas concentraciones provoca fluorosis dental, alteraciones óseas, renales, hepáticas e incluso hemáticas, sin embargo la ausencia de éste ión provoca también afecciones dentales y óseas.

De ahí la importancia y el interés dado a la investigación del flúor.

Los antecedentes indican que Marggraf, en 1768 y Sheele en 1771, fueron los primeros en realizar estudios sobre la química del flúor.

Morichini, en 1803 demostró la presencia de este elemento en los tejidos duros de los colmillos de los elefantes fosilizados, y fué hasta 1886 que Moisson logró obtenerlo (De Borgadello, 1979).

El Doctor John Macauley Eager fué el primero en dar un informe clínico sobre el moteado de los dientes y su origen en las condiciones geológicas imperantes en Nápoles, en el año de 1901, y aseguraba que el Profr. Stefano di Chiaie, fué el primero en observarlo, por lo que en su honor se le llamó "Denti di Chiaie".

Además Eager localizó una área cercana a Nápoles "Santa Lucia", donde existía el defecto dental, y en la población de Pozzouli, los habitantes tenían los dientes totalmente negros.

Se describió además una variante de manchado dental "Denti scritti" caracterizado por una línea negra que atravieza los incisivos (Arciniega).

En 1903 y 1912 el Doctor Vicenze Guerini, informó de lesiones semejantes en la Costa de Italia atribuyendo el defecto al agua de bebida.

En los años de 1913 y 1914, los químicos franceses Goutier y Clausmann, fueron los primeros en analizar fluoruros en agua, suelos, productos alimenticios, y especímenes biológicos, comprobando altas concentraciones de flúor en una zona cercana a Nápoles sin descubrir que este era el elemento que causaba la lesión dental (Maier, 1971 , Arciniega).

En los Estados Unidos de Norteamérica el Doctor Frederick McKay estudió dicho deterioro dental, desde 1901, llamándole "Mancha de Colorado" en honor a la ciudad en que se encontró. Realizó estudios en Italia , pero sin comprobar lo dicho por Eager, sin embargo en la población de Resina, encontró el mismo deterioro dental, sólo que en lugar de las manchas café que él había observado en E.E.U.U. tenían los dientes negros, y que sólo eran afectados los adultos ya que se había realizado un cambio de los abastecimientos.

En 1926, Frank Hannan, químico de la planta potabilizadora de Toronto, Ontario, sugirió y publicó que los elementos minerales que se sabe son comunes tanto al agua como al esmalte dental son principalmente: el calcio, el fósforo y el flúor. Esta sugerencia fué rechazada por el Doctor McKay, pero en 1928 él mismo lo afirmó.

De de varios estudios realizados tanto en Italia como en su país Mackay concluyó que el deterioro podía ser causado por una sustancia contenida tanto en aguas subterráneas como superficiales, presumiblemente el flúor, y así llegó a establecer que:

- 1.- El esmalte moteado sólo se produce durante el período de calcificación de los dientes y no más tarde, después de cierta edad (aproximadamente 12 años), no se producen dentaduras moteadas sin importar la concentración de flúor en el agua de consumo.

- 2.- Una vez que aparecen esas lesiones, no pueden corregirse ni durante el período de calcificación ni después. No existe tratamiento médico ni dietético que pueda aminorar ese deterioro.

- 3.- Parece ser que el flúor es el único agente que ordinariamente forma parte de la dieta, que tiene influencia en la formación del esmalte dental.

- 4.- Una vez concluida la calcificación, la estructura del esmalte permanece inalterable a pesar de cambios en la dieta.

El Doctor H.V. Churchill examinó muestras de agua en zonas endémicas de moteado dental, demostrando que contenían fluoruros invariablemente en 2 mg/L o más, en el año de 1935. En ese mismo año, los doctores H.V. Smith, M.C. Smith y E.M. Lantz en Pittsburgh, Pensilvania, y Arizona respectivamente, duplicaron las lesiones en ratas, dándoles a beber agua con un alto contenido de fluoruros naturales, y comparando los resultados de las lesiones con otras, causadas por una dieta rica en fluoruros. Simultáneamente H. Velú en Africa del Norte, demostró que el moteado se lograba producir en animales, si ingerían agua saturada de fluoruros naturales produciendo lesiones similares a las que aparecían al administrar una dieta con fluoruros. (Maier, 1971, Natale, 1975).

Con los anteriores experimentos quedó ampliamente demostrado que el causante del manchado dental es el ión fluoruro, llamándolo desde entonces "fluorosis dental".

De posteriores estudios y análisis el Doctor H. Trendley Dean concluyó:

1.- Cuando el nivel de fluoruros excede a 1.50 mg/L aproximadamente, cualquier incremento no disminuye en forma significativa la incidencia de dientes cariados, perdidos y obturados (Índice CPO) pero si incrementa la ocurrencia y severidad del moteado.

2.- Al nivel de 1.00 mg/L existe la reducción máxima de caries.

3.- A niveles de fluoruro inferiores a 1.00 mg/L se registran algunos beneficios, pero la reducción de la caries no es significativa y decrece gradualmente conforme disminuye el nivel de fluoruros.

De acuerdo a estas consideraciones en 1945, en los Estados Unidos se instituyó oficialmente la fluoruración controlada de los abastecimientos con bajo contenido de flúor como una medida preventiva de caries dental.

En México la primera observación de dientes moteados fué hecha por Kuhns en 1888, en una familia que había residido en el estado de Durango, pero atribuyó el deterioro dental al hierro y no al fluoruro, comprobándose después un alto contenido de fluoruros en los abastecimientos de agua potable de esta ciudad. (Eager, 1971, Arciniega).

Forman, en 1974, reportó que un 80% de los dientes temporales son dañados cuando el agua contiene 5.00 ppm. de fluoruro.

En 1977 Richardson y Thykstrup en 1978, reportaron fluorosis dental en dientes caducos, en zonas donde el nivel de fluoruro superior al nivel óptimo recomendado. (Talamante - Valencia, 1988).

1.2 FLUORUROS EN LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA EN LA REPUBLICA MEXICANA

En México se inició la fluoruración controlada de los abastecimientos en Los Mochis, Sinaloa, posteriormente Veracruz y Villa Hermosa en 1964 y 1965. En 1970 y 1971 se incorporan al sistema 11 ciudades incluyendo el Distrito Federal.

Una parte de la Unidad habitacional Nonoalco, Tlatelolco, fluoruraba sus abastecimientos desde 1964.

Entre las ciudades que tienen sistemas de fluoruración se encuentran: Mérida, Villa Hermosa, Tampico, Ciudad Madero, Monterrey, Ciudad Juárez, Mazatlán, León, Los Mochis, Distrito Federal y Morelia (Arciniega).

Sin embargo, existen ciudades donde la concentración de flúor en el agua de consumo es alta, por contaminación natural de sus fuentes de abastecimiento, entre estas ciudades podemos citar: Aguascalientes, Durango, Ensenada, Baja California, etc, incluyendo nuestra ciudad, donde la alta concentración de flúor representa problemas de salud, sobre todo a nivel dental y óseo (López, 1988).

En San Luis Potosí los primeros antecedentes datan de 1965, por el Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la U.A.S.L.P. quien realizó un estudio de la concentración de flúor en los diferentes abastecimientos de la ciudad, reportando valores hasta de 4.00 mg F⁻/L según la tabla 1 (Villalobos, 1965).

Hacia 1983, se publicó otro trabajo realizado por el mismo Instituto donde se reportó un pozo (Col. San Felipe) con 11 ppm. de fluoruro, que fué clausurado por constituir un alto riesgo en la salud de los consumidores. Ver tabla 2 (Villalobos, 1983).

TABLA 1

CONTENIDO DE F⁻ EN AGUAS DE CONSUMO DE LA
CIUDAD DE SAN LUIS POTOSI. 1965.

ABASTECIMIENTO	CONCENTRACION DE F ⁻ EN PPM				RESULTADOS MAS REPRESENTATIVOS
	PRUEBAS VERIFICADAS EN DILUCIONES				
	1/10	1/4	1/2	S/DIL	
Agua de las presas, antes de la planta de tratamiento			0.4	0.35	0.4
Agua de las presas, en la red de distribución			0.3	0.25	0.3
POZOS PROFUNDOS CUYAS AGUAS SON INYECTADAS A LA RED DE DISTRIBUCION					
Caja de Agua			0.80	0.75	0.75
Alameda			0.85	0.85	0.85
Internado Damián Carmona		1.20	1.10		1.10
Xicotencatl y P. Rosas		1.00	0.80	0.80	0.80
Calle Nuñez	3.50	3.60	4.00		3.60
P. Arriaga y P. Montoya		2.80	2.80		2.80
Tlaxcala		0.40	0.40	0.35	0.40

**CONTENIDO DE F⁻ EN AGUAS DE CONSUMO DE LA
CIUDAD DE SAN LUIS POTOSI, 1965. (CONTINUACION).**

POZOS FUERA DE LOS LIMITES DE LA CIUDAD , AGUAS NO INYECTADAS A LA RED DE DISTRIBUCION				
Química Potosí (pozo profundo)	3.50	3.50	3.40	3.40
A. P Green (pozo Profundo)	3.50	3.40	3.40	3.40
Allis Chalmers			2.40 2.20	2.40
Gasolinera (junto M. Cactus)		0.60	0.50 0.45	0.50
NUESTRAS TOMADAS DE LA RED DE DISTRIBUCION EN LA CIUDAD				
San Miguelito (calle Fuero)			0.75 0.75	0.75
San Sebastián (Lerdo de Tejada)			0.40 0.35	0.35
Centro calle Madero			0.35 0.30	0.30
Jardín Santiago			0.60 0.60	0.60
Plaza de fundadores		0.40	0.40 0.25	0.40
POZOS NO PROFUNDOS DENTRO DE LA CIUDAD				
Tequisquiapam (Anáhuac)			0.80 0.60	0.70
Alameda			0.30 0.25	0.40
Centro (Obregón)			0.50 0.45	0.45
Centro (Universidad)			0.50 0.45	0.45
Agua embotellada Hialina			0.40 0.45	0.45

TABLA 2

EL CONTENIDO DE FLUORUROS EN LAS AGUAS QUE ABASTECEN
LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ, 1974

Pozo Profundo (localización)	Conduc. umhos 25°C	F- p. p. m.
Internado Damián Carmona	350	3.40
Calle Xicoténcatl esq. Fernando Rosas	250	0.50
Alameda	170	0.90
Caja de Agua	200	1.00
Tlaxcala	150	0.30
Calle Pedro Montoya	250	1.10
Calle Muñoz	350	4.20
Retornos 1 (Industrial Aviación)	200	0.70
Retornos 2 (Industrial Aviación)	250	1.00
Retornos 3 (Industrial Aviación)	200	0.70
Colonia Industrial Aviación	240	1.80
Leonel	350	3.60
Carretera Central Km 417	240	1.80
Industrial Papelera	350	3.00
Calle Manuel José Othón	250	0.30
Calle Valentín Amador	250	0.30
Colonia Industrial	200	0.20
Colonia Ponciano Arriaga (depósito)	200	0.30
Colonia W	150	0.50
Florida	250	1.00
S. Nicolás de los Jasso (depósito)	420	0.90
Colonia San Felipe (jardín)	360	11.00
Colonia San Felipe (pozo c. Soledad)	200	0.40
Tercera Grande	250	0.40
El Morro (S.D.G.)	150	0.20
Agua Hialina	150	0.40
Vertedero Presa San José	150	0.40

1.3 IMPORTANCIA DE LA TEMPERATURA

La concentración óptima de fluoruros para una comunidad dada, depende en cierta medida de las condiciones climáticas existentes, ya que la ingesta de agua (por lo tanto de flúor) aumenta o disminuye según varíe la temperatura del aire.

Los efectos adversos en la salud de los consumidores de agua potable con exceso de flúor, y el hecho que los métodos usuales para la potabilización no remuevan este ión, obliga a mantener las concentraciones recomendadas para las fuentes de abastecimiento público de aguas (EPA, 1972, Ciancio, 1984).

Según un informe del Observatorio Metereológico de la Facultad de Ingeniería de la U.A.S.L.P. (1974 - 1986) la temperatura media máxima en nuestro estado, es de 24.40°C como puede verse en la tabla 4.

Por lo tanto se deduce, que la concentración de flúor recomendada como óptima en el agua de bebida en nuestro Estado es de 0.80 ppm, aceptando un rango de variación de 0.70 a 1.00 ppm. (Tabla 3)

TABLA 3

LIMITES DE LA TEMPERATURA Y LA CONCENTRACION RECOMENDADOS DE FLUORUROS

Promedio anual de la temperatura máxima diaria °C	Concentración de fluoruro ppm	
	Optima	Límite aceptable
10.00 - 12.10	1.20	0.90 - 1.70
12.20 - 14.60	1.10	0.80 - 1.50
14.70 - 17.80	1.00	0.80 - 1.20
17.80 - 21.40	0.90	0.70 - 1.20
21.50 - 26.20	0.80	0.70 - 1.00
26.30 - 32.50	0.70	0.60 - 0.80

TABLA 4

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI.
 FACULTAD DE INGENIERIA
 AREA AGROGODESICA

OBSERVATORIO METEOROLOGICO

ESTACION FAC. DE INGENIERIA
 ESTADO SAN LUIS POTOSI S.L.P

LONGITUD 101° 01' 02"

TEMPERATURA MEDIA
 MAXIMA °C

ALTITUD 1900 M.S.N.M.

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1974	22.7	22.9	25.8	26.1	28.3	24.9	22.8	24.8	22.7	20.7	21.2	19.1	23.5
1975	21.0	22.0	26.4	(27.2)	28.5	20.0	22.6	22.8	21.0	22.6	22.5	19.6	(23.0)
1976	20.8	22.1	25.7	25.7	26.8	24.9	21.3	22.0	24.6	21.2	17.5	17.8	22.5
1977	19.9	21.7	26.7	23.3	27.0	26.6	24.1	25.5	24.9	23.7	21.5	22.7	24.0
1978	21.5	20.4	24.8	29.7	30.0	27.0	25.9	24.7	23.5	21.6	23.2	22.4	24.6
1979	20.9	21.8	25.6	27.6	30.1	26.9	28.0	24.0	23.6	27.5	21.6	19.6	24.8
1980	21.0	22.2	28.0	27.0	30.8	28.4	27.5	27.2	25.5	23.8	21.2	19.6	25.2
1981	17.6	20.4	24.8	26.5	29.0	26.5	25.6	25.9	25.0	25.0	24.3	21.7	24.3
1982	23.6	25.1	28.3	30.2	28.6	30.7	26.0	27.0	27.7	23.5	22.6	19.9	26.4
1983	17.8	22.1	25.5	29.1	30.6	29.4	24.2	26.3	24.8	24.6	24.6	22.7	25.1
1984	19.5	21.2	26.9	29.8	27.2	27.8	23.0	27.1	21.8	25.7	23.3	21.5	24.6
1985	20.4	23.5	26.8	26.2	30.0	26.0	24.0	26.7	25.7	25.6	23.9	21.2	23.0
1986	20.9	24.6	24.4	29.1	29.4	26.2	25.2	26.8	26.2	23.4	23.7	20.6	25.0
PROM.	20.6	22.3	26.1	27.5	28.9	26.6	24.6	25.5	24.4	23.8	22.4	20.6	24.4

1.4 ASPECTOS GENERALES DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSI S.L.P. Y AREA CONURBADA CON SOLEDAD DE GRACIANO SANCHEZ

La población de la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P. es aproximadamente de un millón de habitantes y para abastecerle de agua potable se cuenta con 62 pozos de tipo profundo, los que sin previo tratamiento distribuyen directamente a la red general de abastecimiento, debido a su proceso de filtración natural y calidad aceptable. También se cuenta con una planta potabilizadora "Los Filtros", que es alimentada principalmente por la Presa "San José". (Coordinación del Agua Potable, 1986).

Los pozos están ubicados en diferentes puntos de la ciudad: 12 pertenecen a la zona termal, 3 al rebombeo del Tangamanga, y los 47 restantes dentro de la zona urbana; de los 62 existentes, 60 pozos están equipados y en disponibilidad de operación y de éstos se encuentran 59 pozos operando en condiciones normales. Incluyéndose los pozos recién entregados al Municipio.

El caudal promedio de producción de los pozos es de 2280 l.p.s., y el de extracción de presas es de 220 l.p.s. haciendo un total de 2500 l.p.s. (Coordinación de agua Potable, 1989.).

Los pozos de la Zona Termal mandan su producción a un Tanque de Recolección San Leonel ubicado en la misma zona, de donde se distribuye a la red general de distribución por medio de una línea de conducción de 24 pulgadas de diámetro con 3 Km de longitud aproximadamente.

Los tres pozos cercanos al Rebombeo de Tangamanga llevan su producción durante 21 horas al Parque del mismo nombre y las tres horas restantes inyectan a la tubería de 24 pulgadas que conduce al Tanque de San Leonel.

Los pozos faltantes mandan su producción directamente a la Red General de Distribución en sus diferentes puntos de ubicación por medio de un complejo sistema de tuberías y conductos de diferentes diámetros y longitudes.

La Planta Potabilizadora "Los Filtros" utiliza un proceso de Clarificación y Filtración rápida , seguidos de uno de desinfección con cloro gaseoso . La planta tiene una capacidad de 220 l.p.s., y su producción se manda a la red general de distribución. Estos procesos de potabilización no remueven fluoruros. (Coordinación del Agua Potable, 1986 - 1989).

En la zona conurbada de la ciudad de San Luis Potosí con el municipio de Soledad de Graciano Sánchez, se encuentran funcionando 18 pozos.

1.5 - CORRIENTE TERMAL

La población de la ciudad de San Luis Potosí S.L.P., es abastecida con agua potable en un 90% de pozos de tipo profundo y en un 10% de presas.

Se han examinado hidrogeoquímicamente (1974), las aguas subterráneas de San Luis Potosí, encontrándose que su origen no es local, y que la corriente termal es alterada con infiltraciones laterales procedentes del Oeste y Poniente provocando que drene hacia el Noroeste. Figura 1.

La temperatura del agua registra una variación de $27 \leq T^{\circ} \leq 41$ cuando la temperatura ambiente media anual es de 17.60°C , lo que indica que aún drene por capas calientes. El promedio de temperatura del agua es de 33°C .

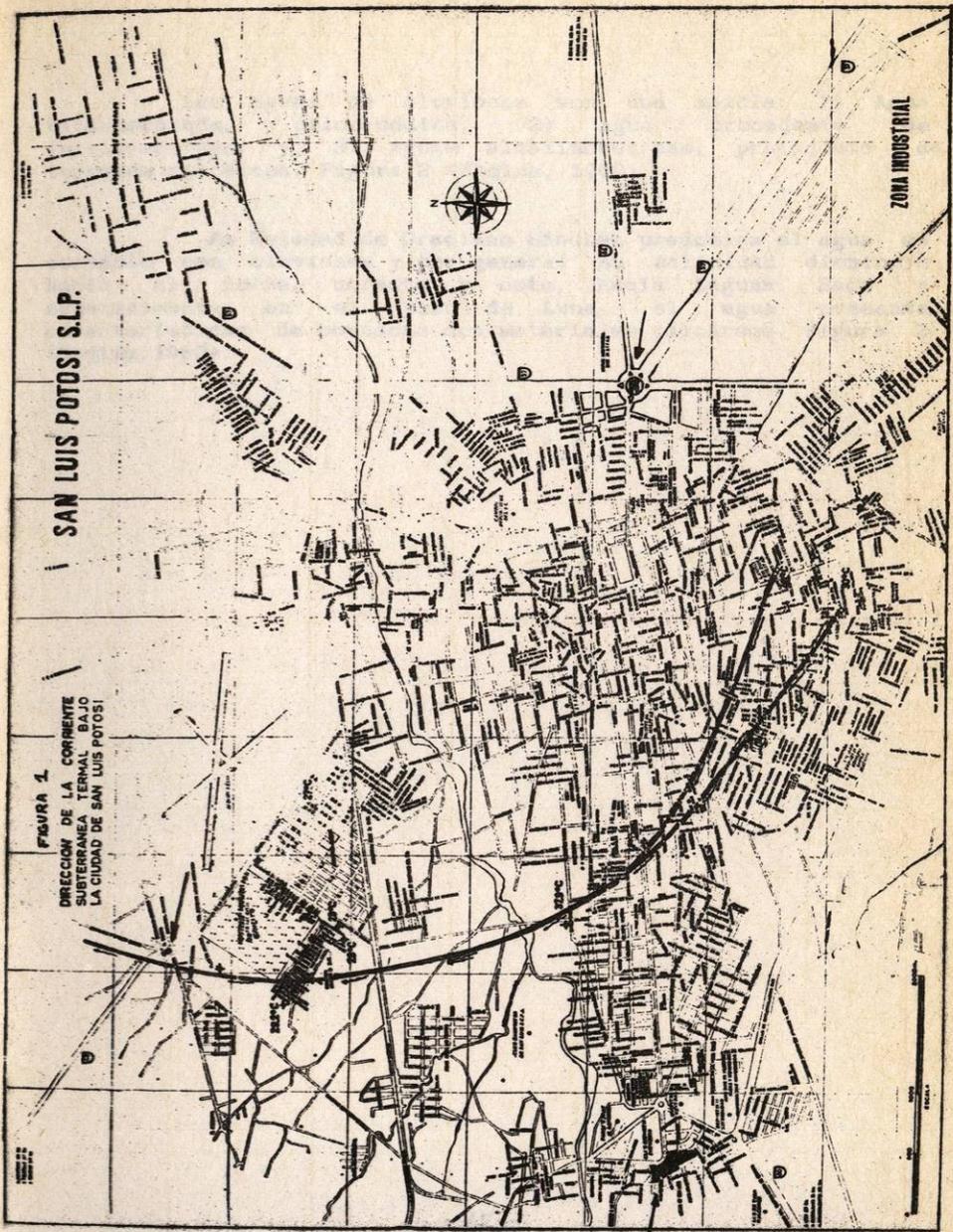
Las aguas subterráneas presentan mineralizaciones bajas de 500 mg de sales totales por litro de agua, pH neutro, dureza y alcalinidad bajas y poca concentración de Magnesio, indicándonos aguas procedentes de terrenos volcánicos. (Medina, 1976).

Hacia el sur de la ciudad es notorio el predominio de la facie calco - sódica, típica de las aguas en contacto con andesitas (Medina, 1962).

Un análisis de aguas de diferentes pozos de ésta ciudad y de Villa de Reyes en 1974 muestran que existen dos corrientes subterráneas principales. Una de aguas termales y abundantes y otra de aguas tibias y volumen regular, llamada también de aluviones, que pertenecen al mismo acuífero.

La corriente termal procedente de Villa de Reyes que circula lateralmente por la Sierra de San Miguelito y penetra a la ciudad de San Luis Potosí, de Sureste a Noroeste rumbo al Saucito, toca los pozos de Laguna de San Vicente, Zona Termal, Zona Industrial, Fábrica de Cartuchos, Los Vargas y Bustamante, Internado Damián Carmona, Muñoz y García Diego, Saucito.

La profundidad de los pozos actuales rebasa los 300 M con un promedio general de 220 M. (Medina, 1976).



SAN LUIS POTOSI S.L.P.

FIGURA 1.
DIRECCION DE LA CORRIENTE
SUBTERRANEA TERNAL SAJO
LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSI

ZONA INDUSTRIAL

Las aguas de Aluviones son una mezcla: 1) Agua bicarbonatada, calco-sódica, 2) Agua procedente de infiltraciones, y, 3) Aguas alcalinotérricas, procedente de terrenos calcáreos. Figura 2 (Medina, 1962).

En Soledad de Graciano Sánchez predomina el agua en contacto con aluviones y por general su salinidad disminuye hacia el norte, noreste y este, hacia Laguna Seca y especialmente en el pozo de Luna, el agua presenta características de contacto con materiales calcáreos. Figura 2 (Medina, 1962).

CAPITULO II

REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 FUENTES NATURALES DE FLUORURO

La mayoría de los minerales que contienen fluoruros son formas de, espato flúor CaF_2 , criolita F_3AlNa_3 , y la apatita $\text{F}_2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}$. Puede suponerse, entonces, que casi todas las aguas que contienen fluoruros proceden de su infiltración sobre y a través de dichos minerales, que se disuelven en ellas a su paso.

Es casi imposible identificar con certeza el compuesto que constituye la fuente de iones de flúor en el agua debido a las enormes cantidades y variedades de minerales de flúor que están diseminados en la corteza terrestre. La mayor parte de las aguas naturales contienen fluoruros.

Las aguas superficiales contienen aproximadamente 0.3 mg/L de fluoruro. La contaminación de estas con desechos industriales, en particular de las industrias del acero, aluminio y los fertilizantes, o bien con aguas negras puede incrementar el nivel de fluoruros.

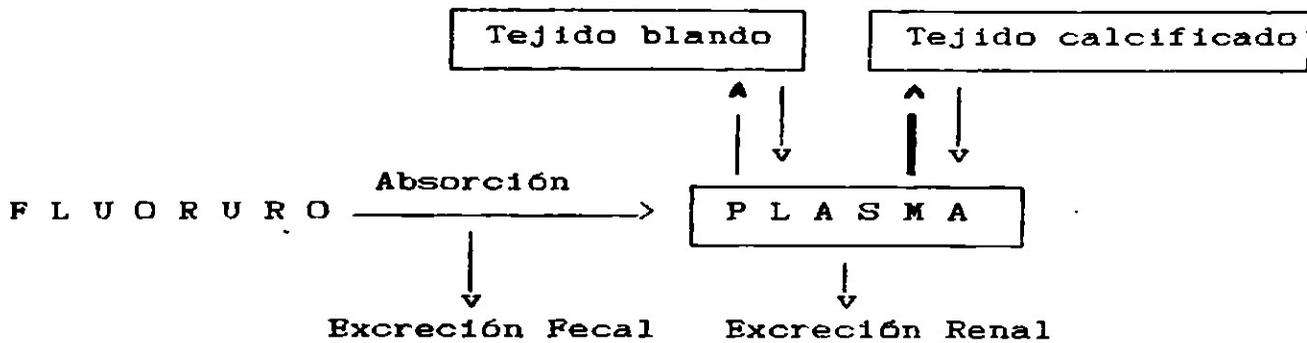
Algunas aguas subterráneas (manantiales y pozos) tienen una concentración elevada de fluoruro. En aguas de pozo la presencia de fluoruros se debe principalmente al espato flúor, fosforita o criolita. Las aguas subterráneas al pasar por depósitos de estos minerales que contienen flúor, disuelven pequeñas cantidades, constituyendo así la fuente de contaminación natural del agua.

Los depósitos de fluoruros pueden encontrarse a gran distancia de donde se encuentra el agua que los ha disuelto. El espato flúor por lo general es encontrado en venas subterráneas en particular donde hay fallas de piedra caliza. Se sugiere que estos depósitos se deben a que las aguas termales que contienen fluoruros ascienden y diseminan por brechas y cavidades de piedra caliza; al enfriarse, las sales de flúor solidifican llenando vacíos. Estos depósitos son muy frecuentes y abundantes y probablemente son la fuente de fluoruro de la mayoría de las aguas de pozo.

La fosforita contiene cantidades abundantes de fluoruros. Este mineral, esta contenido por lo general en grandes depósitos, en muy pocas y muy aisladas regiones como depósitos de sedimentos marinos (Maier, 1971).

2.2 MECANISMO DE ACCION.

La principal vía de distribución, absorción y eliminación de fluoruro en el cuerpo humano es la siguiente:



El fluoruro es absorbido del tracto gastrointestinal a la sangre, después es depositado casi totalmente o excretado por el riñón; ambos mecanismos contrarrestan los incrementos, significativos de fluoruros en plasma. En condiciones favorables aproximadamente el 90 % del fluoruro ingerido se absorbe en el estómago; pero solo parte se retiene en los tejidos. Su absorción es retardada por los iones metálicos que se complejan con el ión fluoruro como por ejemplo: Ca^{++} , Mg^{++} y Fe^{++} (Stanley, 1986)

Experimentos realizados en animales sugieren que la magnitud del efecto del Mg^{++} es de gran consideración ya que interacciona con el fluoruro a nivel intestinal provocando probablemente la formación de un complejo insoluble. Por tanto una baja concentración de magnesio realza la absorción mientras que una alta concentración significa una reducción en la absorción de fluoruro. De manera semejante el ión fluoruro interacciona con otros elementos, formando el complejo insoluble correspondiente.

La presencia de cloruros en la dieta, regula el mecanismo de absorción del fluoruro, evitando así, la retención de grandes cantidades en el hueso, sin a llegar causar deficiencia ni de uno ni del otro (Cerklewski, 1986, Cerklewski, 1987)

Las dietas ricas en proteínas incrementan la acidez gástrica favoreciendo la absorción de fluoruro como ácido fluorhídrico en el estómago. Pero no incrementa su retención en el tejido óseo, debido a que también aumenta la velocidad de excreción de fluoruro urinario, por incremento de la velocidad de filtración glomerular (Boyde, 1987)

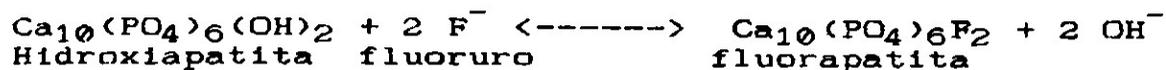
Un gran volumen de fluidos corporales extracelulares diluyen el fluoruro absorbido a una 3a. vía de regulación en el organismo, la elevación de concentración de fluoruro en el plasma. Desde este punto se difunde hacia todos los tejidos. La concentración más alta ocurre en el esqueleto y en el riñón. Estos constituyen las principales vías de remoción de fluoruro en el cuerpo. El depósito en el hueso y la excreción urinaria se efectúan rápidamente, aunque el depósito en hueso es mucho más rápido (Stanley, 1986)

La absorción y retención de fluoruro en los tejidos es variable y depende del estado de maduración del esqueleto.

En individuos jóvenes aproximadamente la mitad de fluoruros ingerida es fijada en huesos y el balance se excreta. En los adultos, que tienen un desarrollo esquelético mínimo, solo el 10 % del fluoruro ingerido se deposita en el hueso, mientras que en niños en crecimiento, es más del 50 % . Cuando se expone a cantidades equivalentes de fluoruro en relación a su peso corporal un niño puede estar mejor protegido que un adulto a resistir un cambio en las dosis debido a la fijación mayor de fluoruros en el esqueleto. Esto permite que el riñón manipule una carga relativamente más pequeña, debido a la eficiencia de los mecanismos corporales de asimilación de fluoruro. Usualmente se presentaran altas concentraciones transitorias de fluoruro en el plasma, sin embargo se tendran los niveles fisiológicos normales aproximadamente 6 hrs. A menos que la dosis sea particularmente alta.

Los fluoruros no son retenidos en los tejidos blandos a menos que contengan calcificaciones ectópicas, esto explicá por que las funciones vitales no se dañan a menos que se consuman altas cantidades de fluoruro (Stanley, 1986).

El fluoruro se retiene principalmente en los tejidos duros, en donde es incorporado a la estructura cristalina de apatita como fluorapatita por sustitución del ión hidroxilo (OH) con fluoruro, según la siguiente reacción:



Aproximadamente del 90 al 99 % del fluoruro total del cuerpo se localiza en el esqueleto como fluorapatita y confiriéndole efectos de protección a la disolución del mineral, y protegiéndolo así de las enfermedades de desmineralización. El fluoruro es incorporado durante la nueva formación del hueso, y es un factor importante de regulación metabólica.

La osteoporosis es una enfermedad de desmineralización ósea, que produce fragilidad e incremento de rotura o fracturas vertebrales por reducción de la masa ósea. El principal efecto de la terapia de los fluoruros es estimular la producción de células óseas (osteoblastos y osteoclastos), estimular el balance positivo del calcio y su acción es aumentar la masa del hueso. Desafortunadamente la terapia esta asociada con efectos importantes como el síndrome de dolor agudo en la extremidad inferior, atribuido a la sinovitis y fascitis química y a una degeneración acelerada debida al padecimiento (Hattab, 1988, Guo, 1988, Wergedal, 1988, Desmond, 1986).

El efecto biológico del fluoruro es principalmente sobre el hueso, el sistema enzimático celular y en menor proporción en el sistema nervioso. Estudios anteriores concluyen que el fluoruro es un componente normal del fluido cerebrospinal y de otras regiones del cerebro.

La concentración normal de fluoruro en sangre es de 0.198 y en plasma de 0.194 ppm, la concentración en el fluido cerebrospinal es similar al de la sangre, aunque este es ligeramente inferior, lo que indica que el paso de fluoruro a través de la corriente de la sangre cerebral por transporte activo es similar al paso de otros halógenos y sustancias iónicas (Huyh, 1988, Brossa 1980).

Es aceptado que el fluoruro es incorporado dentro de la estructura enrejada de cristales de hidroxiapatita en el desarrollo del esmalte en forma semejante a la del hueso. (Fig. 3)

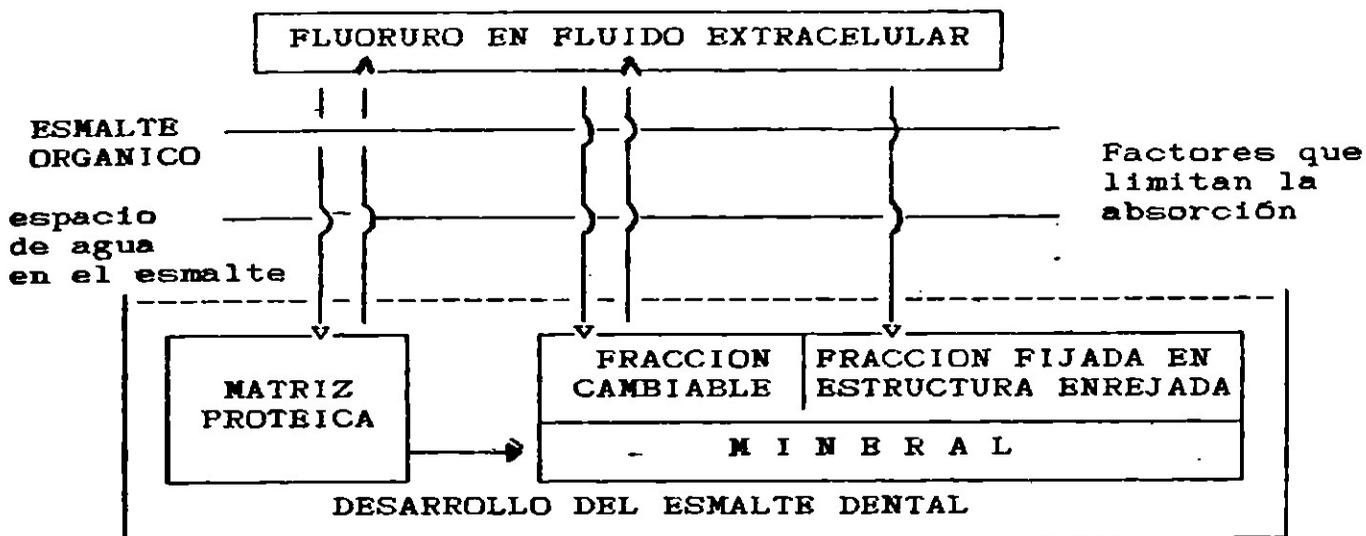


Fig. 3 Mecanismo de acción del fluor en el desarrollo del esmalte dental .

Existen tres mecanismos que tratan de explicar el desarrollo del esmalte por efecto del fluoruro y son los siguientes:

- 1.- Sustitución del ión hidroxilo por fluoruro para la formación de fluorapatita.
- 2.- Absorción del fluoruro en la superficie de apatita
- 3.- El fluoruro inicia la remineralización del esmalte.

Cada mecanismo acepta que el fluoruro efectua cambios en los procesos fisicoquímicos de diente (Bawden, 1987, Wong, 1987).

La caries comienza con la desmineralización del esmalte que resulta de la acción de ácidos orgánicos producidos localmente por las bacterias, y destruyendo el contenido protéico del diente, por lo tanto se trata de una enfermedad bacteriana que se trasmite (Shafer, 1980).

El mecanismo de acción de los fluoruros en la reducción de la caries dental es por inhibición de la glucólisis de las bacterias de la cavidad bucal (Streptococos mutans, Lactobacilo acidophilus, hongos, etc.).

En la degradación de carbohidratos hay producción de acidez y ésta es inhibida por la presencia de fluoruros.

Los fluoruros en medio ácido, existen como ácido fluorhídrico y de esta forma pasan la membrana celular de la bacteria. Al entrar en contacto con el medio citoplasmático (ligeramente alcalino), el ácido fluorhídrico se disocia en iones flúor libres que se combinan con los componentes celulares. Y los iones hidrógeno actúan acidificando al citoplasma, afectando así a las enzimas sensibles al ácido, de esta manera inhibe, los procesos metabólicos de las bacterias e impiden la formación de caries.

Por lo tanto el efecto cariostático también está asociado, a la reducción del crecimiento y metabolismo de la flora microbiana de la cavidad oral. El efecto inhibitorio del fluoruro en solución, es más pronunciado a valores de pH bajos (Wong, 1987, Brossa, 1980, Cermaine, 1986).

El fluoruro en la superficie del esmalte, es más efectivo que el fluoruro asociado a la apatita, lo que explica el buen éxito de la fluoración de pastas dentales, enjuagues bucales, pero sobre todo una adecuada fluoración del agua de consumo (Guo, 1988, Ophaug, 1985, Schamschula, 1988, Diesendorf, 1986, Alttwood, 1988).

2.3 CONCENTRACION OPTIMA DE FLUORUROS EN AGUA POTABLE.

EL Dr. Treandley y el Dr. Churchill, concluyeron que el nivel óptimo de fluoruros en aguas de consumo era de 1 ppm, donde se registra la reducción máxima de caries sin presentar fluorosis dental hasta en un 60 %, revelando que concentraciones inferiores producen beneficios a los dientes, pero la reducción de caries no es tan notable y a concentraciones por encima de 1.5 ppm perjudica notablemente la dentadura de los niños, en su período de calcificación y los expone a sufrir daños irreparables como la fluorosis dental (Wergedal, 1988).

Los niveles óptimos de fluoruro en el agua de bebida, dependen entre otros factores de las condiciones climáticas. La concentración de 0.7 -1.2 mg F /L, es efectiva para la prevención de caries, no obstante, la Organización Mundial de la Salud recomienda un límite no mayor de 1.5 mg F /L en el agua de bebida, encima de este nivel es objetable que ocurra grados de manchas en la dentadura (Arciniega)

Los Drs. Foss y Pitman desarrollaron una fórmula para determinar el nivel de fluoruro de acuerdo a la temperatura ambiente, tomando en consideración el promedio de consumo diario de agua por los niños de hasta diez años de edad, en términos de gramos de agua por Kilogramo de peso corporal.

$$\text{FLUORURO (ppm)} = 22.2 / E$$

Donde E = Es el promedio de consumo de agua y se calcula así:

$$E = 10.3 + 0.725 \times T \text{ máxima}$$

T máxima , es el promedio de la temperatura máxima en °C de un período de por lo menos cinco años.

Aplicando la fórmula se calcula el nivel óptimo para varias temperaturas. Para fines prácticos, la precisión recomendada es de más o menos un décimo de miligramo por litro o parte por millón.

El Reglamento Federal sobre aguas para consumo humano de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, en el diario oficial de 1988 establece la norma fisicoquímica sanitaria de un valor no máximo de 1.5 ppm de F^- , en nuestro país (White, 1988, Leung, 1988, Brouwer, 1988, OPS, 1976, SSA, 1988).

Es importante tener en consideración, la cantidad de fluoruros aportada, en la concentración total en el organismo por ingesta de agua fluorada, alimentos elaborados con dicha agua, frutas y verduras regadas con aguas contaminadas rica en fluoruro, peces y mariscos que contienen gran cantidad de este elemento, así como el uso de dentríficos y enjuagues bucales.

Una pasta dental de 90 gr. contiene 67 mg F^- , el enjuague bucal semanal, 10 ml. contiene 9 mg F^- , el pescado y los mariscos contienen 30 mg F^- / L. Aproximadamente (Dreisbach, 1986, Hattab, 1988, Maier, 1971).

2.4 ACCION TOXICA DE LOS FLUORUROS.

La acción tóxica de los fluoruros, se ejerce sobre múltiples órganos, el gran poder reactivo de este elemento, le confiere un alto poder destructivo de la materia orgánica.

Esta acción depende de la concentración y período de exposición, que puede ser corto (una sola dosis), o largo.

CONCENTRACION	EFFECTOS
2 veces la conc. óptima.	DENTARIOS
10 - 25 ppm/día	ESQUELETICOS
10 - 25 ppm/día	NEUROLOGICOS
Concentraciones más altas	VISCERALES
	METABOLICOS

EFFECTOS DENTARIOS. La exposición frecuente a niveles de 1.5 a 3.5 ppm de fluoruro por períodos prolongados, pueden producir signos de intoxicación crónica.

El diente en sus etapas tempranas de desarrollo es el más sensible marcador del cuerpo de la ingestión excesiva de fluoruros. El fluoruro interfiere con el desarrollo normal del diente causando hipomineralización del esmalte o fluorosis dental. Los signos severos de fluorosis dental aparecen demasiado tarde para detectar una intoxicación crónica por fluoruros en los niños (Stanley, 1986, Brossa, 1980, Dreisbach, 1986)

El ión fluoruro libre a niveles óptimos (0.7 - 1 ppm) se combina con los componentes celulares del diente formando una capa resistente al ataque de caries. El exceso de fluoruro provoca un trastorno de los ameloblastos, células dentales, durante el período de formación. No se conoce la naturaleza exacta de la lesión y se comprobó que a niveles elevados el fluoruro interfiere en el proceso de calcificación (Brussock, 1987, Cermaine, 1986).

Estudios epidemiológicos muestran que algunos niños que consumen agua regularmente con dos o tres veces más la concentración óptima de fluoruros, durante los años de formación de dientes tendrán formas avanzadas de fluorosis dental. Sin embargo estos datos no establecen la ingestión diaria de fluoruros exacta capaz de producir esta condición, pero indican que el margen de seguridad es pequeño entre la ingestión diaria que previene la caries y la que causa signos de fluorosis avanzada, excepto los terceros molares.

Los dientes de los niños expuestos a cantidades excesivas de fluoruros parecen ser susceptibles a la fluorosis dental, hasta solo los 6 u 8 años de edad, que es el periodo donde aún hay proceso de calcificación en el diente y depende de factores como: estado nutricional, concentración de fluoruros en el agua de consumo, hábitos alimenticios, etc. (Stanley, 1986).

Se determinó que la intensidad de fluorosis dental puede aumentar con la concentración de fluoruro ingerido. Existe una relación directa y cuantitativa entre la frecuencia e intensidad de fluorosis y la concentración de flúor en el agua de consumo (Stanley, 1986, Brouwer, 1988, Shafer, 1980). (Fig. 4)

La fluorosis presenta grados diferentes de intensidad:

- I.- Alteraciones discutibles, que se caracterizan por veteado o punteado blanco del esmalte.
- II.- Alteraciones leves, zonas blancas, opalescentes, que abarcan más de una zona dental.
- III.- Alteraciones moderadas y avanzadas, formación de fosas y pigmentación parduzca de la superficie, tienden a que su esmalte se desgaste y hasta se fracture.
- IV.- Aspecto corroído.

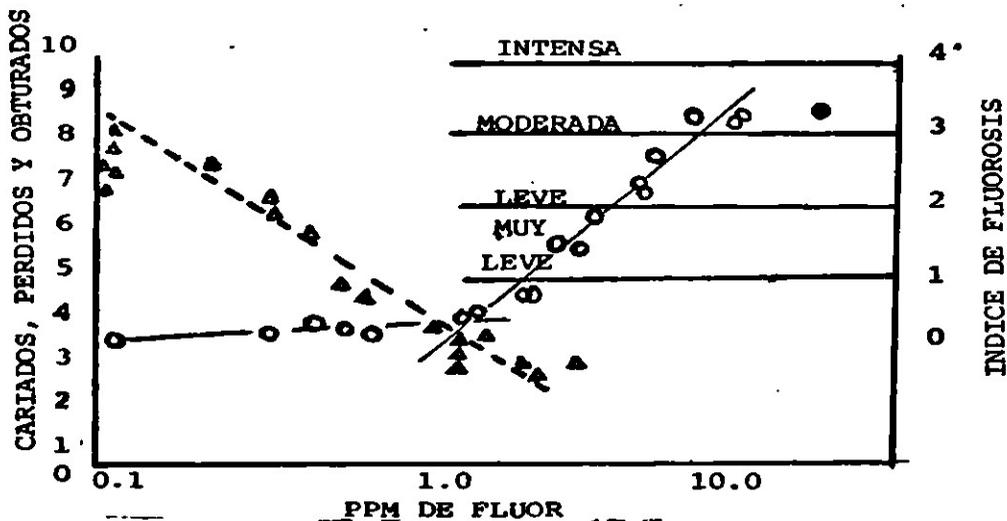


Fig. 4 Relación entre cantidad de caries, contenido de fluoruros en el agua potable y grado de fluorosis dental.

EFFECTOS ESQUELETICOS. La ingestión de agua con concentraciones de fluoruros de 10 ppm/día o más, pueden dar un cuadro clínico donde predominan las lesiones esqueléticas del tipo osteoesclerótico u osteoclástico, constituidas por fenómenos de condensación, y resorción ósea. El hueso es más denso y pesado, aumenta apreciablemente el espesor cortical y disminuye el ancho del canal medular y se calcifican ligamentos y zonas de inserción muscular. Los individuos afectados suelen quejarse de dolor tipo reumático en pelvis, columna o huesos largos de los miembros (Brossa, 1980, Shafer, 1980)

EFFECTOS NEUROLOGICOS. Las complicaciones neurológicas son importantes y son consecuencia de las esqueléticas, radiculitis por compresión, que produce síndromes de dolor con acroparestesias, en ocasiones mielopatías con paraplejía espástica y trastornos sensoriales.

Estudios recientes concluyen que el anión fluoruro podría afectar la conductancia de calcio, así como una disminución del elemento aluminio, en el tejido cerebral, lo que tiene una relación directa con el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer's, que produce una degeneración en las células cerebrales produciendo demencia. No obstante el metabolismo del fluoruro en el sistema nervioso, todavía no se ha estudiado a fondo. Este estudio se realizó en regiones con una concentración de 10 ppm, en aguas de consumo. Concluyéndose que el fluoruro puede afectar directamente el sistema nervioso, especialmente el sistema nervioso central (Huyh, 1988).

EFFECTOS VISCERALES. Se caracterizan por anemia, trastornos digestivos, en forma de gastritis y estreñimiento, náuseas, vómitos que resultan de bajas dosis de fluoruro por períodos prolongados, y se atribuyen a la irritación del tracto gastrointestinal por la formación de ácido hidrofúorhídrico.

A dosis más altas el malestar generalmente progresa en manifestaciones gastrointestinales, el paciente puede estar acidótico, comatoso con convulsiones y arritmia cardíaca, todo probablemente causado por hipocalcemia debida a la unión del calcio circulante, con el fluoruro.

El riñón puede presentar aminoaciduria. La muerte es causada generalmente por falla o paro cardíaco y respiratorio. Los síntomas serios se desarrollan generalmente después de una hora y si hay muerte esta suele ocurrir a las 24 horas después de una intoxicación aguda con fluoruros (Stanley, 1986, Brossa 1980).

LOS EFECTOS METABOLICOS. Son muchos y de gran importancia, ya que el fluoruro actúa como veneno celular directo; produce trastornos endócrinos por interferencia en el metabolismo del Yodo, con disminución de hormonas tiroideas, dando lugar a fenómenos de hiper o hipotiroidismo. Causa trastornos en aminoácidos como la fenilalanina y tirosina, interfiriendo así en sus funciones.

Afecta principalmente el metabolismo del calcio y fósforo, por bloqueo enzimático, que se manifiesta de manera semejante al hipoparatiroidismo con gran aumento de la eliminación del fósforo inorgánico urinario. Bloquea el sistema Citocromo, alterando la glucólisis, y en consecuencia el funcionamiento muscular y por ende el músculo cardíaco.

Causa interferencias en la formación de enzimas y consecuentemente el bloqueo metabólico, debido a la lenta acción del fluoruro en la ionización de sus moléculas, cuyos iones metálicos son indispensables en los sustratos enzimáticos. El ejemplo más demostrativo de este fenómeno tóxico, es la acción ejercida por el ácido fluorocítrico con bloqueo de la función de la aconitasa por acción competitiva con el ácido cítrico del ciclo de Krebs. Este ciclo comporta, en un primer paso, la utilización de los grupos acetilos y transforma dicho ácido en un fluorocitrato en el que la aconitasa no puede actuar y se produce el bloqueo llamado "biosíntesis letal" (Stanley, 1986, Brossa, 1980, Brussock, 1987, Dreisbach, 1986).

La dosis letal para un adulto de 70 Kg. es de 32 a 34 mg F/Kg de peso corporal y la dosis tolerable se considera una cuarta parte de la dosis letal (Stanley, 1986).

En niños y jóvenes varía la dosis letal y la tolerable según su edad, y peso de acuerdo a la tabla siguiente:

TABLA 5

EDAD años	PESO en kg	DOSIS_LETAL mg F	DOSIS_TOLERABLE mg F
2	10.0	320	80
4	13.2	422	106
6	16.8	538	135
8	20.5	655	164
10	24.1	771	193
12	29.1	931	233
14	37.7	1,206	301
16	41.8	1,338	344
18	43.2	1,382	346

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 MUESTREO Y ALMACENAMIENTO.

En la toma y almacenamiento de muestras se emplearon frascos de polietileno. El procedimiento es dejar fluir el agua por lo menos 1 minuto para su renovación en los ductos, y así tomar una muestra representativa.

El frasco se enjuaga repetidas veces con el agua a muestrear, después se llena casi por completo, dejando un pequeño vacío y tapando perfectamente. La conservación en refrigeración no es necesaria si las muestras se analizan enseguida (SRH, 1977).

Las muestras se rotularon con el nombre o número de pozo, fecha y hora en que se tomó la muestra, temperatura ambiente y del agua, pH (tomado con tira reactiva indicadora de pH), presencia o no de carbonatos.

Los frascos de vidrio son satisfactorios, para el muestreo (si no se han usado con soluciones concentradas en fluoruros), previamente enjuagados con una porción de la muestra. Aunque existe el riesgo de que el ión flúor sea absorbido por el vidrio (Natale, 1975).

En el lavado del material empleado en el análisis, se utilizó extrán en soluciones muy diluídas.

Pozo No y Nombre _____	
Muestreador _____	
Hora _____	Fecha _____
Temp. amb _____	Temp. agua _____
pH _____	CO ₃ ⁼ _____

Fig 5. Etiquetas utilizadas en el muestreo.

3.1.1 METODOLOGIA DE MUESTREO

Se realizaron tres muestreos intensivos de los abastecimientos. El primero, de Enero a Marzo de 1988, el segundo de Marzo a Abril de 1988, y el tercer muestreo de Marzo a Junio de 1989. El objetivo era en primer lugar detectar los pozos con concentración alta de fluoruros (mayor al valor óptimo recomendado de 0.8 ppm), que se considerarían sólo en el segundo y tercer muestreos y enseguida detectar alguna variación de concentración de fluoruros entre ellos.

Se dividió la mancha urbana de San Luis Potosí en 3 zonas de muestreo, tomándose en cuenta sólo la ubicación de los pozos.

- 1.- ZONA SURESTE O TERMAL.
 - 2.- ZONA CENTRO.
 - 3.- ZONA NOROESTE.
 - 4.-AREA CONURBADA CON EL MUNICIPIO DE SOLEDAD DE GRACIANO SANCHEZ.
- PLANTA POTABILIZADORA "LOS FILTROS"

PRIMER MUESTREO. PERIODO ENERO - MARZO 1988.

Se llevaron a cabo dos muestreos intensivos de una semana por zona y por muestreo. Durante el primero, se hicieron 3 tomas de muestra diarias para cada uno: 7:00, 12:00, 19:00 horas durante 3 días, con el fin de detectar alguna variación en la concentración de fluoruro de acuerdo con la hora y la temperatura del agua, y una toma a la 12:00 horas en los 4 días restantes. Esto hizo un total de cuatro semanas intensivas de toma de muestras y análisis de fluoruros en el laboratorio, por muestreo.

La planta potabilizadora de "Los Filtros" se muestreó en cinco puntos : canal de entrada y los cuatro ductos de salida a la Red General de Abastecimiento.

SEGUNDO MUESTREO. PERIODO MARZO - ABRIL, 1988.

En el segundo muestreo, sólo se tomó una muestra diaria a las 12:00 hrs., ya que se observó que no variaban los resultados con respecto a la hora, al día, y que la temperatura del agua era casi constante, muestreando y analizando los pozos que tenían valores superiores a 0.70 ppm de fluoruro. El óptimo recomendado según la literatura es de 0.70 a 1.00 ppm. (EPA, 1972, Ciancio, 1984).

TERCER MUESTREO. PERIODO MARZO - JUNIO, 1989.

Se hace pertinente un tercer muestreo para determinar la posible variación en la concentración de fluoruros de los abastecimientos considerados como problema. El muestreo se realizó bajo las mismas condiciones que el anterior. Se incluyeron además, pozos nuevos recién entregados al municipio de San Luis Potosí.

3.2 METODOLOGIA DE ANALISIS

Los parámetros que se analizaron fueron:

3.2.1 pH

a) En campo: medición a través de tira reactiva.

b) En el Laboratorio: Con medidor de pH CORNING 120.

3.2.2 TEMPERATURA

a) Del Agua: Se midió con un termómetro de inmersión, el cual se introduce en la muestra y al cabo de un minuto se lee directamente la temperatura.

b) Del Ambiente: Se coloca un termómetro a la sombra y al cabo de 10 minutos se toma la lectura de temperatura directamente en la escala del mismo.

3.2.3 CARBONATOS.

Esta prueba se realiza tomando un volumen de agua a muestrear en un vaso de precipitado de vidrio, y se le agrega fenoftaleína como indicador, un color rosa indica presencia de carbonatos.

Es la expresión numérica que indica la capacidad de una solución acuosa para conducir la corriente eléctrica.

Esta capacidad depende de: la presencia de iones de la concentración total de ellos, su movilidad, valencia, y concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición. La mayoría de las soluciones con ácidos inorgánicos, bases y sales son relativamente buenas conductoras.

Las soluciones acuosas con compuestos orgánicos conducen pobremente la corriente eléctrica.

La medida física usada en una determinación de conductividad es usualmente la resistencia, la medición es en ohms o megohms.

El recíproco de la resistencia es la conductancia. Mide la capacidad de conducir corriente y es expresada en su recíproco, mhos.

En análisis de agua la conductividad se expresa en micromhos por centímetro a 25 °C (Standard Methods, 1988).

APARATO:

Medidor de campo Myron L Company, modelo 512M5 con compensación automática de temperatura a 25 °C.

PROCEDIMIENTO:

El aparato tiene un control interno con el cual se verifica la calibración. La celda del aparato se enjuaga tres veces con el agua a analizar y después se llena hasta cubrir el electrodo. Se oprime el botón de lectura y se lee directamente la conductividad en la escala del aparato en umhos/cm a 25 °C.

3.2.5. DUREZA. METODO TITULOMETRICO CON EDTA.

La dureza del agua varía considerablemente de lugar a lugar. En general las aguas superficiales son más blandas que las aguas subterráneas. La dureza refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las cuales ha estado en contacto.

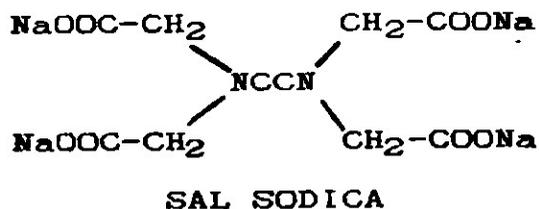
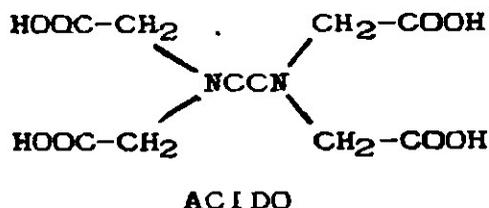
El agua se clasifica comunmente en términos de grado de dureza como sigue:

AGUA	DUREZA
Suave	0 - 75 mg CaCO ₃ /L
Moderadamente dura	75 - 150 mg CaCO ₃ /L
Dura	150 - 300 mg CaCO ₃ /L
Muy dura	> 300 mg CaCO ₃ /L

Los principales cationes divalentes que causan dureza son: Ca²⁺ y Mg²⁺ y los aniones más importantes con los que están asociados son HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻ y SiO₃²⁻. (Sawyer, 1967.)

FUNDAMENTO:

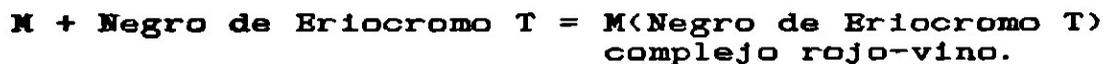
El ácido etilendiaminotetracético (EDTA) o sus sales de sodio forman un complejo quelado soluble cuando se añaden a una solución con ciertos cationes metálicos como el Ca²⁺ y el Mg²⁺



Estos compuestos forman complejos muy estables con los iones calcio, magnesio y otros iones divalentes causantes de la dureza.



Si se agrega una pequeña cantidad de algún indicador como Negro de Eriocromo T a una solución acuosa que contenga iones Ca^{2+} y Mg^{2+} a un pH de 10.0 ± 0.1 , la solución se tornará rojo - vino.



Al añadir el EDTA y cuando todo el calcio y el Magnesio han sido acomplejados la solución se tornará azul indicando el punto final de la titulación. La presencia de Magnesio rinde un punto final satisfactorio por ello se añade una pequeña cantidad de sal magnésica de EDTA complejo métricamente neutro al buffer y se corre un blanco de reactivos.

El pH especificado en la prueba debe mantenerse ya que a pH mayor al óptimo se corre el riesgo de precipitación de CaCO_3 o $\text{Mg}(\text{OH})_2$, incluso el indicador cambia de color a pH altos.

El tiempo de titulación no debe ser mayor a 5 minutos para disminuir al máximo la tendencia del CaCO_3 a precipitar (Sawyer, 1967, Standard Methods, 1985).

INTERFERENCIAS:

Algunos iones metálicos interfieren causando indistinción del punto final, o por consumo estequiométrico de EDTA. Esta interferencia se reduce añadiendo inhibidores antes de la titulación. En este trabajo se utilizó un inhibidor a base de hidroxilamina. (Standard Methods, 1985).

MATERIAL.

- 1.- Bureta de 50 ml.
- 2.- Matraces Erlenmeyer de 250 ml.
- 3.- Pipetas volumétricas de diferentes capacidades.

APARATOS:

- 1.- Agitador Magnético.

REACTIVOS

1.- Solución Buffer: Disolver 16.9 g de NH_4Cl en 143 ml. de NH_4OH . Disolver 1.179 g de sal disódica de EDTA grado reactivo y 780 mg de Sulfato de magnesio, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en 50 ml de agua desionizada. Mezclar ambas soluciones y diluir a 200 ml con agua desionizada.

2.- Solución inhibidor: Disolver 4.5 g de clorhidrato de hidroxilamina en 100 ml de alcohol etílico al 95%.

3.- Indicador.- Negro de Eriocromo T: Mezclar de 0.50 a 1.0 g del indicador en 100 g de cloruro de sodio, NaCl , preparar una muestra seca pulverizada.

4.- Solución valorada de EDTA 0.01M. Pesar 3.723 g de EDTA y sal disódica, disolver y diluir a 1000 ml.

Estandarización.- Diluir 25 ml. de una solución de CaCO_3 (exactamente 1 g/L), 1 o 2 ml. de solución buffer, añadir un poco de indicador en polvo negro de eriocromo T, y titular con EDTA a vire azul.

$$\frac{\text{ml EDTA}}{\text{ml CaCO}_3} = \text{Factor del EDTA}$$

5.- Solución estándar de CaCO₃ (1 ml = mg CaCO₃).

Pesar 1 g de CaCO₃ previamente secado a 105 °C por 24 horas en un matraz erlenmeyer de 500 ml, poner un embudo en el matraz y añadir 5 ml de HCl al 50%, poco a poco para disolver el carbonato. Se agregan 200 ml de agua desionizada y se hierve por unos minutos para expulsar el CO₂, y añadir 1 ó 2 gotas de anaranjado de metilo. Se ajusta la solución a un color intermedio naranja con NH₄OH 3 N o HCl 1:1.

PROCEDIMIENTO:

A 50 ml de muestra, en un matraz erlenmeyer, se agrega 0.1 ml de inhibidor y 1 ml de solución buffer, y posteriormente el indicador, negro de eriocromo T, y se procede a la titulación con EDTA hasta viraje de rosa - violeta a color azul punto final de la titulación. Se corre un blanco de agua desionizada.

CALCULOS:

$$\text{mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{(\text{ A })(\text{ B })(1000)}{\text{ml de la muestra}}$$

DONDE:

A = ml de EDTA gastados en la valoración de la muestra menos ml de EDTA gastados en la valoración del blanco.

B = Factor de EDTA.

DUREZA POR CALCIO.

FUNDAMENTO:

Cuando se añade el EDTA a una agua que contenga tanto calcio como magnesio, se combina con el calcio, cuando el pH se ha ajustado entre 12 y 13, y el magnesio es precipitado como hidroxido. Se usa un indicador que vire al combinarse todo el calcio con el EDTA. (Standard Methods, 1985).

El murexida es el indicador usado ya que cambia de color cuando el calcio se ha acomplexado con el EDTA. Se reporta en mg de CaCO₃/L.

REACTIVOS:

- 1.- EDTA 0.01M.
- 2.- NaOH 1N.
- 3.- Murexida: Mezclar 200 mg de murexida con 100 g de NaCl. La mezcla se muele en un mortero.

PROCEDIMIENTO:

A 50 ml de muestra añadir 2 ml de NaOH 1N o un volumen suficiente para producir un pH de 12 a 13, y un poco de indicador murexida. Titular con EDTA, hasta viraje del rosa original a un color morado o lila.

CALCULOS:

$$\text{mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{\text{ml de EDTA} \times \text{Factor de EDTA} \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

DUREZA POR MAGNESIO

El magnesio se puede estimar como la diferencia entre la dureza total y la dureza de calcio, expresadas ambas en términos de mg CaCO₃/L. Si no hay metales interferentes en la titulación de calcio y si se usan inhibidores en la determinación de dureza total.

CALCULOS:

$$\text{Dureza de Magnesio, mg CaCO}_3/\text{L} = \text{Dureza Total} - \text{Dureza por Calcio}$$

3.2.6. ALCALINIDAD. METODO POTENCIOMETRICO

La alcalinidad del agua es la capacidad de neutralizar ácidos. Es la suma de todas las bases titulables.

La alcalinidad de la mayoría de las aguas superficiales es ocasionada primordialmente por la presencia de los iones: CO_3^- , HCO_3^- , e OH^- .

Esto puede indicarnos la concentración de éstos constituyentes en la valoración, aunque además contribuyen, los boratos, fosfatos, silicatos y otras bases, si están presentes.

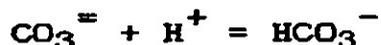
El exceso de metales alcalinos en el suelo, es muy significativo en la determinación de alcalinidad en el agua de riego y de tipo profundo. (Sawyer, 1967, Standard Methods, 1985).

FUNDAMENTO:

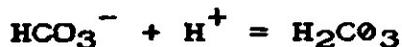
La alcalinidad es una determinación volumétrica por titulación con H_2SO_4 N/50 y es reportado en mg de CaCO_3/L .

Para muestras cuyo pH inicial es arriba de 8.3, la titulación se realiza en dos etapas, la primera desde el pH inicial hasta el pH de 8.3. La segunda hasta un pH de 4.3. Cuando el pH de la muestra es menor de 8.3, sólo se realiza la última titulación.

El pH final de la valoración cuando la muestra inicial tiene un pH mayor de 8.3 corresponde al punto de equivalencia de conversión del ión carbonato al ión bicarbonato.



Cuando el pH es menor de 4.5 el punto final de la segunda titulación es punto de equivalencia de conversión del ión bicarbonato al ácido carbónico.



La mayor porción de la alcalinidad natural del agua es causada por tres clases principales de materiales en grado de orden: 1) OH^- , 2) CO_3^- y 3) HCO_3^- .

La alcalinidad debida a otros compuestos en aguas naturales no es significativa. (Sawyer, 1967).

Para determinaciones más exactas se elige la titulación potenciométrica por las ventajas que presenta el método que está libre de interferencia por el cloro residual, la presencia de color y turbiedad, y no existe el error visual. Sin embargo es afectado por la temperatura del análisis y la presencia de CO₂.

INTERFERENCIAS:

Las sustancias inteferentes más comunes son: presencia de jabones, sustancias oleosas, sólidos suspendidos o precipitados que tienden a cubrir el cristal del electrodo provocando una respuesta tardía del mismo.

Se debe tomar un tiempo adicional entre cada titulación para permitir al electrodo ir al equilibrio, o bien limpiar los electrodos ocasionalmente. No filtrar, diluir, concentrar, o alterar la muestra (Standard Methods, 1985.)

MATERIAL:

- 1.- Bureta de 50 ml.
- 2.- Vasos de precipitado de 100 ml
- 3.- Barras cubiertas de TFE.

APARATOS:

- 1.- pHmetro Corning 120.
- 2.- Agitador Magnético Felisa

REACTIVOS:

1.- Solución de Na₂CO₃ 0.05 N .- Pesar 2.5 g de Na₂CO₃ previamente secado a 250 °C por 4 horas y diluir a 1000 ml.

2.- H₂SO₄ 0.02 N.- Diluir 200 ml de H₂SO₄ 0.1 N a 1000 ml en matraz volumétrico.

VALORACION: Diluir 15 ml de solución de Na_2CO_3 0.05 N a 100 ml y titular con H_2SO_4 preparado hasta pH 5, anotarse el volumen de ácido gastado. Hervir esta solución de 2 a 3 minutos cubriendo el vaso de precipitado con un vidrio de reloj, y enfríe a temperatura ambiente. Titular nuevamente con ácido hasta pH 4.3. Anote el volumen gastado.

CALCULOS:

$$N \text{ H}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{g Na}_2\text{CO}_3 \text{ disueltos en un litro} \times \text{ml Na}_2\text{CO}_3 \text{ usado}}{\text{P.E Na}_2\text{CO}_3 \times \text{ml usados de ácido en la titulación}}$$

PROCEDIMIENTO:

Se colocan 50 ml de la muestra en vasos de 100 ml y se mide su pH inicial con pHmetro, después titular con H_2SO_4 0.02 N hasta alcanzar el pH de 4.3 (punto de inflexión en la curva de titulación), anotando el volumen gastado.

CALCULOS:

$$\text{mgCaCO}_3/\text{L} = \frac{\text{ml gastados de H}_2\text{SO}_4 \times N \text{ H}_2\text{SO}_4 \times \text{P.E. del Na}_2\text{CO}_3 \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

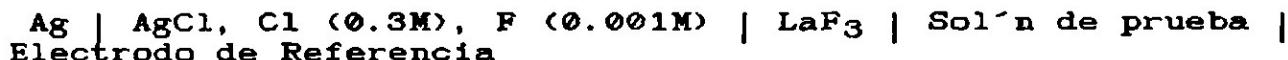
3.2.7. FLUORUROS. METODO ELECTROMETRICO DE ION SELECTIVO.

Para el análisis de fluoruros elegimos el método del Electrodo, por las ventajas que ofrece con respecto a los métodos colorimétricos de que casi ninguna sustancia interfiere en la determinación de fluoruros ya que utiliza un buffer de alta fuerza iónica que las elimina.

FUNDAMENTO:

El método se basa en el uso de un electrodo de ión específico, diseñado para usarse con un electrodo de referencia de calomel y algún moderno medidor de pH que tenga una escala expandida en mV. El elemento clave del electrodo selectivo para fluoruros es un cristal de fluoruro de lantano a través del que se establece un potencial en soluciones de fluoruros a diferentes coconcentraciones. El cristal contacta con la solución o muestra por un lado y una solución interna de referencia por el otro lado. (Ver fig. 6).

La celda puede representarse por:



El electrodo de ión fluoruro mide la actividad del fluoruro en solución más que la concentración. La actividad del fluoruro depende de la fuerza iónica total de la solución y del pH, así como de las especies acomplejantes de fluoruros. La adición de un buffer apropiado (TISAB = Total ionic strength activity buffer), provee de una fuerza iónica suficiente para ajustar el pH y romper los complejos de manera que en efecto el electrodo mida concentración (Standard Methods, 1985).

INTERFERENCIAS:

La única de las especies que es sabido que interfiere con el electrodo específico de ión fluoruro, es el ión OH^- . Como el electrodo sólo responde al fluoruro libre, sustancias que forman complejos con el flúor, por ejemplo: (H^+ , Al^{+3} , Fe^{+3} , La^{+3} , ZrO^{+2} , y Be^{+2}), podrían causar interferencia negativa en la muestra no tratada. Los interferentes más serios son los iones férricos y de aluminio. Sin embargo la adición del buffer (TISAB), rompe los complejos y crea un medio iónico favorable, contiene un quelante que acompleja al aluminio (Al^{+3}), preferentemente, eliminando así las interferencias (Standard Methods, 1985).

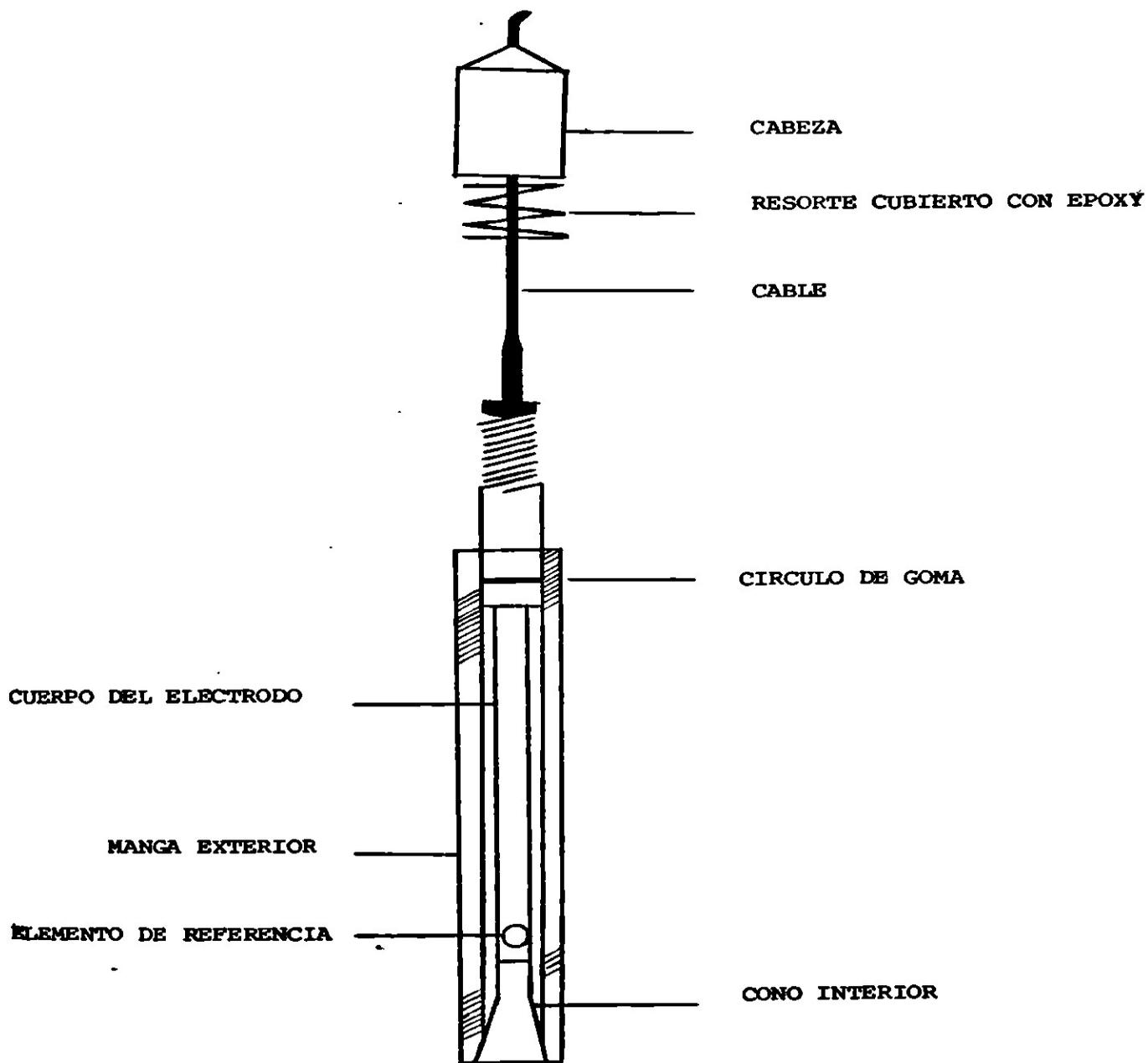


FIG. 6

ELECTRODO DE ION ESPECIFICO PARA FLUORURO

APARATOS:

1.- Medidor de Ión Selectivo ORION 720.

2.- Electrodo de Referencia tipo Manga (ORION -90-01-00, BECKMAN 43462, CORNING 476012 o equivalente). No se usa electrodo de referencia de punta de fibra debido a que muestran un comportamiento errático en soluciones muy diluidas.

3.- Electrodo específico del ión flúor ORION 940900.

4.- Agitador Magnético, con barras de agitación-cubiertas de TFE.

5.- Cronómetro.

REACTIVOS:

1.- Agua Desionizada: El agua destilada que ha sido pasada a través de una unidad de desionización y que tenga una conductividad específica no mayor a 0.20 us/cm a la temperatura del lugar.

2.- Solución Stock de Fluoruros. (100 ugF⁻/L).

Disolver 221.00 mg de Fluoruro de sodio anhidro (reactivo grado analítico, secado a 120°C) en agua desionizada y diluir a 1000 ml. Almacenar en un envase de polietileno. Esta solución es estable por lo menos tres meses.

1ml = 100 ug de fluoruro.

3.- Solución Intermedia de fluoruros . (10 ug F⁻/L).

Diluir 100 ml de la solución stock de fluoruros a 1000 ml con agua desionizada. Almacenar en envase de polietileno. Preparar esta solución semanalmente.

1ml = 10 ug de fluoruro.

4.- Solución de fluoruro de Sodio, NaF, 0.1M.

se disuelven 499 mg de NaF en agua desionizada y se afora la solución a 100 ml.

5.- SOLUCION BUFFER TISAB (Buffer de alta fuerza iónica).

En 500 ml de agua desionizada se añaden 57 ml de ácido acético glacial, 58 g de NaCl y 4 g de ácido 1,2 ciclo hexilendiamino tetraacético (CDTA). Se agita hasta disolverlos. El recipiente donde se prepara la solución se sumerge en agua fría y se le añade NaOH 6N (aproximadamente 125 ml) con agitación constante hasta que el pH este entre 5.3 y 5. Transferir a un matraz volumétrico de un litro y aforar con agua desionizada.

PROCEDIMIENTO

a) CALIBRACION DEL APARATO.

En la calibración del aparato se checan las condiciones básicas de operación, antes de iniciar el análisis y sin haber conectado los electrodos.

Esta es la calibración interna del equipo Orion 720.

Vel. mV = $0 \pm 0.20 = 0.10$

Temperatura = 25.00 °C

pH = 7.00

Slope = 100.00

Sample = 7.00

Concentración = 1.00

Slope = 59.20

Sample = 1.00

Después de calibrar el aparato se conectan a los electrodos y se prosigue a checar la pendiente del electrodo que nos indicará su buen funcionamiento.

$$k = \frac{E1 - E2}{\text{Log } S1 - \text{Log } S2} \approx - 58 \text{ Mv} \quad \text{PARA UN INCREMENTO DE 10 VECES EN LA CONCENTRACION}$$

Se colocan 10 ml de TISAB en un matraz volumétrico de 100 ml y se afora con agua desionizada, se pasa a un vaso de precipitado de polietileno, se le agrega un ml de solución de NaF 0.10 M, se agita perfectamente, con agitador magnético, y se ajusta a cero mV con CAL ENTER, se añaden 10 ml de solución de NaF 0.10 M, y se lee los Mv en la pantalla del aparato.

b) PREPARACION DE ESTANDARES DE FLUORUROS

Se preparan una serie de estándares, añadiendo respectivamente 2.50, 5.00, 10.00, 15.00, 20.00, 25.00, 30.00 ml de solución intermedia de NaF (10 ug de fluoruros por mililitro) en matraces volumétricos de 50 ml, aforar con agua desionizada. Estos estándares corresponden a 0.50, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, y 6.00 mg de fluoruro por litro respectivamente.

c) TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

En vasos de precipitado de plástico de 50 ml, se colocan 20 ml de muestra y se añaden 20 ml de TISAB con pipetas volumétricas y se mezclan bien, se incuban tanto los estándares como las muestras a 20°C.

d) MEDICION

Las muestras se mezclan perfectamente con agitador magnético. Se apaga el agitador y se sumergen los electrodos en la muestra evitando la formación de burbujas.

Se pone a funcionar el agitador, y se enciende el aparato, después de 3 minutos se toma la lectura final en Mv, enjuagándose los electrodos con agua destilada o desionizada y secándose perfectamente con papel entre cada lectura.

e) CALCULOS EXPERIMENTALES

Las lecturas de diferencia de potencial creada por el ión fluoruro en las muestras analizadas son dadas en Mv, esta son localizadas en la curva estándar de calibración (Figura No. 7), elaboradas con estándares de concentración conocida, y por interpolación se conoce la concentración de flúor en la muestra.

f) PRECISION Y EXACTITUD EXPERIMENTALES.

La precisión se valoró por la reproducibilidad intraensayo. Con la determinación de 10 estándares de 1 mg F-/L en las mismas condiciones de análisis de las muestras, en un sólo ensayo, obteniéndose un coeficiente de variación de 0.62% y una desviación estándar de 0.0061.

La exactitud se valoró por la reproducibilidad interensayo en diferentes determinaciones de un mismo estándar, obteniéndose un coeficiente de variación de 3.04%.

3.3 .- MUESTREO Y ANALISIS DE REFRESCOS

Con el fin de complementar el trabajo se llevó a cabo un análisis para determinar la concentración de fluoruros en los refrescos, teniendo gran importancia por la gran cantidad en que se consumen.

El muestreo consistió en tomar ya las bebidas embotelladas y expandidas en los establecimientos comerciales, a las que se les eliminó el CO₂, analizándose el contenido de fluoruro por el mismo método. Los resultados se presentan en el Anexo 3.

CAPITULO IV

RESULTADOS

Se dividió la mancha urbana en cuatro zonas de muestreo :

1.- Zona Sureste o Termal, donde se analizaron 21 pozos en el primero y segundo, y 28 en el tercer muestreo.

2.- Zona Centro, donde se analizaron 12 pozos en el primero, y 6 en el segundo y tercer muestreo.

3.- Zona Noroeste, donde se analizaron 14 pozos en el primero, 9 en el segundo y 14 en el tercer muestreo.

4.- Zona Conurbada con Soledad de Graciano Sánchez, donde se analizaron 18 pozos en el primero, 9 en el segundo y 7 en el tercer muestreo.

Se analizaron además, muestras de diferentes puntos de la planta potabilizadora "Los Filtros".

En las condiciones de análisis en el tercer muestreo, se controló la temperatura, por incubación de la muestra a 20 °C, y el pH del análisis en 5.4 y se trabajó con el mismo lote de reactivos, ya que se observó variación en los primeros resultados debido a que la temperatura ambiente y de la muestra eran extremadamente bajas en el invierno (durante el primer y segundo muestreos). La Tabla 6 y la Fig. 7 muestran los valores usados para calcular la curva de calibración estándar y la curva estándar que se utilizó en el cálculo de la concentración de fluoruros de las muestras.

Los valores promedio de los resultados obtenidos se muestran en las tablas 7 a 19. Estos se ordenaron de mayor a menor concentración de fluoruro por zona, en base al tercer muestreo donde se controlaron aún más las condiciones del análisis.

En total se analizaron 59 pozos en el Municipio de San Luis Potosí, 18 pozos en el Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, y la planta potabilizadora "Los Filtros".

Los resultados indican que el 39.74 % de los abastecimientos analizados presentan concentraciones entre 3 y 4 ppm de F^- , el 23.08 % entre 1.0 y 3.0 ppm de F^- , el 11.54 % de 0.7 y 1.0 ppm de F^- y el 25.64 % concentraciones menores de 0.7 ppm de F^- . Esto demuestra que aproximadamente el 62.82 % de los abastecimientos tienen concentraciones de Fluoruro mayor a lo óptimo recomendado (0.7 - 1.0 ppm F^-). Fig. 8

El pH de las muestras analizadas generalmente es neutro, la dureza y la alcalinidad son bajas.

La Fig. 9 muestra un plano de localización de los abastecimientos de agua en la Mancha Urbana de San Luis Potosí. Estos marcados de acuerdo a su concentración de fluoruros. Esta muestra también la ubicación de la corriente termal.

Se analizaron además, los refrescos que se consumen en la Ciudad de San Luis Potosí determinándose que solo los distribuidos por una embotelladora cuyo sistema de abastecimiento de agua se localiza dentro de la franja de pozos de agua termal, presentan concentración elevada de fluoruros. Ver Anexo 3.

TABLA 6

CURVA ESTANDAR DE FLUORUROS

estandar mg F /L	Lectura en mV								X	
	1	2	3	4	5	6	7	8		
0.5	31.8	32.5	32.4	32.5	34.2	30.5	31.8	28.9	1.563	1.5673
1.0	16.8	16.8	16.9	16.9	17.7	16.8	16.8	16.8	16.80	0.51
2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3.0	-10.0	-9.6	-10.1	-10.8	-9.7	-9.9	-10.0	-9.3	-9.90	0.44
4.0	-17.0	-16.9	-16.8	-16.8	-16.8	-16.7	-17.0	-16.3	-16.80	0.223
5.0	-22.7	-22.4	-22.1	-22.1	-22.1	-22.2	-22.2	-23.0	-22.40	0.34

El estandar de 0.5 mg F⁻/L de concentración observa una desviación estandar mayor. Esto se debe a que el método es menos sensible a concentraciones bajas de fluoruros.

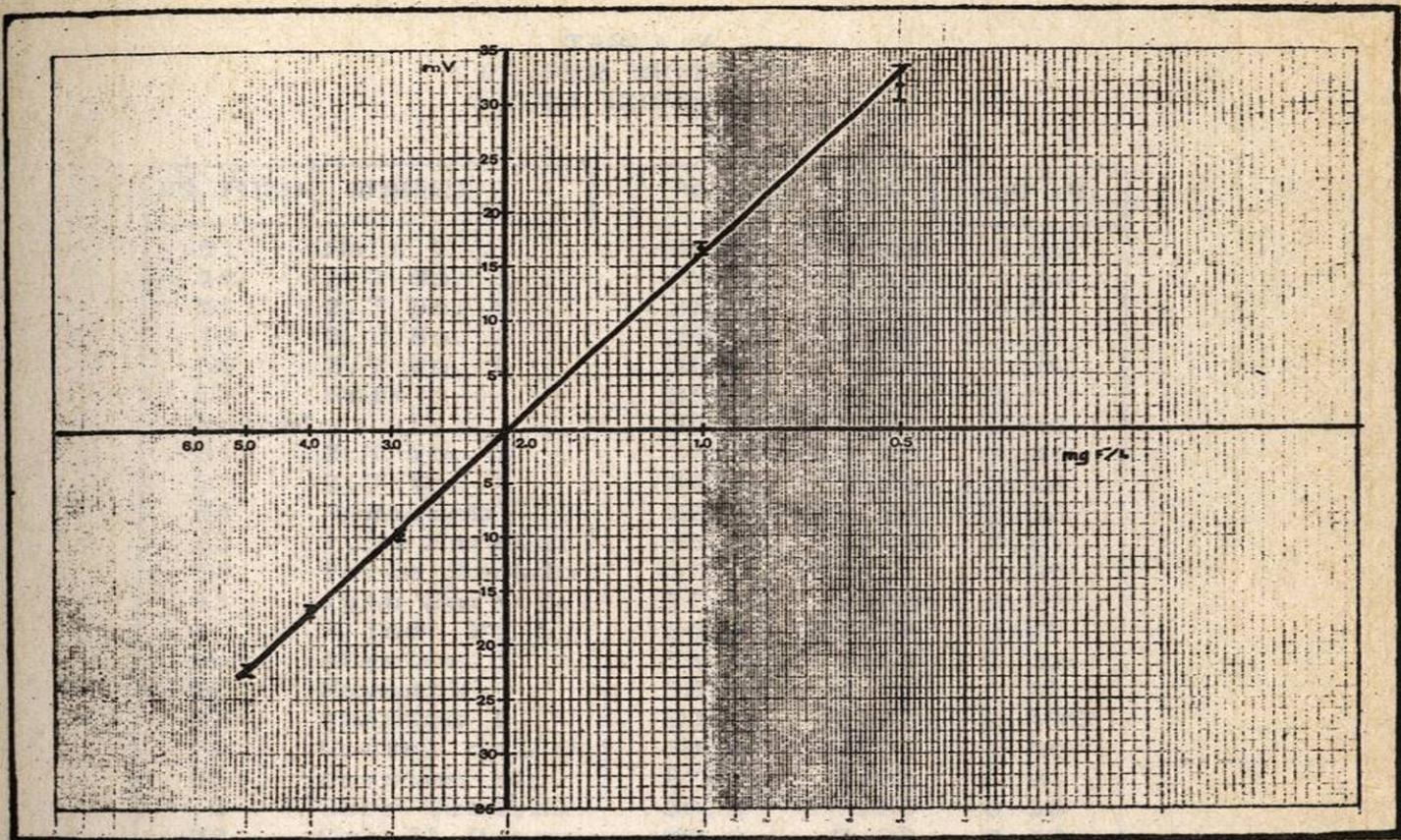


Fig. 7

Curva de Calibración estandar para determinación de Fluoruros.

Método Electrométrico de Ión Selectivo.

1	Atlix	32.5	7.31	0.25
2	Vallejo	32.5	7.28	0.22
3	Pedro Xorrand	28.5	7.24	0.21
4	Julián Carrillo	32.5	8.27	0.265
5	Manahuac	32.5	8.22	0.25
6	Michruac	27.5	7.15	0.20
7	Alameda	32.2	6.95	0.195
8	Cerro del Agua	27.5	7.24	0.21
9	Salustia Amador	28.5	6.24	0.21
10	Pedrona I	28.5	7.25	0.21
11	Av. Mexico	27.2	6.18	0.20
12	mercado Nap.	28.4	6.23	0.205

TABLA 7
PRIMER MUESTREO
ZONA SURESTE

Nº POZO	NOMBRE	T °C H ₂ O	pH	mgF ⁻ /L
51	SALK 1	36.5	7.24	3.60
18	Z.T No. 1	37.3	7.19	3.60
54	Z.T No. 5	35.3	7.62	3.57
19	Z.T No. 2	36.1	8.05	3.54
56	Z.T No. 6	36.1	7.29	3.49
53	Salk 5	35.3	7.62	3.57
	Rebombeo Gral.	36.6	8.20	3.47
31	Z.T No. 3	37.5	7.25	3.46
33	Z.T No. 4	36.6	7.26	3.46
44	Bomberos	36.0	7.34	3.28
23	Juan Sarabia I	38.5	7.30	3.37
58	Valle Dorado	37.5	7.81	3.25
41	Juan Sarabia I	37.8	7.30	3.23
45	Z.Ind. No.1	36.1	7.38	3.25
59	Abastos 3	34.8	7.53	2.12
60	Mayamil	32.0	7.53	1.65
32	Abastos I	29.7	8.08	1.495
30	Hostal del Q.	33.5	7.56	1.66
36	Abastos II	27.8	7.55	0.91
6	Carr. Central	30.2	7.58	0.95
38	Col. El Paseo	26.9	7.28	0.69

TABLA 8
PRIMER MUESTREO
ZONA CENTRO

Nº POZO	NOMBRE	T °C H ₂ O	pH	mgF ⁻ /L
27	Atlas	32.0	7.38	0.95
43	Vallejo	32.3	7.50	3.12
42	Pedro Moreno	28.0	7.04	3.54
61	Julián Carrilo	28.9	8.07	0.795
2	Fundadores	27.5	7.05	0.87
13	Xicotencatl	27.9	7.13	0.72
4	Alameda	30.2	8.06	0.585
3	Caja del Agua	27.5	7.04	0.51
7	Valentín Amador	28.2	6.94	0.46
47	Pedroza I	28.1	7.36	0.44
49	Av. México	27.2	7.10	<0.40
26	Mercado Rep.	26.8	6.93	<0.40

TABLA 9
PRIMER MUESTREO
ZONA NOROESTE

Nº POZO	NOMBRE	T °C H ₂ O	pH	mgF ⁻ /L
1	Muñoz	32.6	7.40	4.05
57	Tecnológico	32.4	7.43	3.54
55	Mezquital	32.3	7.48	3.58
50	Saucito	29.8	7.44	3.28
35	Unidad M. J. O	33.6	7.56	3.09
29	Santa Cruz	26.0	7.15	1.41
16	Vasco de Quiroga	26.9	7.15	1.31
40	Jacarandas	28.9	7.17	1.30
22	Tlaloc	26.9	7.38	1.17
15	La Venadita	27.2	8.10	0.69
37	Los Reyes	28.0	7.06	0.57
21	Tercera grande	28.2	7.35	0.46
9	Oyamel	27.9	7.06	<0.40
46	Jardín Santiago	27.4	7.87	<0.40

TABLA 10
PRIMER MUESTREO
ZONA CONURBADA CON SOLEDAD DE GRACIANO SANCHEZ

Nº POZO	NOMBRE	T °C H ₂ O	pH	mgF ⁻ /L
ZA553	P. del Maurel	30.5	7.89	3.18
ZA901	Polvorín	35.0	7.35	3.04
ZA417	J. del Valle	37.7	7.16	3.02
ZA415	U. P. A.	35.4	7.34	2.66
	S. Antonio J.	34.3	7.46	2.66
ZA418	Silva Herzog	35.3	7.36	2.52
ZA191	H. Obreros	18.3	7.50	1.71
ZA900	Hogares FFCC	32.1	6.40	1.99
ZA835	Las Palmas	27.6	7.26	0.80
ZA413	Col. S. Antonio	30.9	6.94	0.72
	21 de Marzo	22.9	7.33	0.66
	Foresta	29.5	7.33	0.58
ZA1110	Pavón	28.1	6.95	0.54
ZA930	Soledad de G.S.	28.1	6.08	<0.40
ZA943	San Felipe	26.5	7.01	<0.40
ZA411	Benito Juárez	26.2	7.01	<0.40
ZA412	Col. W	23.8	6.95	<0.40
ZA341	La Hormiga	28.0	6.54	<0.40

TABLA 11
PRIMER MUESTREO
PLANTA POTABILIZADORA "LOS FILTROS"

	T °C H ₂ O	pH	mgF ⁻ /L
Filtros Entrada	14.2	6.82	0.71
Filtros Ducto B Lomas	14.5	6.82	0.71
Filtros Ducto 2ª Caseta	14.7	6.29	0.65
Filtros Ducto 1ª Caseta	14.2	6.09	0.59
Ducto Carcamo de Reb.	13.4	6.12	0.59

TABLA 12
SEGUNDO MUESTREO
ZONA SURESTE

Nº POZO	NOMBRE	T °C H ₂ O	pH	mgF ⁻ /L
51	Salk 1	36.9	7.98	3.80
18	Z. T No. 1	35.4	7.55	3.72
54	Z. T No. 5	34.5	7.35	3.57
19	Z. T No. 2	36.6	8.04	3.61
56	Eje 104	35.1	7.57	3.63
53	Salk 5	36.8	7.84	3.60
	Rebombeo General	36.2	8.07	3.46
31	Z. T No. 3	35.7	7.58	3.60
33	Z. T No. 4	35.3	7.47	3.51
44	Bomberos	32.8	7.29	3.42
23	Juan sarabia I	36.7	7.60	3.34
58	Valle Dorado	33.0	7.58	3.39
41	Juan Sarabia II	38.1	7.65	3.54
45	Zona Ind.No.1	32.3	7.63	3.31
59	Abastos 3	29.8	7.68	2.21
32	Abastos 1	29.9	7.86	1.47
30	Hostal del Q.	30.8	7.76	1.19
36	Abastos 2	26.5	7.56	0.89
6	Carr. Central	29.0	7.53	0.95
38	Col. el Paseo	30.5	7.37	0.89

TABLA 13
SEGUNDO MUESTREO
ZONA CENTRO

Nº POZO	NOMBRE	T °C H ₂ O	pH	mgF ⁻ /L
27	Atlas	33.9	7.73	3.40
43	Vallejo	33.3	7.80	3.39
42	Pedro Moreno	29.0	7.52	1.02
61	Julián Carrillo	29.0	8.09	0.80
2	Fundadores	28.8	7.38	0.89
13	Xicotencatl	28.7	7.31	0.72

TABLA 14
SEGUNDO MUESTREO
ZONA NOROESTE

Nº POZO	NOMBRE	T °C H ₂ O	pH	mgF ⁻ /L
1	Muñoz	33.0	8.02	3.99
57	Tecnológico	32.0	8.01	3.73
55	Mezquital	32.9	8.02	3.73
50	Saucito	30.1	7.90	3.48
35	Unidad M.J.O	33.6	7.98	3.22
29	Santa Cruz	26.3	7.69	1.42
16	Vasco de Quiroga	27.8	7.75	1.25
40	Jacarandas	29.2	7.36	1.40
22	Tlaloc	28.5	7.88	1.35

TABLA 15
SEGUNDO MUESTREO
ZONA CONURBADA CON SOLEDAD DE GRACIANO SANCHEZ

Nº POZO	NOMBRE	T °C H ₂ O	pH	mgF ⁻ /L
ZA553	P. del Maurel	31.0	8.09	3.19
ZA901	Polvorín	35.5	7.83	3.05
ZA417	J. del Valle	35.9	7.70	3.07
ZA415	U. P. A.	32.3	7.54	2.64
ZA191	H. Obreros	26.3	7.67	1.68
ZA900	Hogares F.F.C.C	32.0	7.63	1.43
ZA835	Las Palmas	28.3	7.63	<0.40
ZA413	Col. San Antonio	31.3	7.57	0.65
	21 de Marzo	24.6	8.13	0.60

TABLA 16
 TERCER MUESTREO
 ZONA SURESTE

Nº POZO	NOMBRE	CONDUCTIVIDAD µMhos/ cm	ALCALINIDAD mg CaCO ₃ /L	DUREZA TOTAL mg CaCO ₃ /L	DUREZA DE CALCIO mg CaCO ₃ /L	DUREZA DE MAGNESIO mg CaCO ₃ /L	T °C H ₂ O	pH	Conc. mg F
51	Salk 1	269.2	120.46	61.64	46.30	15.34	36.29	7.41	3.74
18	Z.T No.1	276.4	111.63	53.52	43.00	10.52	36.53	7.34	3.67
54	Z.T No.5	277.1	115.95	54.12	43.00	11.12	35.89	7.65	3.66
19	Z.T No.2	280.4	122.62	56.38	37.43	18.95	35.90	7.59	3.61
56	Z.T No.6	281.4	118.11	63.40	48.41	14.99	36.19	7.58	3.61
53	Salk 5	262.1	116.28	66.45	49.91	16.54	35.33	7.36	3.58
	Rebombero Gral.	275.4	120.49	58.03	41.80	16.25	36.87	7.61	3.56
72	Simón Díaz	285.5	131.66	72.29	57.96	14.33	34.93	7.67	3.54
31	Z.T. No.3	267.69	117.98	58.93	42.66	16.27	37.69	7.54	3.53
33	Z.T. No.4	279.2	119.20	61.64	45.70	15.94	36.41	7.51	3.51
44	Bomberos	262.7	116.52	54.12	33.37	20.75	36.27	7.53	3.45
23	Juan Sarabia I	253.6	116.72	60.73	46.33	14.40	39.53	7.44	3.44
58	Valle Dorado	250.8	118.54	56.53	45.70	10.83	38.86	7.60	3.43
41	Juan Sarabia II	254.6	110.09	55.62	42.09	13.53	37.82	7.47	3.35
45	Zona Ind. No.1	269.6	118.69	64.34	45.69	18.65	36.06	7.54	3.35
34	El Arbolito	256.9	120.58	63.72	47.21	16.51	35.15	7.63	3.08
65	Av. Industrias	243.5	115.32	55.32	44.50	10.82	36.61	7.85	3.04
68	P. San V. II	259.2	116.00	58.33	46.90	11.43	24.31	7.70	2.78
59	Abastos 3	222.3	100.71	58.63	43.30	15.33	34.84	7.59	2.17
69	P.San V. II	213.75	108.13	52.31	40.89	11.42	35.19	7.51	2.05
60	Mayamil	197.4	100.18	57.43	47.50	9.93	33.36	7.59	1.57
32	Abastos I	210.4	103.03	64.94	52.92	12.02	30.08	7.62	1.50
63	Prados Glorieta	193.3	104.77	62.38	45.87	16.51	30.58	7.56	1.36
30	Hostal del Q.	220.1	105.60	64.69	51.11	13.58	30.21	7.74	1.22
36	Abastos 2	205.4	97.83	67.35	52.58	14.77	29.64	7.66	0.91
6	Carr. Central	182.3	91.92	64.94	45.70	19.24	31.21	7.61	0.90
70	P. San V. III	248.0	113.88	70.96	52.92	18.04	28.46	7.69	0.82
38	Col. El Paseo	200.6	107.96	89.68	70.65	19.03	29.00	7.69	0.70

TABLA 17
TERCER MUESTREO
ZONA CENTRO

Nº POZO	NOMBRE	CONDUCTIVIDAD µMhos/ cm	ALCALINIDAD mg CaCO ₃ /L	DUREZA TOTAL mg CaCO ₃ /L	DUREZA DE CALCIO mg CaCO ₃ /L	DUREZA DE MAGNESIO mg CaCO ₃ /L	T °C H ₂ O	pH	Conc. mg F
27	Atlas	246.43	129.80	67.39	49.49	17.90	34.43	7.60	3.50
43	Vallejo	291.00	138.91	72.88	54.78	19.00	32.91	7.49	3.49
28	Los Vargas	275.38	139.19	77.48	59.90	17.58	31.12	7.54	3.36
42	Pedro Moreno	99.87	55.99	31.91	17.40	14.51	28.06	7.09	1.01
61	Julián Carrillo	249.25	119.85	100.69	74.41	26.28	29.44	7.50	0.85
2	Fundadores	97.67	65.22	34.48	18.60	15.88	28.50	7.12	0.84

TABLA 18
TERCER MUESTREO
ZONA NOROESTE

Nº POZO	NOMBRE	CONDUCTIVIDAD µMhos/ cm	ALCALINIDAD mg CaCO ₃ /L	DUREZA TOTAL mg CaCO ₃ /L	DUREZA DE CALCIO mg CaCO ₃ /L	DUREZA DE MAGNESIO mg CaCO ₃ /L	T °C H ₂ O	pH	Conc. mg F
1	Muñoz	254.25	132.65	63.54	45.53	18.01	37.50	7.51	4.07
57	Tecnológico	251.13	119.17	63.92	48.01	15.91	34.94	7.25	3.78
55	Mezquital	248.75	129.63	66.13	50.03	16.10	35.28	7.43	3.77
64	Lomas Mezquital	250.00	125.79	64.92	46.82	18.10	36.57	7.63	3.71
50	Saucito	245.00	121.46	64.26	51.20	13.06	32.21	7.45	3.68
35	Unidad M. J. O.	233.57	107.11	58.33	42.60	15.73	36.06	7.33	3.43
67	Las Julias	241.87	126.72	62.58	49.91	12.67	27.25	7.51	3.19
71	El Sauzalito	249.30	120.87	66.00	53.26	12.74	35.14	7.57	3.14

TABLA 19
TERCER MUESTREO
ZONA CONURBADA CON SOLEDAD DE GRACIANO SANCHEZ

POZO ZA	NOMBRE	CONDUCTIVIDAD µMhos/ cm	ALCALINIDAD mg CaCO ₃ /L	DUREZA TOTAL mg CaCO ₃ /L	DUREZA DE CALCIO mg CaCO ₃ /L	DUREZA DE MAGNESIO mg CaCO ₃ /L	T °C H ₂ O	pH	Conc. mg F
901	Polvorín	234.16	122.33	64.62	48.95	15.68	35.17	7.71	3.10
417	J. del Valle	228.57	118.59	65.33	53.66	11.67	37.14	7.50	3.03
415	U. P. A.	221.43	120.61	64.51	49.77	14.75	38.68	7.79	2.74
418	Silva Herzog	208.57	116.58	61.64	47.68	13.96	35.71	7.43	2.61
191	Hogares Obreros	205.71	118.02	69.84	49.54	21.30	35.93	7.70	1.70
900	Hogares F. F. C. C.	204.66	105.66	70.28	44.08	26.20	32.33	7.65	1.66
413	Col. San Antonio	144.16	72.33	59.51	41.26	18.25	32.30	7.50	0.73

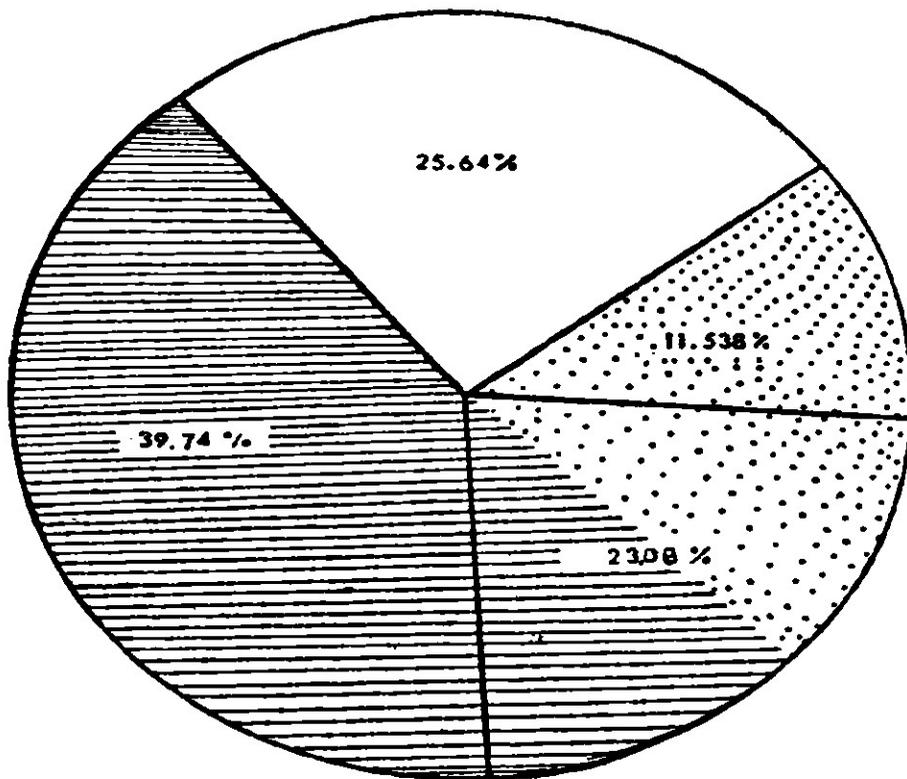
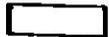
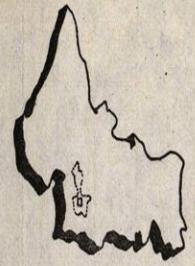
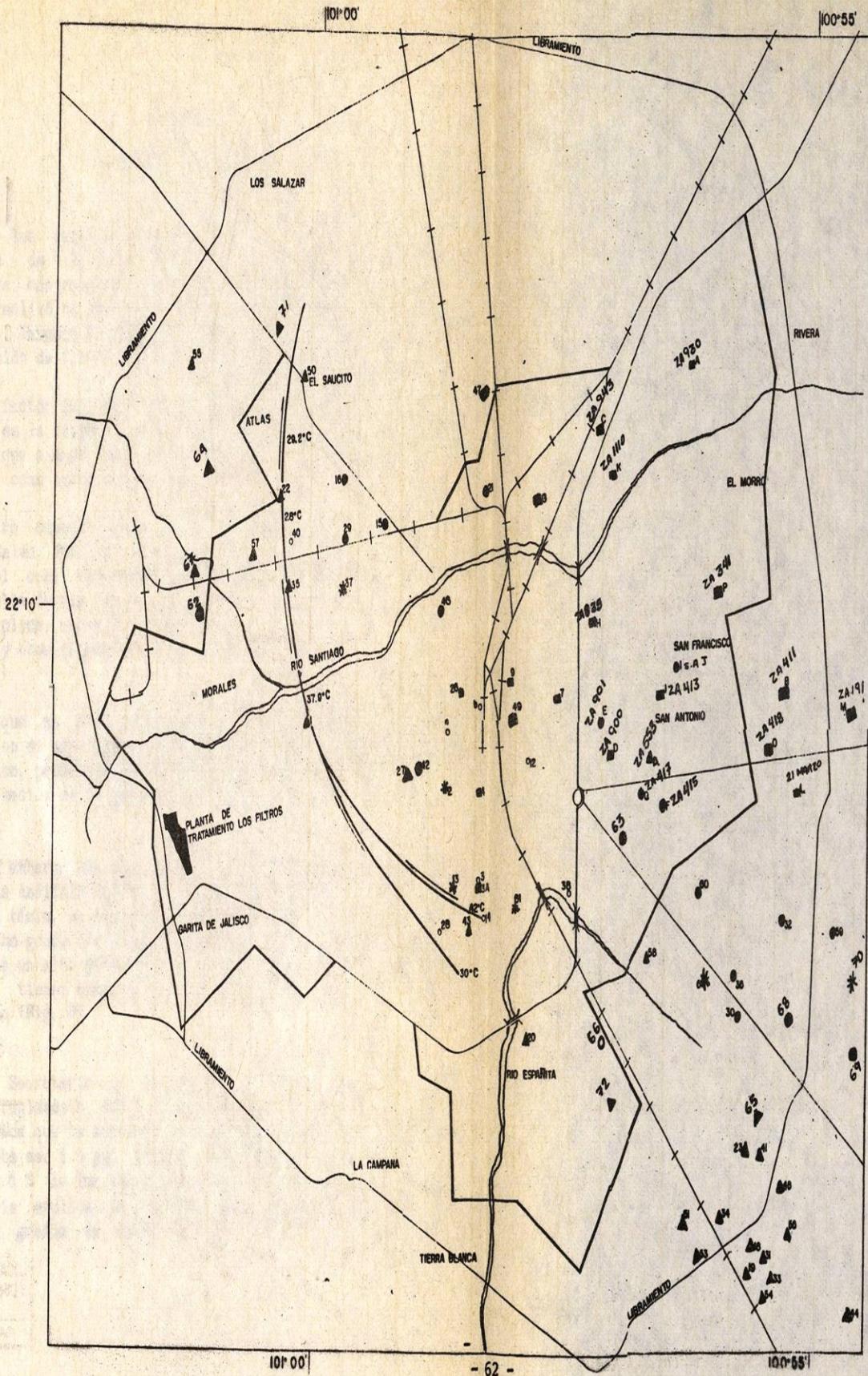


Fig. 8

Representación Porcentual de Concentración de Fluoruros en los Pozos Analizados.

-  Concentración > 1.5 mg F⁻/L. (52.6 % de los Pozos) que causa Fluorosis Dental.
-  Concentración óptima máxima recomendable (0.7 - 1.5 mg F⁻/L)
-  Concentración menor a lo óptimo.

- 39.74 % De los Pozos con Concentración de 3.0 a 4.0 mg F⁻/L
- 23.08 % De los Pozos con Concentración de 1.0 a 3.0 mg F⁻/L
- 11.538 % De los Pozos con Concentración de 0.7 a 1.0 mg F⁻/L
- 25.64 % De los Pozos con Concentración menor de 0.7 mg F⁻/L



LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

SIMBOLOGIA

- CARRETERA
- +— VIA DE FERROCARRIL
- MANCHA URBANA
- 29.2°C — CORRIENTE SUBTERRANEA
- POZO DE AGUA POTABLE

ESCALA 1:25 000



- POZO CON CONCENTRACION MENOR A 0.7ppm
- * POZO CON CONCENTRACION ENTRE 0.7 Y 1 ppm
- POZO CON CONCENTRACION ENTRE 1 Y 3 ppm
- ▲ POZO CON CONCENTRACION ENTRE 3 Y 4 ppm

FLUORUROS EN AGUA DE CONSUMO EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ,

Fig. 9

LOCALIZACION DE POZOS DE AGUA POTABLE Y DIRECCION DE LA CORRIENTE SUBTERRANEA TERMAL

SAN LUIS POTOSÍ

1989

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

En los resultados obtenidos, no se observó variación apreciable de la concentración de fluoruros, ni de la temperatura, con respecto a la hora de muestreo, por esta razón, solo se realizó un muestreo diario por abastecimiento y durante una semana. Tampoco se observó un incremento significativo de la concentración de fluoruros en las diferentes etapas del muestreo.

Un factor importante en la disolución de los minerales del acuífero es la temperatura del agua. Esto explica el porque se determinó que a mayor temperatura del agua mayor concentración de fluoruros, como puede observarse en la Fig. 10

Otro constituyente del agua aunque desde el punto de vista de Salud Pública menos importante que el fluoruro, es el calcio, el cual representa aproximadamente las tres cuartas partes de la dureza total, y el magnesio, sola una cuarta parte lo que explica, según las referencias, su contacto con material volcánico y como consecuencia su origen termal.

Aunque no esta comprobado que la presencia de estos cationes en el agua pueda modificar la absorción de fluoruro en el organismo, probablemente estos la disminuyen en cierta medida por la formación de un complejo insoluble que se excreta .

Sin embargo aún considerando estos aspectos en un estudio reciente de Análisis Dental, del mismo proyecto del cual forma parte esta tesis, se encontró, que existe fluorosis dental hasta en el último grado (de 4º grado). Además los resultados obtenidos indican que un alto porcentaje de los abastecimientos analizados (62.8 %), tienen concentración de fluoruros mayor a lo óptimo recomendado. (Fig. 8)

La Secretaria de Salubridad y Asistencia en su más reciente reglamento sobre aguas para uso potable (18 de enero 1988), indica que la concentración óptima de fluoruros en el agua potable debe ser 1.5 ppm máximo. Tomando en cuenta este criterio aún el 52.6 % de los abastecimientos sobrepasa a este valor. Esto podría explicar la presencia de fluorosis dental en sus diferentes grados de severidad (Reporte interno, CIEP/FCQ, UASLP).

El grado y severidad de la fluorosis no solo dependen de la concentración de fluoruros en el agua, sino también de los aspectos de nutrición de las personas y en la Ciudad de San Luis Potosí, de la irregular distribución de esta ya que los habitantes de una zona dada no siempre reciben agua del mismo abastecimiento. Por esta razón, es difícil determinar, si hay una relación directa entre la concentración de fluoruro y el grado de severidad de la fluorosis dental.

Es interesante hacer notar además, que los pozos de concentración entre 3 y 4 ppm de F^- , se distribuyen en una franja bien definida que se extiende de sureste a noreste de la ciudad. La localización de estos pozos parece ser la misma de la corriente termal (Fig. 9), e incluso la temperatura del agua es superior a los 30 °C. Es probable que los pozos con concentración entre 1 y 3 ppm de F^- pertenezcan a la corriente de aguas de aluviones y que los de menor concentración pertenezcan al acuífero superior y de aguas frías.

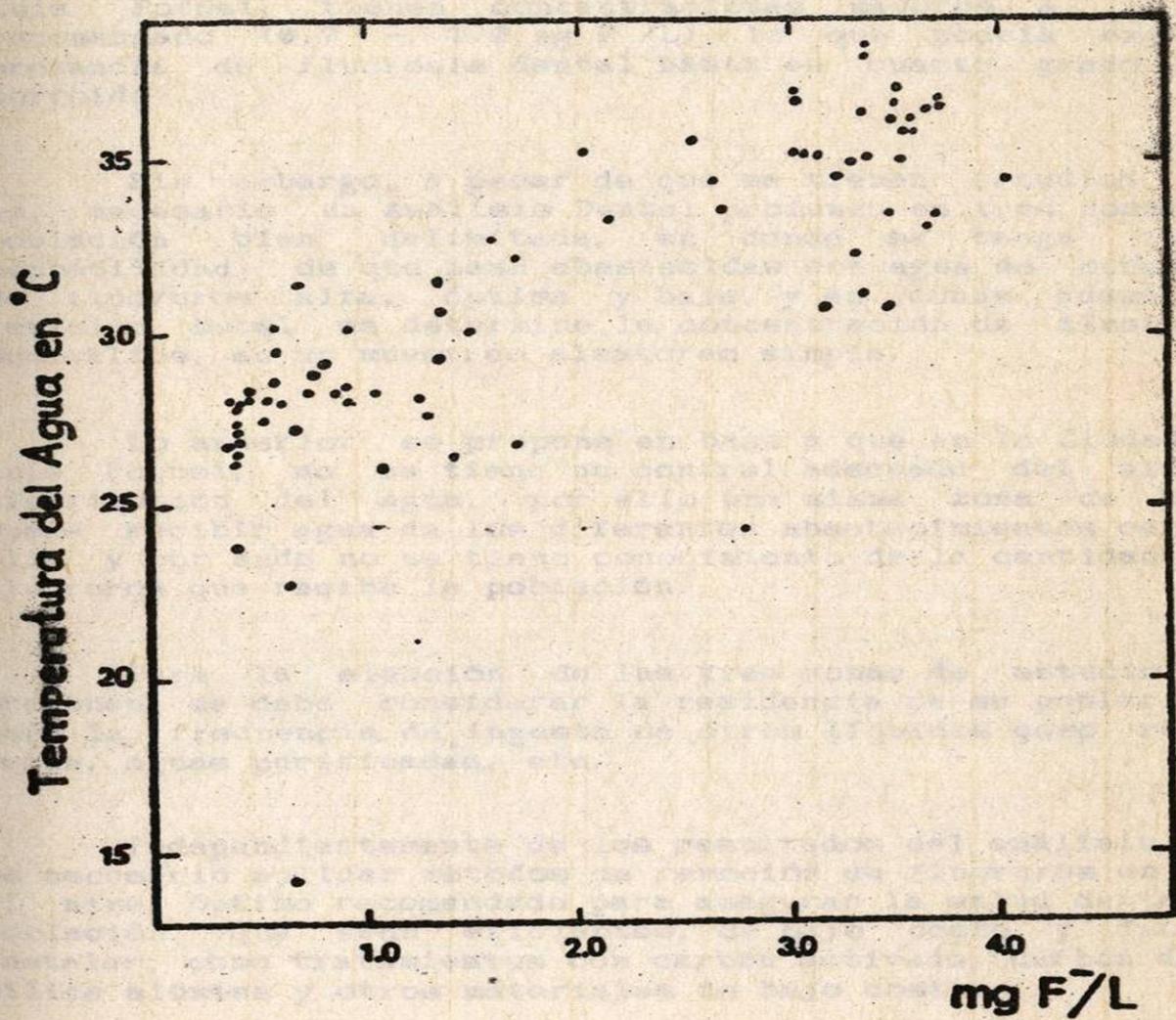


Fig. 10

Relación entre la Temperatura del Agua de los Pozos Analizados y la Concentración de Fluoruros.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

El 62.82 % de los abastecimientos en la Ciudad de San Luis Potosí, tienen concentraciones mayores a lo óptimo recomendado ($0.7 - 1.0 \text{ mg F}^-/\text{L}$), lo que podría explicar la presencia de fluorosis dental hasta en cuarto grado (aspecto corroído).

Sin embargo, a pesar de que se tienen estudios dentales es, necesario un Análisis Dental profundo en tres zonas de la población bien delimitada, en donde se tenga la mayor probabilidad de que sean abastecidas con agua de concentración de fluoruros alta, óptima y baja, y en donde además de la revisión bucal se determine la concentración de fluoruros por domicilios, en un muestreo aleatorio simple.

Lo anterior se propone en base a que en la Ciudad de San Luis Potosí, no se tiene un control adecuado del sistema de distribución del agua, por ello una misma zona de población puede recibir agua de los diferentes abastecimientos cercanos a ella y por ende no se tiene conocimiento de la cantidad real de fluoruros que recibe la población.

Para la elección de las tres zonas de estudio que se proponen se debe considerar la residencia de su población, así como la frecuencia de ingesta de otros líquidos como refrescos, leche, aguas purificadas, etc.

Independientemente de los resultados del análisis dental, es necesario aplicar métodos de remoción de fluoruros en el agua al nivel óptimo recomendado para asegurar la salud dental de la población, que sean eficientes, de bajo costo y fáciles de instalar, como tratamientos con carbón activado, carbón de hueso, sílica alúmina y otros materiales de bajo costo.

ANEXO 1

**" MANCHA URBANA DE SAN LUIS POTOSI"
LOCALIZACION DE LOS POZOS DE TIPO PROFUNDO**

Municipio de San Luis Potosí (Clave de Identificación M)

ZONA SURESTE

Nº	NOMBRE	UBICACION
M 6	Carr. Central	Carretera No.57 (Central)
18	Zona Termal 1	Noreste 100 M
19	Zona Termal 2	Junto al Rebombeco San Leonel
	Rebombeo Gral.	Rebombeo General
23	Juan Sarabia I	Garantias Ind. esq. Obren Mundial
30	Hostal del Q.	Lado Noreste del Hostal del Quijote
31	Zona Termal 3	Este a 700 M.
32	Abastos I	Jose de Galvez esq. Cereales
33	Zona Termal 4	Sureste a 500 M.
34	El arbolito	Fabrica de Cartuchos CCI. Noreste 100 M
36	Abastos 2	Prolongación Calle Lisboa
38	Col. El Paseo	Av. de los Truenos esq. Diagonal Sur
41	Juan SarabiaII	Artículo 123
44	Bomberos	Eje 118 junto a Estación Bomberos
45	Z. Ind. No.1	Av.Planeación entre eje 120 y 119
51	Salk 1	Av. Salk a 500 M. Libramiento Sur
53	Salk 5	Av. Salk Junto al Libramiento
54	Zona Termal 5	Al Sur 800 M.
56	Zona Termal 6	Al final del Eje 104
58	Valle Dorado	Av. Zirconio y Amatista
59	Abastos 3	Torreón Col. Infonavit, Abastos
60	Mayamil	Entre Lisboa y Portugal
63	P. Glorieta	Av. De los Colorines Lado Nte. Carr.57
65	Av.Industrias	Av. Mtz. de la Vega y Amatista
68	San Vicente I	Lado Norte Carr. 57 Calle 51
69	Sn.Vicente II	Calle 99
70	Sn.Vicente III	Rancho Viejo. Domicilio Conocido
72	Simón Díaz	Prolongación Simón Díaz y Calle 2 D. H

ZONA CENTRO

Nº	NOMBRE	UBICACION
M 2	fundadores	Plazoleta de Fundadores
3	Caja de Agua	Av. Juárez Junto a la Caja de Agua.
4	Alameda	Lado Norte de la Alameda Central
7	V. Amador	Valentín Amador esq. F.F.C.C. S. I
13	Xicotencatl	Xicotencatl esq. Fernando Rosas
26	M. República	16 de Sept. y Moctezuma
27	Atlas	Nicolás Zapata y Campo Atlas
28	Los Vargas	Los Vargas esq. Juan Bustamante
42	P. Moreno	Pedro Moreno esq. Urestí
43	Vallejo	Vallejo esq. Agustín Melgar
47	Pedroza I	Lirio esq. Moctezuma
49	Av. México	Av. México esq. Azteca Norte
61	Julián Carrillo	En el Jardín de la Colonia

ZONA NOROESTE

Nº	NOMBRE	UBICACION
M 1	Muñoz	Muñoz esq. Nereo R. Barragán
9	Oyamel	Oyamel esquina con Pino
15	La Venadita	Sandoval, col. Industrial Aviación
16	V. de Quiroga	Vasco de Quiroga esq. J. Toribio Benavente
21	Tercera Gde.	Prolongación Jaime Sordo Col. Tercera Gde.
22	Tlaloc	Kukulcan esq. Tlaloc Col. retornos
29	Santa Cruz	Calle 3 esq. Calle 13 Col. Ind. Aviación
35	Unidad M. J. O.	Guillermo García V.M.
37	Los Reyes	Rey Arturo Esq. Nerfititi
40	Jacarandas	Avenida Truenos
46	J. Santiago	Av. de la Paz y Jardín de santiago
50	Saucito	Benjamín Argumedo esq. Manuel herrero
55	Mezquital	Av. Mezquital
57	Tecnológico	Roble Fracc. Tecnológico
62	Inf. Morales	Andador del soldador cerca Vías de FF.CC
64	L. Mezquital	Atras del Fracc. Valle de tecnológico
67	Las Julias	Flamingo y Golondrinas
71	El Sauzalito	Av. Pánfilo Natero y San Vicente Mártir

ZONA CONURBADA CON SOLEDAD DE GRACIANO SANCHEZ

(Clave de Identificación, ZA)

ZA	NOMBRE	UBICACION
418	Silva Herzog	Valle de Anáhuac s/n Uxmal.Hog. F.F.C.C 2ª
553	P.del Maurel	Andador de la Rosa y Andador Gladiola
901	Polvorín	Unidad Fidel Velázquez Plaza 1º de Mayo
417	J. del Valle	Km 1½ Carretera Rio Verde
	Sn. Antonio J.	Carranza 800 M. Unidad Hab. Sn Antonio Inf.
415	U. P. A.	Circuito Sur y Poniente UPA
900	Hog. F.F.C.C	Andador del Invierno y And. Primavera 1ª
191	Hog. Obreros	Andador del Soldador y And. del tapicero
413	Col. Sn. Antonio	Miguel Alemán y Alvaro Obregón
	21 de Marzo	Calle Fco. Villa y Fco. Glz. Bocanegra
1110	Pavón	Paseo de la Cañada s/n Unidad Hab. Pavón
	Foresta	Calle Oslo y Golfo de México
835	Las Palmas	Chiapas con Rep. del Perú
930	Soledad G.S.	Negrete frente al 121 Soledad de G. S.
943	San Felipe	Av. Soledad y Santo Domingo
411	Benito Juárez	Calle 21 de Marzo, 18 de Julio
412	Colonia W	Vicente Guerrero y Saturnino Cedillo
341	La Hormiga	Av. San Pedro y Negrete Col. San Fco.

ANEXO 2

V Valores Promedio de Temperatura del Agua y Concentración de Fluoruros en los Abastecimientos de Agua de la Mancha Urbana de San Luis Potosí.

ZONA SURESTE

Nº POZO	NOMBRE	Primer Muestreo		Segundo Muestreo		Tercer Muestreo		PROMEDIO	
		T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L
51	Salk 1	36.3	3.60	36.9	3.80	36.29	3.74	36.496	3.71
18	Zona Termal 1	37.3	3.60	35.4	3.72	36.53	3.67	36.41	3.66
54	Zona Termal 5	36.6	3.54	34.5	3.57	35.89	3.66	35.66	3.59
19	Zona termal 2	36.1	3.54	36.6	3.61	35.90	3.61	36.20	3.59
56	Zona Termal 6	36.1	3.49	35.1	3.63	36.20	3.61	35.80	3.58
53	Salk 5	35.3	3.57	36.8	3.60	35.33	3.58	35.81	3.58
72	Simón Díaz I					34.93	3.54	34.93	3.54
31	Zona Termal 3	37.5	3.46	35.7	3.60	37.69	3.53	36.96	3.53
	Rebombero Gral.	36.6	3.47	36.2	3.46	36.87	3.56	36.56	3.50
33	Zona Termal 4	36.6	3.46	35.3	3.51	36.41	3.51	36.10	3.49
44	Bomberos	36.0	3.28	32.8	3.42	36.27	3.45	35.02	3.38
23	Juan Sarabia I	38.5	3.37	36.7	3.34	39.53	3.43	38.24	3.38
41	Juan Sarabia II	37.8	3.23	38.1	3.54	37.82	3.35	37.91	3.37
58	Valle Dorado	37.5	3.25	33.0	3.39	38.43	3.43	36.31	3.36
45	Zona Ind. No.1	36.1	3.25	32.3	3.31	36.06	3.35	34.82	3.30
34	El Arbolito					35.15	3.08	35.15	3.08
65	Av. Industrias					36.61	3.04	36.61	3.04
68	P. Sn. Vicente I					24.31	2.78	24.31	2.78
59	Abastos 3	34.8	2.12	29.8	2.21	34.89	2.17	33.16	2.17
69	P. Sn. Vicente II					35.19	2.05	35.19	2.05
60	Mayamil	32.0	1.65			33.36	1.57	32.68	1.61
32	Abastos I	30.0	1.49	29.9	1.47	30.08	1.50	29.99	1.49
63	P. Glorieta					30.58	1.36	30.58	1.36
30	H. del quijote	33.5	1.66	30.8	1.19	30.21	1.22	31.50	1.36
6	Carr. Central	30.2	0.95	29.0	0.95	31.21	0.90	30.14	0.93
36	Abastos II	27.8	0.91	26.5	0.89	26.64	0.95	27.98	0.92
70	P. Sn. Vicente III					28.46	0.82	28.46	0.82
38	Col. El Paseo	26.9	0.69	30.5	0.89	29.0	0.70	28.80	0.76

ZONA CENTRO

Nº POZO	NOMBRE	Primer Muestreo		Segundo Muestreo		Tercer Muestreo		PROMEDIO	
		T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L
27	Atlas	32.0	3.54	33.9	3.40	34.43	3.50	33.44	3.48
28	Los Vargas					31.12	3.36	31.12	3.36
43	Vallejo	32.3	3.12	33.3	3.39	32.91	3.49	32.83	3.33
42	Pedro Moreno	28.0	1.08	29.0	1.02	28.06	1.01	28.35	1.04
2	Fundadores	27.5	0.87	28.8	0.89	28.5	0.84	28.27	0.87
61	Julián Carrillo	28.9	0.795	29.0	0.80	29.44	0.85	29.11	0.815
13	Xicotencatl	27.9	0.72	28.7	0.72			28.30	0.72
4	Alameda	30.2	0.58					30.20	0.58
3	Caja de Agua	27.5	0.51					27.50	0.51
47	Pedroza I	28.1	0.44					28.10	0.44
49	Av. México	27.2	<0.40					27.20	<0.40
7	Valentín Amador	28.2	0.46					28.20	0.46
26	Mercado Rep.	26.8	<0.40					26.80	<0.40

ZONA NOROESTE

Nº POZO	NOMBRE	Primer Muestreo		Segundo Muestreo		Tercer Muestreo		PROMEDIO	
		T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L
1	Muñoz	32.6	4.05	33.0	3.99	37.50	4.07	34.37	4.04
64	L. de Mezquital					36.57	3.71	36.57	3.71
55	Mezquital	32.3	3.58	32.9	3.73	35.28	3.77	33.49	3.69
57	Tecológico	32.2	3.54	32.0	3.73	34.94	3.78	33.05	3.68
50	Saucito	29.0	3.28	30.1	3.48	32.21	3.68	30.70	3.48
35	Unidad M. J. H.	33.6	3.09	33.6	3.22	36.06	3.43	34.42	3.25
67	Las Julias					27.25	3.19	27.25	3.19
71	El Sauzalito					35.14	3.14	35.14	3.14
29	Santa Cruz	26.0	1.41	26.3	1.42	26.93	1.35	26.41	1.39
40	Jacarandas	28.9	1.30	29.2	1.40	29.94	1.31	29.35	1.34
16	V. de Quiroga	26.9	1.31	27.8	1.25	28.25	1.25	27.65	1.27
22	Tlaloc	26.9	1.17	28.5	1.35	28.92	1.16	28.11	1.23
62	Inf. Morales					26.12	1.08	26.12	1.08
15	La Venadita	27.2	0.69					27.20	0.69
37	Los Reyes	28.0	0.57			29.19	0.59	28.59	0.58
21	Tercera Gde.	28.2	0.46					28.20	0.46
9	Oyamel	27.9	<0.40					27.90	<0.40
46	J. de Santiago	27.4	<0.40					27.40	<0.40

ZONA CONURBADA CON SOLEDAD DE GRACIANO SANCHEZ

ZA	NOMBRE	Primer Muestreo		Segundo Muestreo		Tercer Muestreo		PROMEDIO	
		T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L	T°C H ₂ O	mg F ⁻ /L
553	Praderas del M	30.5	3.18	31.0	3.19			30.75	3.185
901	Polvorín	35.0	3.04	35.5	3.05	35.17	3.10	35.22	3.06
417	J. Del Valle	37.7	3.02	35.9	3.07	37.14	3.03	36.91	3.04
415	U. P. A.	35.4	2.66	32.3	2.64	38.68	2.74	35.46	2.68
	San Antonio J.	34.3	2.66					34.30	2.66
418	Silva Herzog	35.3	2.52			35.71	2.61	35.50	2.56
900	Hogares F.F.C.C.	32.1	1.99	32.0	1.49	32.33	1.66	32.14	1.71
191	Hog. Obreros	18.3	1.71	26.3	1.68	35.93	1.70	26.84	1.70
413	Col. San Antonio	30.9	0.72	31.3	0.65	32.30	0.73	31.43	0.70
	21 de Marzo	22.9	0.66	22.6	0.60			22.75	0.63
835	Las Palmas	27.6	0.80	28.3	<0.40			27.95	0.60
	Foresta	29.5	0.58					29.50	0.58
1110	Pavón	28.1	0.54					28.10	0.54
930	Soledad de G.S.	28.1	<0.40					28.10	<0.40
943	San Felipe	26.5	<0.40					26.50	<0.40
411	Benito Juárez	26.2	<0.40					26.20	<0.40
412	Colonia V	23.8	<0.40					23.80	<0.40
341	La Hormiga	28.0	<0.40					28.00	<0.40

PLANTA "LOS FILTROS"

	ENTRADA	CARACANO	1ª CASETA	2ª CASETA	BELLAS LOMAS	PROMEDIO
T°C H ₂ O	14.20	13.40	14.20	14.70	14.50	14.20
mg F ⁻ /L	0.71	0.59	0.59	0.65	0.67	0.642

ANEXO 3

PROMEDIO EN LA CONCENTRACION DE FLUORUROS EN LOS REFRESCOS DE MAS CONSUMO EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSI

NOMBRE DEL REFRESCOS	F ⁻ mg/L	pH
Coca Cola	0.46	2.21
Fanta	0.48	2.65
Pop	0.40	2.34
Sprait	0.44	2.93
Sangría Casera	0.95	2.77
Pepsi Cola	1.08	2.11
Pepsi light	1.03	2.84
Mirinda	1.06	2.58
Squirt	3.55	2.60
Seven Up	3.61	2.98
Sidral Aga	3.54	2.71
Caballito	3.55	2.65
Zubba	3.28	2.22
Peñafiel	0.53	2.90
Barrilito	0.43	2.59
Pep	0.39	2.72
Del Valle	0.42	2.62
Jarritos	0.53	2.44
Sangría Señorial	0.54	2.64
Chaparrita del Naranja	0.54	2.64
Agua de Lourdes	5.95	6.52

BIBLIOGRAFIA

APHA, AWWA, WPCF. (1985). Determination of Inorganic Nonmetallic Constituents En: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Part 400, 16th Edition, Washington, D.C.

Arciniega., M.A. La fluoruración del agua. Antecedentes históricos y datos técnicos. Boletín AIDIS - SMISS. Editorial Año Nuevo. pp. 5 - 14.

Attwood., D., Blinkhorn., A.S., (1988). Trends in dental health of ten - year old after cessation of water fluoridation. The Lancet 2(8605). pp. 226 - 227.

Badwen., J.W., Deaton., T.G., Crenshaw., M.A. (1987). The short term uptake and retention of fluoride in developing enamel and bone. Journal of Dental Research 66(10). pp. 1587 - 1590.

Boyde., C.D., Cerklewski., F.L., (1987). Influence of type and level of dentary protein of fluoride bioavailability in the rat. Journal of Nutrition 117(12). pp. 2086 - 2090.

Brossa., Q.S. (1980). Toxicología Industrial Salvat. Cap. 11. pp. 131 - 139.

Brouwer., I.D., Backer., D.O., De Bruin., A. Hautvast., J.G. (1988). Unsuitability of word health organisation guide lines for fluoride concentrations in drinking water in Senegal. The Lancet.

Brussock., S.M., Kral. (1987). Efects of pH on expresion of sodium fluoride resistance. Journal of Dental Research. 66(10). University of Arkansas. pp. 1594 - 1596.

Cerklewski F., L. (1986). Enhancement of fluoride retention by low dietary chloride without manifestation of chloride deficiency in rats. Journal of Nutrition 117(12). pp. 2086 - 2090.

Cerklewski F., L. (1987). Influence for dietary magnesium on fluoride bioavallabilite in the rat. Journal of Nutrition. 117(3). pp. 496 - 500.

Ciancio, S.G. et. al. (1984). Farmacología Clínica para Odontólogos. Ed El Manual Moderno, 2a. Edición.

Coordinación General del Agua Potable Técnico y Administrativo del Ayuntamiento de San Luis Potosí, S.L.P. Dictamen del Estudio Hidrométrico Realizado en el Sistema de Agua Potable de San Luis Potosí, S.L.P. del 11 de Agosto al 9 de Noviembre de 1986. pp. 2 - 8.

Coordinación General del Agua Potable Técnico y Administrativo del Ayuntamiento de San Luis Potosí, S.L.P. (1989).

De Borgadello., L.T. (1979). Flúor. Revista de la Facultad de Odontología. Universidad Nacional de Córdoba. Vol. 11., No.1 y 2. Córdoba, República de Argentina. pp. 325 - 1071.

Desmond, J; Duffy; Heinz; Wahner; O'fallon; Kenneth; Johnson, A; Joan, M; Muhs; Beabout, W. J; Stephen, F; Jodgson; Lawrence, R. (1986). Mechanism of acute lower extremity pain syndrome. The American Journal of Medicine. Vol. 80. pp. 561 - 565.

Diesendorf M. (1986). The mistery of declining tooth decay. Nature. July, 322 (6075). pp. 125 - 129.

Dreisbach R. H. (1986). Manual de envenamiento, prevención, diagnóstico y tratamiento. 4a Edición. pp. 188 - 191.

Finn, S.B. (1976). Odontología Pediátrica . Ed. Interamericana, México. p. 413.

Germaine G. R; Tellefson L. M. (1986). Role of the cell membrane in pH dependent fluoride inhibition of glucose uptake by Streptococcus mutans. Antimicrobial Agents Chemotherapy. June, 29(1). pp. 58 - 61.

Gómez P., M. et. al. Terapéutica Médica para Odontólogos. Ed. Limusa, México. pp. 82 -85.

Guo M. K; Jeerasak N; Harold H; Messer; Ophaug R; Singer L. (1988). Retention of eskeletal fluoride during bone turnover in rats. Journal of Nutrition 118. pp. 362 - 366.

Hattab F. M. (1988). Pharmacokinetics of fluoride absorbed from dired seafoods by healthy adults. Journal of Clinical Pharmacology 34. pp. 489 - 493.

Huyh (1988). Fluoride in Cerebro spinal fluid of patients with fluorosis. Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry 51. pp. 1591- 1593.

Leung K., C. A. (1988). Water standard for fluoride. (letter). The Lancet, February, 27, 2(8583). p. 475 .

López M., R. Figueroa L., M. A. (1988). El flúor en México, tomando como modelo las ciudades de Mexicali, Tijuana y Ensenada. Travesía. Revista Trimestral de la Dirección General de Asuntos Académicos. Universidad Autónoma de Baja California, México. pp. 36 - 38.

Maier (1971). Fluoruración del Agua Potable. 1a. Edición en Español.

Medina R., F.; Villalobos C., I. (1962). Carta Geohidrológica de la Cuenca de San Luis Potosí, S.L.P. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. U.A.S.L.P. pp. 1 - 8

Medina R., F. (1974). Una Solución al problema del agua en San Luis Potosí, S.L.P. Boletín del II semestre de 1974, Jul - Dic, tomo VI Nums. 49 y 50 del Instituto de Geología y Metalurgia de la U.A.S.L.P. pp. 5 - 13.

Natale, Z. (1975). Flúor en Aguas Comerciales. Acta Odontológica Venezolana. Año 13. Nos. 1, 2 y 3. Caracas, Venezuela. pp. 78 - 93.

OPS (1976). Fluoruración. Documento FDH/52 de la Sección Dental de Salud Familiar, Organización Panamericana de la Salud. Washington D.C.

Salvat (1978). Flúor. Diccionario Enciclopédico Salvat. Ed. Salvat Editores de México, S.A. p. 1429.

S.S.A. (1988). Diario Oficial, Norma Fisicoquímica Sanitaria del 18 de Enero.

Sawyer C., W.; Perry L., M. (1967). Chemistry for Sanitary Engineering. Series in Sanitary Science and Water Resources Engineering. 2a. Edición. Ed. McGraw Hill. Tokio. pp. 327 - 337, 347 - 354.

Schamschula R., C. (1988). The fluoride content of selected food in relation to the fluoride concentration of water. Acta Physiological. Hungría, 72(2). pp. 217 - 227.

Stainley B.; Herfetz D., D. S.; Herschels M., P. H. (1986). Amounts of fluoride in self administered. Dental products: Safety considerations for children. Pediatrics Vol. 77, No.6. June. pp. 876 - 882.

Talamante C. E; Valencia G. J. (1988). Fluorosis un problema de Salud Pública en Ensenada. Travesía. Revista Trimestral. de la Dirección General de Asuntos Académicos. Universidad Autónoma de Baja California. octubre - Diciembre. pp. 39 - 42.

U. S. EPA. (1972). Water Quality Criteria. Ecological Research Series. Washington, D.C.

Villalobos, C. I. (1965). Pruebas Preliminares sobre el Contenido de Fluoruros en Aguas Disponibles en la Ciudad de San Luis Potosí. Contribución No. 36. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. pp. 1 - 7.

Villalobos, C. I.; Díaz de León, E. (1982). El contenido de fluoruros en aguas de consumo de la ciudad de San Luis Potosí, (1974). Folleto Técnico No. 40. Instituto de Geología y Metalurgia. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. pp. 31 - 36.

Wergedal J. E. et. al. (1988). Fluoride and bovine extrac influence cell proliferation and phosphatasa activities in human bone cell cultures. J. Clin. Orthop. No. 233, Agust. pp. 274 - 282.

William G., S., Maynard K., H., Barnett M., L. (1980). Tratado de Patología Bucal. 3a. Edición. Ed Interamericana. pp. 364 -435.

White, S.L. (1988). Water standards for fluoride. (letter). The Lancet. February. p. 475.

Wong I., Cutress T.W., Duncan J.F. (1987). The influence of incorporated on adsorbed fluoride on the dissolution of powdered and pelletized hidroxiapatite in fluoridated and - non fluoridated acid buffer. J. Dent. Res. 66(12). pp. 1732 - 1741.

FUENTE CHICA No. 145
SAN LUIS POTOSI, SLP.
TEL.: 5-60-68