

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

“Evaluación de la concentración de flúor en el agua de consumo diario de habitantes del valle de Tumbaco”

Cindy Paola Barrera Urgilés

Alumna de pregrado de la USFQ

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Odontología

Ana del Carmen Armas Vega, PhD. Ms.

Tutora

Quito, Mayo 2010

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias de la Salud
Facultad de Odontología**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**“Evaluación de la concentración de flúor en agua de consumo
diario de habitantes del valle de Tumbaco”**

Cindy Paola Barrera Urgilés

Ana del Carmen Armas, Dra.
Máster, Ph.D. en Operatoria Dental
Directora de la Tesis

Constanza Sánchez, Dra.
Miembro de Comité de Tesis

Jenny Collantes, Dra.
Miembro de Comité de Tesis

Pérez Martha, Dra.
Miembro de Comité de Tesis

Enrique Noboa, Dr
Decano del Colegio de Ciencia
de la Salud

Quito, Mayo 2010

© **Derechos de autor:** Según la actual Ley de Propiedad Intelectual, Art 5:

“el derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna.”

(Ecuador, Ley de Propiedad Intelectual, Art.5)

© **Derechos de autor: Cindy Paola Barrera Urgilés**
c.barrera@clinicadentalbarrera.com
2010

DEDICATORIA

A quien siempre me ha motivado a terminar lo que me proponga, por todas sus enseñanzas de vida que me han ayudado a subir cada escalón que casi siempre es más de difícil hacerlo, por darme todo ese amor incondicional, paciencia, y por supuesto valores y principios que aportan a mi crecimiento y madurez, por todo ese apoyo y esfuerzo inmensurable para dármele todo, a usted por hacerlo todo siempre más ligero, le amo.

A usted, Papito.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, gracias por su extrema confianza y credibilidad en mí. A mi madre, que a pesar de la distancia siempre estuvo ahí, dándome su apoyo y sobre todo sus consejos tan sabios que me ayudaron a terminar lo que empecé, gracias por ser mi mejor amiga. A mis hermanos Andrea, Nicolás y Andrés por formar parte de mi vida, gracias por creer en mí. A mi novio Darío Palacios por ser ese compañero total, te amo.

Un especial agradecimiento a la Dra. Constanza Sánchez quien ha sido prácticamente mi mentora profesional, quien ha exigido que dé todo de mí en cada cosa que me proponga, definitivamente es una persona que ha marcado mi vida, gracias Coty. A la Dra. Anita Armas por la PACIENCIA, la dedicación, entrega y pasión en este trabajo. A quien considero mi gran amiga, la Dra. Paulina Aliaga gracias por ser sobretodo esa persona con quién he podido contar, gracias por escuchar, guiar y ayudarme en todo.

A mis profesores, Juan José Raquela, Carolina Herrera, Juan Carlos Izquierdo, Mauricio Tinajero, Germán Moreno, Marquito Medina, Francisco Buenaño, Nancy Mena, Enrique Terán, Julián Vacas, Mario Muñoz, y a mis directores de turnos quienes aportaron con sus clases y consejos a mi formación académica. A mi decano Dr. Fernando Sandoval por siempre impulsarnos a ser antes que nada humanos y luego profesionales, gracias por la ayuda que me ha brindado.

A mis grandes amigos de este viaje, Johana Jaramillo, Sonia Rosenfeld, Pamela Ochoa, Carlita Larrea, Ana María Cabezas, Robert Betancourt, José Maldonado Juan Pablo Villafuerte, Ana María Espinosa, Francisco Andrade Marín, Mario Iturralde y al resto de mis compañeros gracias por los grandes momentos.

Por último y el más importante, agradezco a quien es el motor de mi vida y ha hecho todo esto posible, a mi DIOS, gracias por siempre bendecirme.

RESUMEN

El flúor ocupa el trigésimo lugar como elemento químico de mayor abundancia en la corteza terrestre. Su principal característica es su gran electronegatividad, esto permite la fácil combinación con otros elementos y es muy difícil encontrarlo puro en la naturaleza, por lo que se lo encuentra como fluoruro. La fluoración consiste en ajustar el contenido de flúor en un suministro de agua comunitario a una concentración óptima para la prevención de caries dental. Se reconoce a la fluoración controlada del agua como una de las medidas de salud pública más exitosas para la prevención de la enfermedad a nivel mundial. Sabemos que la ingesta excesiva de fluoruros provoca alteraciones tanto estéticas como funcionales en los dientes del ser humano. El objetivo de este estudio es evaluar la concentración de flúor en el agua potable, sal y agua embotellada de consumo diario de la población del valle de Tumbaco. Este estudio se realizó bajo la toma de 100 muestras de agua potable, 5 marcas de agua embotellada y 4 marcas de sal. Mediante el método electrodo selectivo fue posible analizar la concentración del ion flúor presentes en estos productos encontrándose un solo barrio de los analizados, valores en cuanto a la concentración de flúor superiores a los permitidos por las normas nacionales e internacionales, con respecto a las concentraciones de flúor en la sal estas se encuentran bajas a las estipuladas en los envases en que se encuentran, con respecto a la concentración del flúor en las aguas embotelladas se encontraron los valores relativamente menores a los observados en las aguas potables. Podemos concluir que las aguas potables del valle de Tumbaco presenten valores de concentración de flúor dentro de la norma, sin embargo se hace necesario mayores estudios.

Palabras claves: fluoración y concentración de flúor.

ABSTRACT

Fluorine takes place as the thirty most abundant chemical element in the earth's crust. Its main feature is its large electronegativity, this allows the easy combination with other elements and is very difficult to find it pure in nature, so it is like fluoride. Fluoridation involves adjusting fluoride content of community water supply to an optimal concentration for the prevention of dental caries. It recognizes the controlled water fluoridation as one of the best public health measures for successful prevention of the disease worldwide. We know that excessive intake of fluoride causes both a esthetic and functional alterations in the teeth of human beings. The aim of this study is to evaluate the fluoride concentration in drinking water, salt and bottled water for daily consumption of the population Tumbaco's Valley. This study was based on the taking of 100 samples of drinking water, 5 brands of bottled water and 4 brands of salt. By selective electrode method was possible to analyze the fluoride ion concentration, found in these products only one of those tested, highest values on the concentration of fluoride than those permitted by national and international standards, with respect to the concentrations of fluoride salt these are lower than those contained in the containers in which they are, with respect to the concentration of fluoride in bottled water values were relatively lower than those observed in drinking water. We conclude that drinking water show Tumbaco Valley fluoride concentration values within the norm, however further study is necessary.

Keywords: fluoridation and fluoride concentration.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	vi
Abstract	vii
1. Introducción	1
2. Revisión de la Literatura	4
2.1 Flúor y fluoruros.....	4
2.2 Mecanismos de acción del flúor.....	6
2.2.1 Absorción del flúor	6
2.2.2 Distribución del flúor en el organismo	7
2.2.3 Incorporación del flúor en los dientes	8
2.2.3.1 Fase pre-eruptiva.....	9
2.2.3.2 Fase pos-eruptiva	11
2.2.4 Excreción del flúor	12
2.3 Mecanismos anticariogénicos del flúor	13
2.3.1 Mecanismos pre-eruptivos anticaries	20
2.3.2 Mecanismo pos-eruptivos anticaries.....	21
2.4 Fluoración	22
2.4.1 Fluoración del suministro de agua en una comunidad.....	24

2.5 Presencia de flúor en distintas sustancias y tejidos bucales.....	22
2.6 Fluoración de la sal.....	27
2.7 Fluoración de la leche.....	30
2.8 Fluoración en bebidas embotelladas	31
2.9 Toxicidad del flúor.....	32
2.10 Fluorosis	34
2.11 Efecto de la fluorosis.....	34
3. Objetivos	37
3.1 Objetivo General.....	37
3.2 Objetivos Específicos	34
4. Hipotesis	39
5. Materiales y Métodos	40
5.1 Tipo de estudio	40
5.2 Muestra.....	40
5.3 Metodología	40
6. Resultados	49
7. Discusión	66
8. Conclusiones	73
9. Referencias Bibliográficos	75
10. Anexos	80

10.1 Límites máximos permisibles de aguas de consumo humano.81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1A	Muestra de agua potable en el envase rotulado	44
Figura 1B	Recolección de 100 muestras de agua potable	44
Figura 2	Muestras de agua embotellada	44
Figura 3	Muestras de sal	45
Figura 4.1A	Marysal.....	45
Figura 4.1B	Indicación posterior de la envoltura (Marysal).....	45
Figura 4.1C	Valores Nutricionales (Marysal).....	45
Figura 4.2A	Sal Valdez	45
Figura 4.2B	Indicación posterior de la envoltura (Valdez)	45
Figura 4.2C	Valores Nutricionales (Valdez).....	45
Figura 4.3A	Supermaxi.....	46
Figura 4.3B	Indicación posterior de la envoltura (Supermaxi)	46
Figura 4.3C	Valores Nutricionales (Supermaxi).....	46
Figura 4.4A	Crisal.....	46
Figura 4.4B	Indicación posterior de la envoltura (Crisal)	46
Figura 4.4C	Valores Nutricionales (Crisal).....	46
Figura 5A.	Método de electrodo simple.....	47
Figura 5B	Método de electrodo simple	47

Figura 5C	Electrodo simple	48
Figura 5D	Electrodo en la muestra	48
Figura 6	Lectura de muestras.....	48
Figura 7	Distribución del número de muestras por Barrio	51
Figura 8	Concentraciones de flúor por barrio de muestras A y B.....	53
Figura 9	Variabilidad de los valores de la Muestra A	54
Figura 10	Variabilidad de los valores de la Muestra B	55
Figura 11	Concentración de flúor de las muestras de agua embotellada.....	56
Figura 12	Concentración de flúor de las muestras de sal	56
Figura 13	Intervalo de confianza al 95%	57
Figura 14	Densidades estimadas para muestra A.....	58
Figura 15	Densidades estimadas para muestra B.....	59
Figura 16	Comparación de las concentraciones por muestras en cada barrio.....	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Información de los lugares de toma de muestras de agua potable	41
Tabla 2	Información de los lugares de toma de muestras de agua embotellada.....	42
Tabla 3	Información de los lugares de toma de muestras de sal	43
Tabla 4	Resultados del análisis químico de la muestras de agua potable	49
Tabla 5	Resultados del análisis químico de las aguas embotelladas.....	50
Tabla 6	Resultados del análisis químico de las muestras de sal	50
Tabla 7	Promedio de las concentraciones de flúor de las muestras A y B de cada barrio	52
Tabla 8	Valores P.....	60
Tabla 9	Valores p para la prueba de Mann-Whitney	61
Tabla 10	Muestras con diferencias entre barrios	61
Tabla 11	Muestras sin diferencias entre barrios.....	62
Tabla 12	Valores p de la prueba de Wilcoxon.....	63
Tabla 13	Resumen de modelo de regresión	64
Tabla 14	Coefficientes del modelo de regresión	65

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda por mejorar el nivel y calidad de vida ha hecho que ciertas sustancias sean incorporadas en la dieta de los individuos de forma regular y cotidiana, aparentemente esta agregación es realizada con un propósito benéfico, sin embargo ciertas concentraciones pueden incrementarse en nuestro cuerpo llevándonos en muchos de los casos a provocar una intoxicación crónica con consecuencias preocupantes para la salud pública.

Los cuatro pilares de la salud pública son: pasteurización de la leche, potabilización del agua, inmunización contra la enfermedad y fluoración controlada del agua (Harris y García-Godoy, 2001). El descubrimiento en los años 40 de que el agua con un alto contenido de fluoruro producía una colocación “anormal” en el esmalte de los dientes, generó investigaciones sobre la distribución de los fluoruros en la naturaleza, su metabolismo e incorporación a los tejidos duros del organismo, sus consecuencias y manifestaciones en la salud general (Bordoni N, Squassi A, 1992).

El flúor es un elemento químico del grupo de los halógenos y de peso atómico 19 que en estado puro tiene el aspecto de un gas débilmente amarillo. Su principal característica es su gran electronegatividad que lo predispone a combinarse con otros elementos y es muy difícil encontrarlo puro en la naturaleza. Su solubilidad en el agua es muy alta y la forma combinada que más se encuentra en la naturaleza es

el fluoruro cálcico o espatoflúor o fluorita (Gómez S, 2002). El flúor es retenido en el esmalte dentario mediante la incorporación del mismo en los cristales de hidroxapatita que se transforman en hidroxiflúorapatita, al tejido precalcificado y calcificado aumentando su resistencia al ácido (Bascones, 1998). La presencia de flúor próximo a la superficie del diente reduce la solubilidad del mismo, dándole mayor dureza, y haciéndolo más resistente a la acción de los ácidos y por lo tanto al inicio de caries. Sobre las bacterias cariogénicas, el flúor actúa inhibiendo su metabolismo y su adhesión y agregación a la placa dental (Gómez S, 2002).

La ingesta de fluoruro por períodos prolongados, durante la formación del esmalte, produce una serie de cambios clínicos, que van desde la aparición de líneas blancas muy delgadas hasta defectos estructurales graves, apareciendo una entidad patológica conocida como fluorosis dental. La severidad de los cambios depende de la cantidad de fluoruro ingerido. (Appleton J, 2000).

La fluorosis dental es una hipoplasia del esmalte que ocurre en la etapa pre y poseruptiva del órgano dentario por una ingesta excesiva de fluoruro, que afecta la función dental, además de producir daño estético y psicológico (Masson, 1995).

Los productos fluorados que se comercializan y las prácticas profesionales pueden tener un grado de toxicidad e incluso llegar a ser mortales si no se utilizan adecuadamente. La Dosis Tóxica Probable (DTP) del flúor es de 5mg F/Kg de peso corporal. La dosis mortal para un adulto es entre 2,5 y 10 g., con una dosis mortal

promedio de 4 a 5g. Si la persona ingiere esta cantidad requerirá atención médica y hospitalización inmediata, de lo contrario la muerte es inminente (Harris y García-Godoy, 2001).

El exceso del flúor natural en las aguas de consumo, o del incorporado en el agua, en la sal, o en la leche, la carencia de una eficiente vigilancia epidemiológica de controles de calidad en las mezclas utilizadas, resulta en fluorosis de severidad diversa. Sin embargo, la alta prevalencia de fluorosis dental en el valle de Tumbaco no puede atribuirse exclusivamente a los niveles de fluoruro en el agua de consumo; es necesario considerar otros factores de riesgo. Hervir el agua de consumo constituye un riesgo debido a que se incrementa en cerca de 66% la concentración inicial de flúor por pérdida de volumen durante el proceso de ebullición. Otro problema es la falta de control de calidad que se tiene con la adición de fluoruro a la sal doméstica, este tipo de sal no debe ser distribuida en poblaciones donde el agua de consumo tenga concentraciones mayores a 0,7 ppm de flúor (Loyola-Rodríguez y col., 1998).

En clínica de la USFQ llegan a diario pacientes de Tumbaco con fluorosis a diferentes grados. El propósito de esta investigación es establecer con la información tomada de muestras de agua potable, sal y agua embotellada disponible en la zona de Tumbaco, si este defecto en el esmalte es causado por la fluoración excesiva de estos productos o por otras causas y establecer a la vez las zonas de mayor afección con esta demasía de flúor.

2. REVISIÓN LITERATURA

2.1 FLUOR Y FLUORUROS

El flúor es un elemento químico del grupo de los halógenos y de peso atómico 19 que en estado puro tiene el aspecto de un gas débilmente amarillo. El flúor ocupa el trigésimo lugar como elemento químico de mayor abundancia en la corteza terrestre representando en ella el 0,065% de su peso (Gómez Soler, 2001). Su principal característica es su gran electronegatividad que lo predispone a combinarse con otros elementos y es muy difícil encontrarlo puro en la naturaleza (Gómez S, 2002). En sus formas inorgánicas o ionizadas ocupa el puesto número 17 dentro de los elementos más abundantes en la naturaleza (Squassi, 1992). Su solubilidad en el agua es muy alta, el ión flúor debido a esta alta reactividad forma sales fluoradas con casi todos los metales (Guedes-Pinto A 2003). La forma combinada que más se encuentra en la naturaleza es el fluoruro cálcico o espatoflúor o fluorita (Gómez S, 2002).

El flúor se lo puede encontrar en las rocas, en combinaciones con minerales, rocas volcánicas, agua de mar, en los yacimientos de sal de origen marino, en el agua de los ríos, lagos, y mares en concentraciones diversas. La forma en que el hombre lo utiliza tiene origen en los océanos. El agua de los océanos contiene

cantidades enormes de fluoruros que oscilan entre 0,8 y 1,4 mg/l o ppm (Gómez Soler, 2001; OMS, 1994).

Los fluoruros se encuentran en el aire producto de los gases de erupciones volcánicas. Las concentraciones de los fluoruros pueden ser expresadas de diversas maneras como: partes por millón (ppm), miligramos (mg), gramos (g), porcentaje del ión flúor (% ión F) o porcentaje de su respectiva sal (% NaF) y micromoles por litro ($\mu\text{mol/l}$); sin embargo las más utilizadas son ppm o mg/l (Gómez S., 2001). Cuando se habla de 1 ppm, quiere decir, una parte del ión fluoruro en un millón de partes del agente que lo contiene, expresado en peso sería igual a 1 gramo del ión fluoruro en un millón de gramos del agente que le sirve de transporte. En el caso del agua potable fluorada, 1 ppm equivale a 1 miligramo de ión fluoruro contenido en un litro de agua. Cuando el producto es expresando en porcentaje (%), se refiere al porcentaje de la sal de donde proviene y no al porcentaje del ión F presente en el producto (Gómez Soler, 2001; Squassi, 1992).

El flúor es un elemento esencial y componente importante en la estructura de huesos y dientes, está presente en forma natural en el agua de consumo humano. Una escala relativamente estrecha de concentración de 1 a 1.50 mg/l en el agua potable proporciona condiciones óptimas para la calcificación de los tejidos duros del cuerpo y para la prevención de caries (Camacho, 1993). El flúor es retenido en el esmalte dentario mediante la incorporación del mismo en los cristales de hidroxipatita que se transforman en hidroxiflúorapatita, al tejido precalcificado y

calcificado aumentando su resistencia al ácido (Bascones, 1998). La presencia de flúor próximo a la superficie del diente reduce la solubilidad del mismo, dándole mayor dureza, y haciéndolo más resistente a la acción de los ácidos y por lo tanto al inicio de caries. Sobre las bacterias cariogénicas, el flúor actúa inhibiendo su metabolismo y su adhesión y agregación a la placa dental (Gómez S, 2002).

2.2 MECANISMO DE ACCIÓN DEL FLÚOR

2.2.1 Absorción del flúor

La vía de incorporación substancial del flúor en el organismo humano es la digestiva (Gómez S, 2002). La principal fuente de flúor ingerido por el hombre es a través del agua, luego están las fuentes secundarias como los alimentos principalmente ciertos vegetales y animales marinos (Guedes-Pinto A 2003).

Una vez ingerido, el flúor es rápida y casi totalmente absorbido por el estómago y el intestino. Esta absorción es pasiva y natural, y no depende de mecanismos especiales de transporte (Thylstrup, A & Fejerskov O, 1986). El flúor es absorbido por simple difusión en el estómago y en el intestino, apareciendo rápidamente en la corteza circulatoria y es llevado a las diferentes partes del organismo (McClure, F.J, 1943). La absorción del flúor depende de cierto número de factores, tales como la naturaleza física y química de sus componentes y la cantidad

de estos. Obviamente los compuestos muy solubles son absorbidos rápidamente, y los menos solubles provocan dificultad en su aprovechamiento (Thylstrup, A & Fejerskov O, 1986). Una vez absorbido, el flúor pasa a la sangre y difunde a los tejidos, fijándose específicamente en los tejidos calcificados por los que tiene gran afinidad, como son los huesos y los dientes (Gómez S, 2002).

El flúor contenido en el agua potable se absorbe un 95%-97% aproximadamente y en menor proporción el unido a los alimentos. En el caso de las leches fluoradas, la absorción de flúor no supera el 60% (Gómez S, 2002).

2.2.2 Distribución del flúor en el organismo

Una vez en la corriente circulatoria, el flúor es llevado a diferentes partes del organismo de una forma rápida y homogénea. Aproximadamente el 75% de flúor de la sangre está en el plasma y el resto está en las células sanguíneas (Issaño M, 1972). Entre 30 a 60 minutos después de la ingestión el flúor alcanza una concentración máxima en la sangre. Entre 2 a 9 horas es el tiempo de vida media del flúor en la sangre y es eliminado a las 24 horas (Guedes-Pinto A, 2003).

En los individuos jóvenes, la cantidad de flúor en la sangre es menor que en los adultos porque los jóvenes en etapa de crecimiento y desarrollo tienen mayor capacidad de retención de flúor en los tejidos duros, es decir huesos y dientes, que

en los adultos y los de tercera edad (Issaño M, 1972 y Thylstrup, A & Fejerskov O, 1986).

2.2.3 Incorporación del flúor en los dientes

Los factores que determinan la incorporación de flúor en las estructuras dentales son esencialmente iguales a los de los huesos. Los dientes también fijan más flúor durante la etapa de crecimiento y desarrollo (Gedalia I. y col. 1964).

Existen diferencias, una vez formadas las estructuras mineralizadas del diente no se reestructuran, porque no hay actividad celular en el esmalte. Por otro lado, la poca permeabilidad de la dentina madura y principalmente del esmalte no permite gran movilidad iónica, como ocurre en los huesos (Thylstrup, A. & Fejerskov O., 1986) El flúor se deposita en los tejidos dentarios de varias maneras durante el desarrollo del diente. En primer momento, se deposita durante las fases iniciales de formación orgánica y mineral. Después, el flúor contenido en los tejidos que involucran a los dientes es incorporado en la fase de maduración pre-eruptiva y, finalmente en la maduración pos-eruptiva, es incorporado por acción tópica de flúor de la saliva y otros medios, especialmente en las áreas de hipomineralización o desmineralización del diente (McClure, F.J., 1943; Fejerskov O., 1991).

Para obtener los efectos cariostáticos es necesario mantener el flúor frecuentemente en la cavidad bucal. Esto se puede llevar a cabo por métodos sistémicos y/o tópicos. Para tener flúor constante en la cavidad bucal es necesaria su ingestión frecuente y sin interrupciones. Por ejemplo, en el agua fluorada, el flúor entra inmediatamente en contacto con los dientes y después es absorbido por el estómago e inmediatamente retorna a la cavidad bucal a través del fluido gingival y la saliva. Esto ocurre sólo si constante e ininterrumpidamente por método sistémico. Entonces, se tiene parte del flúor depositándose en los huesos y, momentos después cuando ocurre un equilibrio de concentración de flúor en la sangre y en los huesos, parte de este flúor es liberado en la cavidad bucal (Nikifornk G., 1985).

Cuando es paralizada la fluoración del agua, existe pérdida del efecto cariostático del flúor en la cavidad bucal (Cury J.A., 1989).

2.2.3.1 Fase Pre-eruptiva

En la fase de maduración pre-eruptiva, una cantidad significativa de flúor adicional es incorporado en el esmalte, adquirida de los fluidos de los tejidos que envuelven al diente en maduración. El esmalte se torna más mineralizado. Como el flúor tiene dificultades de penetrar en las capas más profundas del esmalte, se encuentra más en la superficie del diente que en su interior. La espesura total del

esmalte es aproximadamente de 1000 micras, el flúor está altamente concentrado en apenas 30 a 50 micras en la capa más superficial (Gedalia I., 1970).

El tiempo de maduración pre-eruptiva del diente permanente es mayor que el del diente deciduo. De esta forma, la concentración de flúor en los dientes permanentes es siempre mayor que en los deciduos (Guedes-Pinto A, 2003).

En el diente en formación, la incorporación del flúor se hace fundamentalmente a través de los vasos sanguíneos que contiene la pulpa dentaria, el flúor ingerido vía sistémica llega a través de la sangre a la pulpa de un diente en formación, donde la célula formadora de esmalte, el ameloblasto, está sintetizando una matriz proteica que posteriormente se calcifica (Gómez S, 2002).

Individuos que crecen en una misma región puede presentar diferentes concentraciones de flúor en el esmalte. Esta variación en la concentración de flúor puede llegar a 30%, aún en diferentes dientes de la misma persona o en diferentes áreas de un mismo diente. (Weatherell, J.J., 1977; Wei, S.H.Y., 1982). Los dientes recién erupcionados tienen más flúor en el borde incisal y en las puntas de las cúspides que en otras áreas (Weatherell, J.J., 1972) probablemente porque estas tienen fases pre-eruptivas más largas (Weatherell, J.J., 1977).

2.2.3.2 *Fase Pos-eruptiva*

Se sabe que el esmalte del diente sufre un período de maduración pos-eruptiva. Una vez erupcionado, aun si está totalmente mineralizado, el diente sufre una pequeña pero importante adquisición de minerales. Esta maduración es más trascendental si el nivel de mineralización es menor en el diente o en diferentes áreas del mismo. Aquellas áreas opacas y blancas tienden a desaparecer con el tiempo en función de este fenómeno (Guedes-Pinto A, 2003).

El momento de la erupción de los dientes el esmalte no está todavía totalmente calcificado y se encuentra en un periodo poseruptivo, con una duración aproximada de dos años. En este periodo denominado maduración del esmalte, continúa la acumulación de fluoruro y otros elementos en las porciones más superficiales del esmalte (Weatherall JA, Hallsworth AS, Robison C, 1973), así, en el diente formado y erupcionado, el flúor se incorpora principalmente desde el medio bucal a la superficie del esmalte de esta forma actúan las pastas de dientes fluoradas, colutorios, geles fluorados, etc. (Gómez S, 2002). El fluoruro proviene de la saliva y de la exposición de los dientes al agua y los alimentos fluorados. Al terminar este periodo muy poco fluoruro se incorpora de estas fuentes a la superficie del esmalte (Weatherall JA, Hallsworth AS, Robison C, 1973).

El depósito continuo de fluoruro en el esmalte durante las últimas etapas de su formación y, en especial, durante el período de maduración, origina un gradiente

de concentración de fluoruro en el esmalte (Aasenden R, Moreno EC, Brudevold F, 1973). Este gradiente de concentración de fluoruro característico se ha observado en los dientes sin brotar y en los brotados, en los permanentes y en los temporales, sin importar la cantidad de exposición previa al fluoruro. Grandes concentraciones de fluoruro en el esmalte superficial sirven para hacer a la superficie dental más resistente al desarrollo de caries. Los iones de flúor actúan como sustitutos en el cristal de hidroxiapatita y encajan con mayor perfección que los iones hidroxilo. Esta acción junto con un mayor potencial de enlace de flúor sirve para hacer cristales de apatita más compactos y estables; así, éstos tienen mayor resistencia a la disolución ácida que se produce al inicio de la caries (Isaac S, Brudevold F, Smith FA, et al, 1958; Thylstrup A, 1979).

2.2.4 Excreción del flúor

Una vez ingerido, el flúor tiene vías de excreción. Entre estas las principales son la orina, heces, sudor y saliva, siendo los dos últimos en pequeñas proporciones. La cantidad de flúor excretada está directamente relacionada a las cantidades ingeridas (Ekstrand, J. y col., 1977; Hoffman, S. y col., 1969).

La principal vía de excreción del flúor es la orina. Las persona que viven en regiones con agua fluorada excretan de un 80 a 90% del flúor ingerido no

aprovechado por la orina (Ekstrand, J. y col., 1977). Cuatro horas después de la ingestión, tres cuartos del flúor son excretados por esta vía.

La excreción fecal es menos efectiva. Cerca del 10% de flúor es excretado por las heces fecales. Parte del flúor excretado por esta vía es el flúor no absorbido y la otra parte es del flúor aprovechado y reexcretado en el tramo gastrointestinal (Who, 1984).

Otras vías de excreción es la del sudor y saliva, pero esta cantidad puede ser considerada despreciable. El sudor porque es mínimo o esporádico, y la saliva porque buena parte es reaprovechada (Guedes-Pinto A, 2003).

2.3 MECANISMOS ANTOCARIOGÉNICOS DEL FLÚOR

La terapéutica con fluoruro y los mecanismos de acción se han clasificado en dos grandes categorías: sistémicos y tópicos. Los métodos sistémicos son aquellos en los cuales el fluoruro se ingiere y los dientes sin brotar son el blanco de dicho fluoruro. Los métodos tópicos son aquellos en los cuales el fluoruro no se traga sino que entra en contacto con el diente una vez erupcionados. La fluoración del agua comunitaria involucra los efectos sistémicos y tópicos. El agua fluorada entra en contacto tópico con los dientes conforme pasa a través de la boca y entra en

contacto sistémico con los dientes sin brotar cuando es ingerido, se absorbe y pasa a la circulación sistémica (Harris y García-Godoy, 2001).

Los efectos pre-eruptivos del fluoruro se producen en la morfología y la mineralización de los dientes en desarrollo (Whitford GM, 1983), siendo el principal efecto pos-eruptivo proveniente de los sistemas comunitarios de abastecimiento el disminuir la desmineralización y promover la remineralización (Beltran ED, Burt BA, 1988).

Hace 50 años, en los inicios de la fluoración, era creencia generalizada que el principal mecanismo anticaries era el pre-eruptivo, en el cual el fluoruro se incorporaba al esmalte en desarrollo. Sin embargo, resultó muy deficiente la correlación de la concentración de fluoruro en el esmalte y la presencia de caries. Debido a que no podía establecerse con firmeza una correlación entre las concentraciones de fluoruro en el esmalte sano y la protección contra la caries, el énfasis para explicar el mecanismo anticaries del fluoruro ha cambiado desde la producción de grandes concentraciones del ion en el esmalte sano (efecto sistémico) hasta las concentraciones bajas del fluoruro en la boca y en la placa (efecto tópico), especialmente relacionada con la participación del fluoruro en la remineralización (Harris y García-Godoy, 2001).

Hoy en día, la mayoría de profesionales consideran ambos mecanismos, el sistémico y el tópico, como responsables del efecto anticaries de la fluoración del

agua, pero el mecanismo principal involucra la participación pos-eruptiva del fluoruro en el proceso de remineralización (U.S. Public Health Service, 1991). Para identificar de manera específica si los beneficios del fluoruro pudiesen atribuirse a eventos anteriores o posteriores a la erupción de los dientes, Groeneveld y colaboradores concluyeron que cerca de los dos tercios de la protección conferida al surco coronal por la fluoración proviene del contacto pre-eruptivo. Para las superficies lisas el efecto del contacto pre-eruptivo aporta 25 a 50% de la protección anticaries. Pero consideran que la mejor protección se obtiene con fluoración disponible desde el nacimiento, pero podrí alcanzarse hasta el 85% de la protección máxima si el consumo de fluoruro si iniciara entre los 3 y 4 años de edad, etapa en la que todavía involucra el contacto pre-eruptivo y pos-eruptivo con todos los dientes permanentes y no contradice a Thylstrup para quien el periodo más crucial para la administración del fluoruro es inmediatamente después de la erupción dental (Thylstrup A, 1990).

Es muy importante resaltar que el flúor puede ser usado de diferentes formas, simultáneamente, procurando de esta manera beneficiar al máximo al diente receptor, sin embargo el mecanismo anticariogénico del flúor no es tan simple y se podría atribuir a ciertas cualidades (Guedes-Pinto A.,2003):

Disminución de la solubilidad del esmalte, el mecanismo por el cual el esmalte se torna menos soluble constituye la incorporación de flúor por vía sistémica, esta posibilita la formación de fluorapatita siendo esta más resistente a la acción de los ácidos producidos por la placa bacteriana que la hidroxiapatita. De esta forma, el

aumento de la cantidad de fluorapatita en el esmalte permite mejor el comportamiento de éste frente a la acción acidogénica. (Guedes-Pinto A.,2003)

El flúor sistémico también puede interactuar con el cristal de hidroxiapatita durante su desarrollo formando una estructura levemente carbonada, y este es mucho más resistente a la disolución ácido según afirma Guedes-Pinto A., 2003. La sustitución del grupo hidroxilo de la hidroxiapatita por el ion F formando la fluorapatita y fluorhidroxiapatita no se da en toda la estructura del esmalte. Si esto ocurriera, habría un esmalte teóricamente puro, conteniendo 38000 ppm de flúor, mas lo que acontece en la realidad, es que una vez que los individuos tienen los dientes desarrollados bajo el beneficio del flúor contiene de 500 a 2000 ppm de flúor en el esmalte (Wefel J.S., 1982).

Para Mellberg y Ripa en 1983, la formación de la caries es un proceso cíclico de disolución, es un fenómeno alternativo, comportándose en fases de desmineralización y remineralización determinadas por las variaciones del pH del medio bucal, según Levine en 1976, cuando el pH es bajo hay desmineralización, y hay remineralización cuando el pH se eleva . Es decir la caries ocurre cuando la desmineralización excede a la remineralización en un momento determinado. Si el ion está presente en el ambiente, se presentan dos posibilidades. Primero, cuando el pH disminuye, los iones de flúor se pueden incorporan en la apatita y, segundo cuando el pH aumenta, el ion flúor puede favorecer a la precipitación de apatita

fluorada en la superficie dental. Es posible que en la presencia de flúor continuo, la repetición del ciclo desmineralización/mineralización produzca intercambios graduales entre apatita bien cristalizada en áreas de caries y de la actividad de caries incipiente. Tales condiciones pueden resultar en la paralización de la remineralización de las lesiones (Dowse C.M y col., 1957; Levine R.S. 1976).

Otro aspecto a considerarse constituye la influencia del flúor en la maduración, el grado de resistencia del diente a la acción de la caries dental aumenta con la edad. En los primeros años de edad, los dientes son más susceptibles a caries que en los años siguientes. Es irrefutable el beneficio del flúor aplicado tópicamente en el período subsecuente a la erupción porque el diente inmediatamente después de la erupción es más susceptible a recibir flúor que los dientes más viejos. Varios estudios han demostrado algún beneficio de acción de flúor en el agua de abastecimiento incluso para los dientes ya erupcionados (Klein H., 1945; Baker-Dirks O., 1966).

Un factor además para ser considerado, constituye la interferencia del flúor con los microorganismos que participan de la formación de la caries dental, aparentemente existe una relación directa al flúor contenido en la placa bacteriana y en la saliva. Se puede suponer que hay dos fuentes de flúor en la saliva: el flúor secretado por las glándulas salivales y el introducido en el medio ambiente bucal por los alimentos, enjuagues y pastas dentales. El flúor ingerido aumenta en la concentración secretada por las glándulas en proporción directa de su absorción

(Carlos, C.H. y col., 1960). El pico de este aumento ocurre después de 40 a 50 minutos de ingerido el flúor y después decrece en caso de que la dosis sea suspendida (Ekstrand, J. y col., 1977).

De las fuentes externas del flúor en la saliva, las aplicaciones tópicas aumentan los niveles más que la ingestión del flúor. Cinco minutos después de la aplicación el nivel de flúor en la saliva es alto y disminuye rápidamente, después de 10 horas es satisfactoria y aún después de una semana es mayor que el nivel normal. Los enjuagues con flúor también son de beneficio ya que aumentan rápidamente el nivel de flúor en la saliva, manteniéndose ligeramente elevado por un día. El uso de las pastas fluoradas aumentan la cantidad de flúor en la saliva y se mantiene en un índice elevado por 5 horas, cuando la concentración en la pasta dental es alta. En las pastas normales, es mantenido por 30 minutos (Ekstrand, J. y col., 1977).

Además de esto, el efecto del flúor en la saliva y en la placa bacteriana sobre los microorganismos, resulta trascendental pues actúa de varias formas, en bajas concentraciones puede afectar su crecimiento y metabolismo. Por otro lado, en altas concentraciones puede destruirlos (Ekstrand, J. y col. 1977; Schlesinger, E.R., 1956). El flúor puede actuar sobre los microorganismo inhibiéndolos en un pH bajo, exactamente cuando las condiciones son más cariogénicas, trayendo a cabo un gran beneficio. En un pH de 5,0, cuando se tiene un inicio de actividad cariogénica, apenas 6ppm de flúor es capaz de prevenir la formación de ácido a partir de la

glucosa. En concentraciones mayores de flúor (8 a 10ppm), probablemente la acción de este puede crear una reacción alcalina en el medio (Guedes-Pinto A., 2003). El flúor actúa sobre las enzimas, la enolasa es la enzima más sensible. In vivo, es clara la acción de flúor sobre los microorganismos salivales. La formación de ácido láctico, a partir del azúcar, es reducida de 20 a 10 minutos después de enjuagues con fluoruro de sodio y también a partir de aplicaciones tópicas.

Finalmente el flúor posee un efecto directo en la forma del diente, Forrest Cooper en 1956, analizando en hombres y animales de laboratorios observaron que el flúor ingerido durante el desarrollo del diente puede modificar su morfología y su tamaño, provocando una disminución de sus cúspides y fisuras menos profundas, teniendo como consecuencia menor probabilidad de caries (Forrest J.R., 1956; Cooper S.K. y col., 1965). Aasenden y Peebles realizaron un estudio en tres grupos de niños; el primero en niños que residían en ciudades sin agua fluorada y recibieron 0,5 mg de flúor hasta los 3 años de edad y después de esta edad 1,0 mg de flúor. El segundo, en niños de la misma ciudad que no recibieron suplemento de flúor. El tercero, en niños que residían en una ciudad con agua fluorada; los resultados demostraron que los niños que recibieron suplementos con flúor presentaron dientes con más flúor, fluorosis, fisuras menos profundas y menos caries dentales. El grado de fluorosis observado no fue considerado antiestético (Guedes-Pinto A. 2003).

2.3.1 Mecanismos pre-eruptivos anticaries

Algunos consideran que el contacto del fluoruro durante el periodo del desarrollo dental mejora la morfología del diente. Se informa que en las regiones con agua fluorada las cúspides están más redondas, las fosas más planas y los bordes del surco más cercanos, lo cual ayuda a disminuir el riesgo de caries oclusal del surco coronal (Thylstrup A, 1990; DePaola PF, 1991).

Cuando el fluoruro ingerido llega a los dientes en desarrollo se incorpora a la estructura cristalina de la hidroxiapatita del esmalte conforme éste se forma. En el cristal, los iones del flúor sustituyen a los iones hidroxilo y originan una apatita fluorada. Al mismo tiempo y ya que el ion flúor es más pequeño que el ion hidroxilo, los propios cristales se hacen más densos y estables (Moreno EC, 1993). Además, después de la formación de la corona dental los dientes permanecen en los maxilares durante meses y hasta años antes de la erupción, durante este periodo pos-desarrollo/pre-eruptivo, el fluoruro adicional engrosa la superficie del esmalte. Como consecuencia de estas variadas modificaciones el mineral del esmalte que se forma por fluoruro es menos soluble en ácido que el formado en ausencia de fluoruro.

Ya que la caries involucra la desmineralización del esmalte por los ácidos orgánicos de las bacterias de la placa, el esmalte formado en presencia de fluoruro

es más resistente químicamente al proceso de desmineralización de las caries (Harris y García- Godoy, 2001).

2.3.2 Mecanismos pos-eruptivos anticaries

La modalidad principal de la acción cariostática del fluoruro proveniente del agua potable consiste en su participación en el proceso de desmineralización-remineralización que se realiza en la superficie del esmalte por detrás de la placa. En este caso el fluoruro evita que continúe el desarrollo de las lesiones incipientes o “manchas blancas” más que prevenir que las superficies sanas se vuelvan cariosas.

En condiciones de reposo la placa posee un pH neutro. Con una carga ácida el pH disminuye y se disuelve la superficie del esmalte localizada atrás de la placa, lo cual produce el ingreso de fosfato de calcio al líquido de la placa. En la placa también hay fluoruro, el cual se ha difundido desde la saliva. Este fluoruro tal vez provenga de diversas fuentes, incluso del consumo de agua, bebida o alimentos con este ion. El sitio de disolución atrás de la placa supersaturado con fluorapatita constituye la fuerza conductora de la reprecipitación del mineral de regreso en el esmalte (Moreno EC, 1993). La hidroxiapatita del esmalte disuelta originalmente se sustituye con la fluorapatita, la cual resulta menos soluble en ácido y, por tanto, más resistente a la caries. Ya que en una comunidad con agua fluorada se tiene disponibilidad permanente del fluoruro proveniente del agua potable, la concentración de éste en la

placa se repone constantemente y queda disponible para participar en otros ciclos de desmineralización-remineralización (Harris y García-Godoy, 2001).

2.4 FLUORACIÓN

La fluoración consiste en ajustar el contenido de flúor en un suministro de agua comunitario a una concentración óptima para la prevención de caries dental. Se reconoce a la fluoración controlada del agua como una de las medidas de salud pública más exitosas para la prevención de la enfermedad. (Dogde CH, 1992)

La prevención dental puede fluir, ya que el flúor se distribuye mediante el suministro de agua y tiene la capacidad de beneficiar a todos los grupos etarios y socioeconómicos con acceso a un suministro entubado, hasta los estratos socioeconómicos inferiores que representan los mayores grados de caries dental y son los menos capaces de costear los servicios preventivos y restauradores. (Dogde CH, 1992)

Estados Unidos fue el pionero en estudiar la presencia de flúor y su repercusión en el esmalte dentario a través de la fluoración de los abastecimientos de agua, éste proceso se desarrolló en tres diferentes etapas (Ripa LW, 1993; Leske G, 1983) . El primero, en los años 1901 a 1933, periodo en el cual se inició la

búsqueda de la causa de un defecto en el esmalte dental que se presentaba mientras éste se desarrollaba, el mismo que se presentaba en las personas que vivían en la región de las Montañas Rocosas de EUA y se lo llamó la “tinción café de colorado” o esmalte vetado. Los dientes que tienen este defecto son porque su esmalte es hipomineralizado, es decir, escasamente mineralizado. McKay observó y demostró que este tipo de esmalte vetado se localizaba en áreas geográficas definidas y sospechó que algo en el suministro de agua era el causante del problema. En 1930 H.V. Churchill relacionó un exceso de flúor en el agua potable con los dientes vetados. Smith y Smith siguieron a este hallazgo y realizaron un informe inmediato en el cual se mostraba de manera concluyente que el fluoruro era el causante de este defecto y fue aquí que por primera vez se denominaron a los dientes de esmalte vetado **Fluorosis Dental**. Black y McKay realizaron un estudio epidemiológico e informaron que las personas que presentaban fluorosis dental presentaban menos caries (Harris y García-Godoy, 2001).

El segundo, fue desde 1933 a 1945, periodo que se concentró en las interrelaciones entre las concentraciones naturales de flúor en agua potable, fluorosis y caries dental. Dean marcó este periodo ya que encontró que existía una interrelación directa entre la cantidad de flúor en el agua y la fluorosis dental, y una interrelación inversa entre la cantidad de flúor en el agua y la caries dental. Se reconoció que al equilibrar los beneficios en la prevención de caries con el riesgo de fluorosis, la concentración óptima para propósitos odontológicos del flúor en el agua potable se encuentra entre 0,7 y 1,2 ppm (Harris y García-Godoy, 2001).

Finalmente, el tercer periodo fue en 1945, esta fecha corresponde a la adición deliberada de flúor al sistema público de suministros de agua para determinar si el ajuste de la concentración de éste a 1,0 ppm podía prevenir la caries. Rapids se convirtió en la primera ciudad del mundo en ajustar la concentración en el agua potable, la disminución final en el índice de dientes con caries, perdidos y obturados (DPCO) en los niños de 12 a 14 años fue de 55%. Esta fase en la historia de la fluoración, en la cual las comunidades ajustan el flúor en el agua potable a las concentraciones consideradas como óptimas para la salud dental, continúa en todo el mundo (Harris y García-Godoy, 2001).

Conforme aumentan los programas de fluoración, el fluoruro encuentra vías para llegar a la cadena alimentaria (Leverett GS, 1983) a través de alimentos y bebidas disponibles en el comercio. Por tanto, parte de la historia del fluoruro durante los dos últimos decenios del siglo XX incluye los estudios del incremento en la exposición sistémica y del riesgo que representa para una fluorosis dental (Burt BA, 1995).

2.4.1 Fluoración del suministro de agua en una comunidad.

La cantidad de agua o de otros líquidos que ingiere la población está influida por la temperatura del lugar donde vive (Galagan DJ y col., 1957). Mientras más

cálido sea el clima se consume más líquido, en cambio entre más templado se consume menor cantidad de líquido. Si la persona “promedio” en una región templada ingiere al día un litro de agua con una concentración de flúor de 1 ppm, mediante esta fuente ingiere diario 1 mg de fluoruro. Obviamente que si la persona ingiera más agua como consecuencia de un clima más cálido, la concentración de fluoruro necesita ser menor de 1 ppm para que el consumo de éste permanezca en 1 mg. A la inversa, si cada día se consume menos agua es necesario incrementar su concentración.

Hoy en día, se ha aceptado la relación del consumo de agua y la temperatura, y han establecido un intervalo para las concentraciones óptimas de flúor en el agua potable, con base en el promedio anual de la temperatura diaria máxima del aire. El intervalo óptimo de fluoración está entre 0,7 y 1,2 ppm, como ya se mencionó (Harris y García-Godoy, 2002).

2.5 PRESENCIA DE FLUOR EN DISTINTAS SUSTANCIAS Y TEJIDOS BUCALES

Existe diferentes concentraciones de flúor cada uno de los tejidos bucales: dentina y cemento, en tejidos suaves, en la saliva y en la placa bacteriana.

La presencia de flúor contenido en la dentina y el cemento es mayor al del esmalte porque sus estructuras presentan un metabolismo activo. Al contrario del esmalte que realiza cambios iónicos con el medio, la dentina y el cemento mantiene su metabolismo activo en medio del fluido dentinario, acumulando, así, mayor cantidad de flúor (Stepnick R.J., 1975; Yoon S.H., 1960).

La concentración de flúor en los tejidos suaves es muy baja en el hombre. El flúor tiene una vida media corta en estos tejidos, manteniendo un equilibrio con el plasma, al contrario de lo que ocurre con los tejidos duros. La concentración no aumenta con la edad ni con el tiempo de exposición, entretanto, se puede tener acumulación de flúor en ciertas áreas, tales como la aorta, los tendones, cartílagos y/o la placenta (Who, 1984).

La cantidad de flúor contenida en la saliva de un individuo residente en regiones con concentraciones óptimas del flúor en el agua potable, es mucho más pequeña. Carlson, Armstrong y Singer (Carlson C.H. y col., 1999) mencionaron que esta cantidad es inferior al 1% de flúor ingerido. Aun siendo esta cantidad pequeña, cabe recalcar la importancia que tiene en la mejoría de la calidad del esmalte en la maduración pos-eruptiva, en la remineralización del esmalte en las fases iniciales de la desmineralización y en la disminución de la actividad cariogénica (Ahrens G., 1965). La cantidad de flúor contenida en la saliva es ligeramente inferior de la contenida en el plasma (Carlson C.H. y col., 1999; Ericsson Y. y Hellstrom I., 1952) aproximadamente entre 0,1 a 0,05 ppm (Shannon I.L. y Edmonds E.J., 1978; Yao, K.

y Gron P., 1970). Una vez ingerido, el flúor aparece inmediatamente en la saliva, después de una hora de su ingestión aparece el pico de la concentración (Shannon I.L., 1977). La saliva no debe ser considerada como medio de excreción ya que parte del flúor contenido en la ingestión es reabsorbida.

La placa bacteriana tiene un papel importante como reservorio de flúor bajo la forma ionizable cuando el pH del medio es bajo. Es estas condiciones, el fluoruro es liberado exactamente a donde la placa bacteriana este participando de reacciones químicas en los procesos de desmineralización y remineralización del esmalte dentario, reponiendo inmediatamente en los sitios activos los iones de calcio y fósforo perdidos (Guedes-Pinto A, 2003).

2.6 FLUORACIÓN DE LA SAL

La sal de mesa fluorada se ha comercializado desde 1955 (WHO, 1986). Debido a su escaso costo y al potencial de llegar a toda la población, incluso en las áreas remotas, este método de prevención de caries recibe la promoción de la OPS para su aplicación en países donde la fluoración del agua no es económicamente factible o existe una gran población rural sin sistemas municipales de abastecimiento de agua. Con la ayuda de la OPS se han introducido programas de fluoración de sal

en Uruguay, Colombia, Perú, Venezuela, Costa Rica, México, Jamaica y Ecuador (Estupinan-Day, 1996).

Los primeros estudios sobre la incorporación de flúor en la sal fueron hechos por Wespi seguidos de Melberg y Ripa, en los años cuarenta (Mellberg, J.R. & Ripa, L.W., 1983). Después tuvieron lugar más estudios, en donde se pensó colocar 90 mg de F/kg de sal. Hoy en día se sabe que la cantidad de 200 a 300 mg de F/kg de sal de cocina es más adecuada, reconociendo esta cantidad como satisfactoria para la prevención de caries. Una vez ingerida esta cantidad, el flúor recolectado en la orina es de 0,8 a 1,0 mg de F/litro de orina, semejante a la orina recolectada de individuos que viven en regiones con agua fluorada, estableciendo esta correlación, personas que ingieren fluor de agua fluorada y personas que ingieren flúor de la sal fluorada, este método puede ser considerado satisfactorio. Sin embargo, Esta medida merece varias consideraciones. En los primero años de vida, los niños ingieren poca sal de cocina como alimento y es cuando más necesita de flúor para los dientes. Otro aspecto a ser considerado es que dado el diferente origen de nuestra población y, principalmente, sus hábitos alimenticios, la cantidad de sal de cocina utilizada por una familia varía mucho.

Al ingerir sal fluorada, el fluoruro es absorbido en el estómago y en el intestino, a partir de ahí su metabolismo, con ligeras variaciones, es idéntico al del flúor ingerido por el agua o con otros vehículos que lo contengan de forma ionizada. Del tracto digestivo pasa al plasma de manera rápida, de ahí es distribuido en todo el

cuerpo. Se considera que el plasma es el compartimiento central, porque es por este fluido por donde debe pasar y salir el flúor para su distribución y eliminación. Migra fácilmente a través de las membranas celulares de casi todos los tejidos blandos, exceptuando el cerebro, el tejido graso y los riñones, estos tienen acúmulos de fluoruros en los fluidos tubulares (Escobar R., 2006).

El metabolismo del fluoruro ingerido con la sal tiene diferencias cuantitativas con el del agua por las siguientes razones: a diferencia del flúor en el agua, el de la sal se ingiere con alimentos, lo que puede influir en la cantidad (menor) y velocidad de la absorción en el tracto digestivo, otra es que las personas consumen sal con menor frecuencia que agua, por esto es posible que con la sal se ingiera en un momento dado mayor cantidad de fluoruro; es posible también que la frecuencia y el tamaño de las dosis alteren su metabolismo (Escobar R., 2006).

Generalmente a la sal se adiciona flúor en una proporción de 120 mg/kg de sal. Se considera que la sal fluorada es tan eficaz como el agua fluorada, siempre y cuando sea similar el consumo de fluoruro. La fluoración de la sal presenta varias ventajas: llega a grandes poblaciones que incluyen todos los niveles socioeconómicos, no requiere de cambio conductual alguno en el usuario y es barata. Entre las desventajas están el escaso consumo de sal por los niños de dos años o menores, quienes pierden el beneficio completo de este método hasta que son mayores, y que la sal está contraindicada para quienes su consumo incrementa el riesgo de hipertensión (Bergmann K.E., 1995).

Las concentraciones recomendadas son del orden de los 200mg +- 25mg de fluoruro de sodio (NaF) por kilogramo de sal doméstica. No se debe suministrar en poblaciones que tengan fuentes de agua potable cuyo contenido natural sea de 0,5 ppmF o mayor (Escobar R., 2006).

2.7 FLUORACIÓN DE LA LECHE

La leche, después del agua, es considerada el segundo aporte más importante de líquidos y se ha propuesto como otra opción a la fluoración del agua. Un programa de fluoración de leche tiene similares ventajas de la fluoración de la sal, sobre todo puede llegar la población no servida por abastecimientos municipales de agua, no requiere cambio conductual y permite la elección del consumidor. Una desventaja es que el flúor colocado en la leche tiene menos biodisponibilidad a causa del contenido de calcio que posee. La OMS considera a los programas de fluoración de agua, sal y leche como métodos de salud pública muy eficaces en cuanto al costo para la prevención de caries (WHO, 1992). En la actualidad no existen programas de fluoración de leche como a las existentes para el agua. (Marino R., 1995).

Estudios en animales han demostrado que la incorporación de flúor por este método es menor. En cuanto a la fluoración de leche, varios aspectos deben ser

tomados en cuenta como es del costo del equipamiento para la fluoración, el origen de la leche para evaluar si contiene o no flúor y la cantidad de leche ingerida por niño (Campos M.A.P., 1953). La principal crítica a este método es que los individuos de limitados recursos económicos, necesitan de mayores medidas preventivas, por no tener acceso al tratamiento por cuestiones económicas, serían marginalizados de estos beneficios (Thylstrup A., 1978).

2.8 FLÚOR EN BEBIDAS EMBOTELLADAS

Loyola- Rodríguez en 1998, realizó un estudio evaluando la concentración de fluoruro en bebidas embotelladas San Luis, México. Estudió el contenido de algunas muestras durante tres meses, mediante el método del electrodo de ion selectivo obteniendo como resultados que la concentración de flúor de muestras de bebidas embotelladas presentan concentraciones de flúor elevadas, siendo la mayoría por sobre la norma mexicana de 0,7ppm.

Heintze y col., 1996 analizaron muestras de bebidas embotelladas comercializadas en Brasil, y concluyeron que el contenido de flúor en los refrigerantes, jugos, aguas minerales, cervezas y leche se presentan en una media por debajo de 0,4 ppm, se puede afirmar que esas bebidas no pueden sustituir al

agua fluorada cuando se busca la obtención de efectos preventivos. Así, la contribución de las bebidas para el desarrollo de fluorosis es pequeña.

Se puede concluir que la presencia de flúor en bebidas que no sean agua de abastecimiento o agua mineral, no requiere mayores cuidados en la práctica cotidiana de vigilancia sanitaria. Sin embargo es necesaria la realización periódica de pruebas en bebidas disponibles en el mercado, de modo de asegurar la posibilidad de consumo sin restricciones de contenido de flúor, sobretodo en niños susceptibles a desarrollar fluorosis dentaria (Guedes-Pinto A., 2003).

2.9 TOXICIDAD DEL FLÚOR

El fluoruro en exceso actúa de cuatro maneras generales: 1) cuando una sal de fluoruro concentrada entra en contacto con piel húmeda o mucosa, se forma ácido fluorhídrico y produce una quemadura; 2) constituye un veneno protoplasmático general que actúa para inhibir los sistemas enzimáticos; 3) enlaza al calcio necesario para la acción nerviosa; y 4) se presenta hiperpotasemia, lo que contribuye a cardiotoxicidad (Harris y García-Godoy, 2001).

Cuando un polvo fluorado entra en contacto con mucosa o piel húmeda produce una lesión rojiza que se torna tumefacta y pálida y momentos después

suelen presentarse ulceraciones y necrosis. Después de la ingestión excesiva de flúor aparecen náuseas y vómito, este último aparece por la formación de ácido fluorhídrico en el ambiente ácido del estómago, y esto origina la lesión de la cubierta celular de la pared estomacal. Los signos locales o generalizados de tetania muscular se deben a la disminución de calcio sanguíneo. Esto suele acompañarse de cólicos y dolor abdominales. Finalmente conforme aumenta la hipocalcemia y la hiperpotasemia, la gravedad se intensifica con la aparición de las tres C que anuncian la muerte: coma, convulsiones y arritmias cardíacas. Por lo general el fallecimiento por ingestión excesiva de fluoruro tiene lugar en un lapso de cuatro horas; si la persona sobrevive, el pronóstico es de reservado a bueno (Harris y García-Godoy, 2001).

Los productos fluorados que se comercializan y las prácticas profesionales pueden tener un grado de toxicidad e incluso llegar a ser mortales si no se utilizan adecuadamente. La dosis mortal para un adulto es entre 2,5 y 10 g, con una dosis mortal promedio de 4 a 5g. El empleo de la “la dosis mortal promedio” es una designación muy imprecisa que dificulta predecir un exceso de fluoruro, por eso se ha recomendado una dosis probablemente tóxica (DPT) basada en el peso corporal como un criterio más práctico para cualquier tratamiento (Harris y García-Godoy, 2001).

2.10 FLUOROSIS

El concepto de fluorosis dentaria surgió y se consolidó en siglo XX. Solamente después de la constatación de que el flúor, presente en el esmalte dentario, es el causante principal del “esmalte vetado”. La fluorosis dentaria es el tipo de fluorosis de mayor ocurrencia. En razón de esto, frecuentemente los autores se refieren a la fluorosis dentaria como solo fluorosis. La fluorosis es una alteración del esmalte, que ocurre durante el periodo de formación de los dientes, en consecuencia de la ingesta de flúor por encima de los niveles aceptables y por un tiempo prolongado. Ocurre en función de los depósitos de flúor en la estructura dentaria ocasionando alteraciones en los ameloblastos, distribuidos en la formación de los cristales de apatita. Las manifestaciones van a depender de la cantidad de flúor ingerida, del tiempo de exposición del mismo y de la edad del individuo (Fejerskov J.D.B y col.,1988).

2.11 EFECTO DE LA FLUROSIS

Las características clínicas de la fluorosis son definidas por una gama de cambios en el esmalte y existen dos aspectos importantes a ser considerados en el diagnóstico: la bilateralidad y la simetría. La forma más suave puede ser observada a través de estrías o líneas blancas, horizontales, finas y opacas, cruzando la superficie del esmalte. En algunos casos, las puntas de las cúspides de los dientes

posteriores, los bordes incisales de los dientes anteriores y las cristas marginales pueden presentar manchas blancas opacas que son denominadas coberturas de nieve (Fejerskov J.D.B y col.,1988).

Cuanto más opaco es el esmalte, mayor es el grado de porosidad, por lo tanto, con el aumento de la severidad de la fluorosis, las líneas blancas se espesan y muchas veces se unen formando manchas blancas irregulares, opacas y nebulosas por toda la superficie del diente. En un estado más avanzado, las manchas opacas irregulares se pueden unir formando una extensa área opaca con aspecto blanco calcáreo (Dean H.T., 1962). Esta característica es el resultado de un esmalte bastante poroso que, con el tiempo, expuesto al ambiente bucal termina por desgastar la porción más externa formando depresiones, las mismas que se van pigmentando a causa de los colorantes provenientes de alimentos, bebidas, cigarrillo y otros factores, tornándose en manchas marrones. A veces, se pueden fundir y formar grandes corrosiones acastañadas alterando la superficie dentaria (Fejerskov J.D.B y col.,1988).

Los desgastes y alteraciones de color ocurren después de la erupción de los dientes, en función del grado de porosidad o hipomineralización del esmalte, no siendo una característica intrínseca de la fluorosis si es un fenómeno secundario. Las corrosiones también pueden ocurrir en las superficies oclusales de molares y premolares, llevando al desgaste de sus cúspides (Fejerskov O. y col.,1991).

La fluorosis puede afectar tanto a la dentición permanente como a la decidua. La dentición permanente es más afectada y se puede explicar mediante tres factores. En primer momento, la mayor parte de la mineralización de la dentición decidua ocurre antes del nacimiento y de haber una acción pasiva de la barrera placentaria. Luego, el periodo de formación del diente deciduo es más corto que el del permanente. Finalmente, se puede destacar que hay menor espesura y mayor opacidad de la capa del esmalte del diente deciduo dificultando la detección de la fluorosis dentaria en esta dentición (Moller, I.J., 1982).

En relación al diagnóstico cabe destacar las dificultades prácticas para diferenciar los casos de fluorosis de otras alteraciones no fluoróticas del esmalte dentario, en especial de lesiones de mancha blanca por caries, hipoplasias del esmalte, amelogénesis imperfecta, la dentinogénesis imperfecta, las manchas de tetraciclina, entre otras. En este sentido, algunas características clínicas de la fluorosis dental tales como la simetría, la bilateralidad y nebulosidad de las manchas son señales importantes para el diagnóstico diferencial (Fejerskov O. y col., 1991).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la concentración de flúor de diferentes sustancias consideradas de consumo diario por la población del Valle de Tumbaco.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Medir mediante el método de electrodo selectivo, las diferentes concentraciones de flúor en la sal de consumo diario y agua embotellada.
2. Determinar la cantidad de flúor existente en el agua potable de diferentes zonas del valle de Tumbaco.
3. Comparar la concentración de flúor de todas las muestras de agua potable obtenidas en su primer chorro.

4. Comparar la concentración de flúor de todas las muestras de agua potable obtenidas luego de dos minutos de flujo continuo.
 5. Comparar la concentración de flúor presente en agua potable cuando es obtenida en su primer chorro y luego de dos minutos de flujo continuo en el mismo lugar de toma.
 6. Comparar la concentración de flúor presente en agua de las áreas o barrios entre si considerados en el estudio (comparando entre las 5 de cada barrio con los 10 barrios).
 7. Verificar la concentración de flúor presente en las aguas embotelladas y en la sal de consumo, entre los valores detectados por análisis químico de laboratorio y lo que los fabricantes indican en los embases
- .

4. HIPÓTESIS

La ingesta combinada de flúor presente en el agua potable de los barrios analizados en este estudio y que conforman parte del valle de Tumbaco, sumada a la concentración presente en productos de consumo diario y habitual como sal y agua embotellada se encuentra en valores que superan la concentración de flúor permitida y necesaria para el ser humano.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Tipo de estudio

Estudio del tipo descriptivo y analítico donde a través del análisis químico de ciento veinte muestras de agua potable, sal y agua embotellada de uso diario y continuo de los habitantes del valle de Tumbaco se determinará la concentración de flúor.

5.2 Muestra

Cien muestras de agua potable, cuatro muestras de sal y cinco de agua embotellada recolectadas de viviendas y centros de comercialización de alimentos de 10 barrios del valle de Tumbaco fueron analizadas químicamente mediante el método de electrodo selectivo para conocer la concentración de flúor presente en ellas.

5.3 Metodología

Para la realización de este estudio descriptivo y analítico, se tomó 100 muestras de agua potable en envases plásticos estériles en 50 lugares específicos,

se tomaron 20 muestras en cada barrio y se seleccionaron 10 barrios rurales del valle de Tumbaco, la toma de las muestras fue realizada por el investigador en las primeras horas de la mañana, las 5 botellas de agua de diferentes marcas fueron adquiridas en centros de expendio de productos alimenticios (tiendas y supermercados) de la población al igual que 4 muestras de sal de diferentes marcas estas fue analizarlas y obtenida la concentración del flúor ppm siguiendo la fórmula $\text{mg/L}=\text{ppm}$. Los sitios de recolección fueron seleccionados al azar y descritos en la tabla a seguir (tabla 1):

Tabla 1. Información de los lugares de toma de muestras de agua potable.

BARRIO	No.	DIRECCIÓN	MUESTRA A	MUESTRA B
CENTRO	1	Gonzalo Pizarro 390 y Francisco de Orellana	1 ^a	1b
	2	Juan Montalvo sn y Francisco de Orellana	2 ^a	2b
	3	Juan Montalvo 422 y Gonzalo de Vera	3 ^a	3b
	4	Gaspar de Carvajal sn y Guayaquil	4 ^a	4b
	5	Simón Bolívar 141 y Gonzalo Pizarro	5 ^a	5b
SAN BLAS	6	Gonzalo Pizarro y Las Minas	6 ^a	6b
	7	Gonzalo Pizarro y Las Minas "Las 4 esquinas"	7 ^a	7b
	8	Gonzalo Pizarro 12-95	8 ^a	8b
	9	Gonzalo Pizarro y La Ciclovía	9 ^a	9b
	10	Pozo Patahua EMAAP- Gonzalo Pizarro	10 ^a	10b
SANTA ROSA	11	Gonzalo Pizarro No. 1	11 ^a	11b
	12	Nolberto Salazar 14	12 ^a	12b
	13	Nolberto Salazar sn	13 ^a	13b
	14	Nolberto Salazar 27	14 ^a	14b
	15	Nolberto Salazar 4	15 ^a	15b
LA ESPERANZA	16	El Refugio Lote 03 - La Esperanza	16 ^a	16b
	17	El Refugio - La Esperanza	17 ^a	17b
	18	Calle Quinde #9	18 ^a	18b
	19	El Refugio "La Cueva del Oso"	19 ^a	19b
	20	La Buena Esperanza	20 ^a	20b
EL ARENAL	21	El Refugio - El Arenal	21 ^a	21b
	22	El Refugio - El Arenal	22 ^a	22b
	23	El Refugio - El Arenal	23 ^a	23b

	24	Vía Interoceánica - El Arenal	24 ^a	24b
	25	Calle Ferrero - El Arenal	25 ^a	25b
LA MORITA	26	Ilalo y Unidad Educativa "Las 4 esquinas"	26 ^a	26b
	27	Vía Unidad Educativa	27 ^a	27b
	28	Calle Boyacá e Interoceánica	28 ^a	28b
	29	Vía Unidad Educativa Lote 5	29 ^a	29b
	30	Vía Unidad Educativa	30 ^a	30b
SANTA ANA	31	Calle Rumiñahui y Latacunga	31 ^a	31b
	32	Calle Rumiñahui y Latacunga	32 ^a	32b
	33	Calle Rumiñahui #530	33 ^a	33b
	34	Calle Rumiñahui #595	34 ^a	34b
	35	Calle Rumiñahui #693	35 ^a	35b
RUMIHUAICO	36	Adoquinado Los Pinos	36 ^a	36b
	37	Calle El Cagagual #60	37 ^a	37b
	38	Calle El Cagagual #125	38 ^a	38b
	39	Calle El Cagagual #129	39 ^a	39b
	40	Calle El Cagagual #88	40 ^a	40b
LA COMUNA	41	Calle Pichincha # 17	41 ^a	41b
	42	Calle Pichincha # 30	42 ^a	42b
	43	Calle Pichincha # 20	43 ^a	43b
	44	Calle Pichincha # 247	44 ^a	44b
	45	Calle Pichincha # 1191	45 ^a	45b
LA TOLA GRANDE	46	Avenida Universitaria	46 ^a	46b
	47	Los Guabos y Tercera	47 ^a	47b
	48	San Francisco # 4	48 ^a	48b
	49	San Francisco sn	49 ^a	49b
	50	San Francisco Lote 507	50 ^a	50b

Tabla 2. Información de los lugares de toma de muestras de agua embotellada.

MUESTRAS AGUA EMBOTELLADA		No. Muestra
TESALIA	Simón Bolívar 141 y Gonzalo Pizarro	M1AB
SPA	Nolberto Salazar sn	M2AB
ALL NATURAL	El Refugio - La Esperanza	M3AB
MANATIAL	El Refugio - La Esperanza	M4AB
OVID	Calle Boyacá e Interoceánica	M5AB

Tabla 3. Información de los lugares de toma de muestras de sal.

MUESTRAS SAL		No. Muestra
Marysal	Simón Bolívar 141 y Gonzalo Pizarro	M1S
Valdezl	Santa María de Tumbaco	M2S
Supermaxi	Santa María de Tumbaco	M3S
Crisal	Calle Boyacá e Interoceánica	M4S

Los resultados de los análisis químicos de cada una de las sustancias fueron recolectados en tablas específicamente diseñadas para el efecto y los datos analizados mediante análisis descriptivo y estadístico adecuado.

El abastecimiento de agua, según la Emmap, se da por el valle de Tumbaco a través del Tanque y Planta de Tumbaco del canal Cosino-Río Pita; los barrios La Dolorosa y La Morita de la Planta Tumbaco y Bellavista (Papallacta); El Arenal de la vertiente El Inga; La Esperanza de vertiente Las Chirimoyas (Cornejo, 2007).

Las muestras se tomaron por la mañana en 2 envases previamente etiquetados como muestra #a, y muestra #b. (Fig.1a). La muestra A se tomó en el primer chorro del día de la llave del lavabo de la cocina, la muestra B después de dejar al riego por 1 minuto. Dado que los habitantes de cada barrio comienzan sus actividades desde horas muy tempranas, se logró recolectar todas las muestras de 6:30 am a 7:30 am (Fig. 1b). Las muestras de agua embotellada (Fig. 2) y de sal (Fig. 3.1-4) se compraron después. Se llevaron inmediatamente las muestras al laboratorio de la Universidad San Francisco de Quito y se almacenaron en un área específica en el laboratorio de Ciencias Químicas del Dr. Carlos Fabara O., M.Sc. como coordinador de química de la USFQ.



Fig 1a. Muestra de agua potable en el envase rotulada.



Fig 1b. Recolección de 100 muestras de agua potable.



Fig 2. Muestra de agua embotellada.



Fig 3. Muestra de sal.



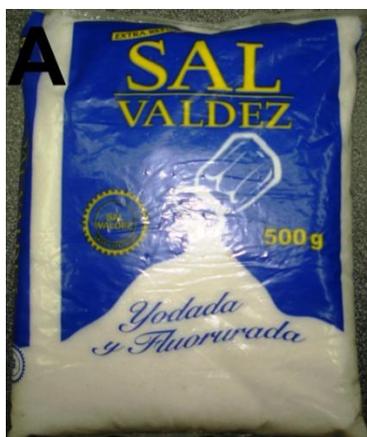
B ADVERTENCIA:
 De acuerdo al programa de fluoruración de la sal, del Ministerio de Salud Pública, en las provincias del Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi y las localidades: Cubijfes, Licto, Guamote, San Gerardo, Picaigua, Totoras, Pelleo, El Rosario, García Moreno, Salasaca, Latacunga, Poaló, Rumipamba, Mulliquindil, Pansaleo, Saquisilí se debe consumir únicamente Sal Yodada.
 Bajo norma NTE

C

		% Valor Diario*
Grasa Total	0 g	0 %
Sodio	390 mg	16,2 %
Carbohidratos Totales	0 g	0 %
Proteínas	0 g	0 %
Yodo	30 - 50 mg/kg	
Flúor	200 - 250 mg/kg	

*Los porcentajes de valores diarios están basados en una dieta de 2000 calorías.

Fig 4.1 A. Sal Marysal. B. Indicación posterior de la envoltura. C. Valores nutricionales incluyendo el flúor.



B IMPORTANTE: En las provincias de Cotopaxi, Chimborazo y localidades de Tungurahua Picaigua, Totoras, Pelleo, El Rosario, García Moreno, Salasaca, Atahualpa, Martínez, Izamba, Quero, Rumipamba y Unamuncho, se debe consumir únicamente Sal Yodada.

C

		% Valor diario*
Grasa Total	0 g	0 %
Sodio	390 mg	16,2 %
Carbohidratos Totales	0 g	0 %
Proteínas	0 g	0 %
Yodo	30-50mg/kg	
Flúor	200-250mg/kg	

* Los porcentajes de valores diarios están basados en una dieta de 2000 calorías

Fig 4.2. A. Sal Valdez. B. Indicación posterior de la envoltura. C. Valores nutricionales incluyendo el flúor.



Fig 4.3. A. Sal Supermaxi. B. Indicación posterior de la envoltura. C. Valores nutricionales incluyendo el flúor.



Fig 4.4. A. Sal Crisal. B. Indicación posterior de la envoltura. C. Valores nutricionales incluyendo el flúor.

El análisis químico se lo realizó a través del método del electrodo ion selectivo (Fig. 5A y B), se lo conoce como ISE, que consiste en electrodos que poseen una membrana sensible, selectiva a un ion en particular. Cuando se sumerge el electrodo selectivo (Fig. 5C) en la muestra (Fig. 5D), en su membrana desarrolla un potencial debido a una reacción selectiva y espontánea.

Algo que también se tomó en cuenta fue la temperatura, es conocido el efecto de esta sobre las medidas del potencial. El comportamiento de los electrodos selectivos frente a la temperatura no es tan conocido como el de los pH, por esta razón se habla de compensación de temperatura en las medidas con ISE. Es necesario que la temperatura permanezca constante durante un análisis con electrodo selectivo, tanto durante la calibración con patrones como durante la medida de las muestras, se permitió participar en la preparación de las muestras para un mejor entendimiento (Fig 6. A y B).

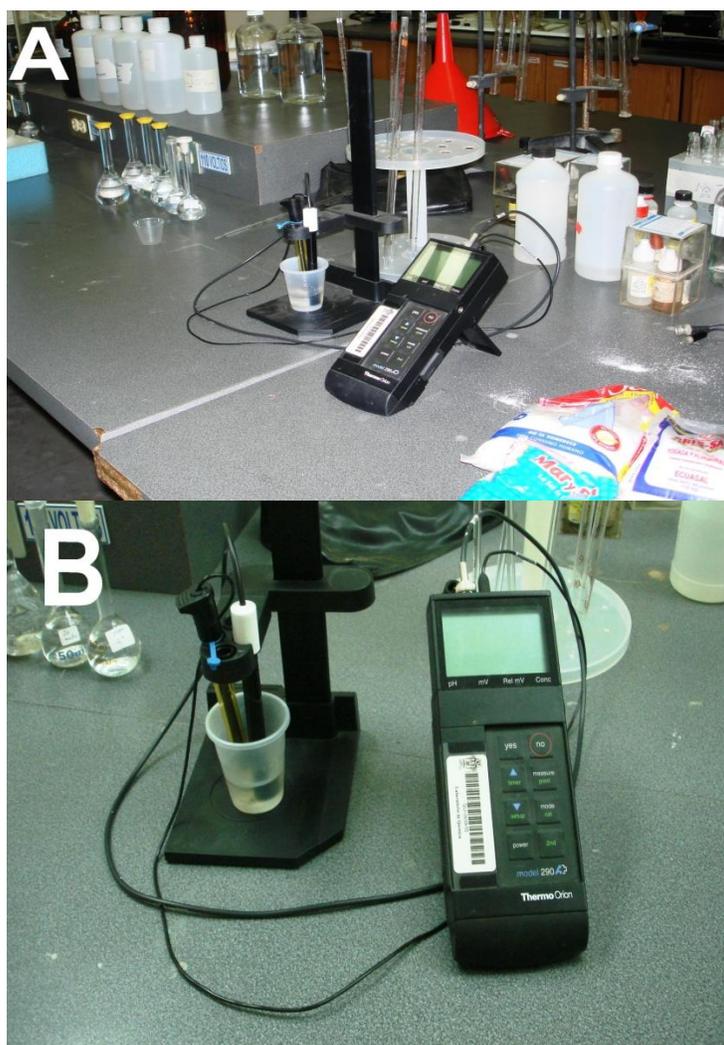


Fig 5.A.B Método Electrodo Selectivo

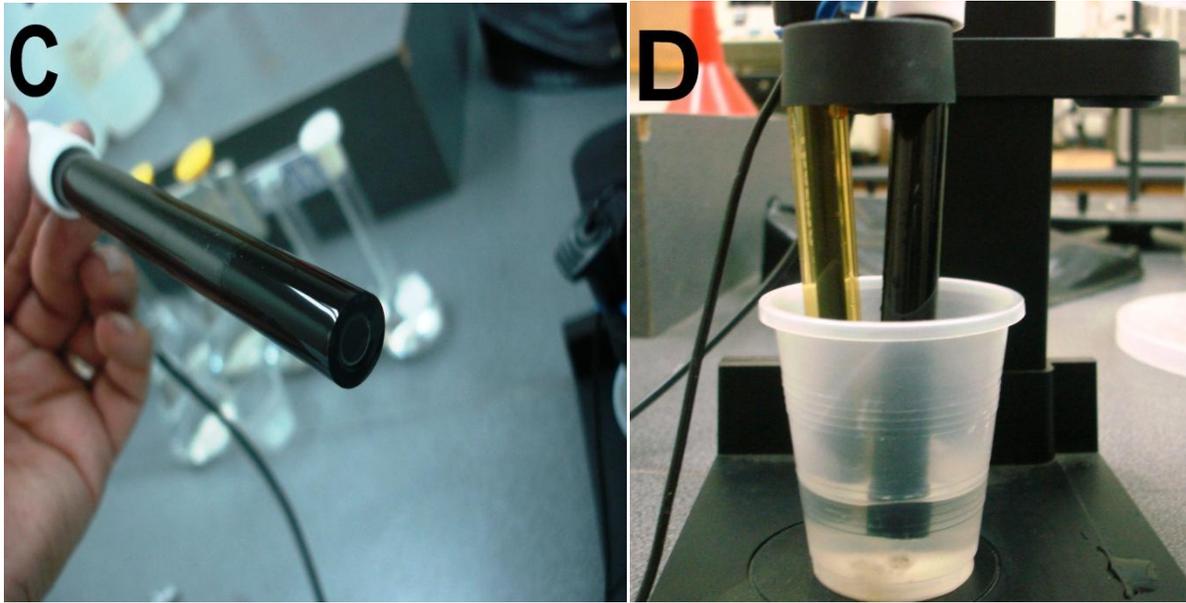


Fig 5.C. Electrodo Selectivo. D. Electrodo en la muestra



Fig 6. Lectura de muestras

6. RESULTADOS

6.1 Resultados del análisis químico.

El análisis en el laboratorio de las muestras de agua determinó la cantidad de partes por millón (ppm) del ión flúor existentes en las muestras. El laboratorio de Química de la USFQ condujo el análisis químico de las muestras; los resultados se encuentran detallados en la tabla 3, 4 a continuación:

Tabla 4. Resultados del análisis químico de las muestras de agua potable.

BARRIO	MUESTRAS DE AGUA POTABLE			
	Muestra A	FLÚOR PPM	Muestra B	FLÚOR PPM
CENTRO	M1A	0,15246608	M1B	0,17686326
	M2A	0,1762241	M2B	0,16630621
	M3A	0,16630621	M3B	0,16332286
	M4A	0,17558726	M4B	0,16570521
	M5A	0,34430335	M5B	0,35699675
SAN BLAS	M6A	0,39651629	M6B	0,38519675
	M8A	0,39508335	M8B	0,38103574
	M9A	0,41412234	M9B	0,37150066
	M10A	0,36882044	M10B	0,3674876
SANTA ROSA	M11A	0,20003035	M11B	0,20075584
	M12A	0,17944313	M12B	0,18741073
	M13A	0,18074714	M13B	0,19644202
	M14A	0,17432048	M14B	0,19222088
	M15A	0,20003035	M15B	0,18206063
LA ESPERANZA	M16A	0,21119344	M16B	0,23627719
	M17A	0,37420036	M17B	0,28833571
	M18A	0,25959819	M18B	0,23713415
	M19A	2,89371002	M19B	2,41457051
	M20A	0,24059318	M20B	0,22541451
EL ARENAL	M21A	0,22459991	M21B	0,23457255
	M22A	0,20590852	M22B	0,24587656
	M23A	0,23713415	M23B	0,23627719
	M24A	0,18741073	M24B	0,20417379
	M25A	0,20590852	M25B	0,19431999

LA MORITA	M26A	0,31450944	M26B	0,31111201
	M27A	0,20075584	M27B	0,18945731
	M28A	0,19786956	M28B	0,21043023
	M29A	0,19152623	M29B	0,18945731
	M30A	0,17944313	M30B	0,17879465
SANTA ANA	M31A	0,16570521	M31B	0,16812232
	M32A	0,16391521	M32B	0,16332286
	M33A	0,17558726	M33B	0,16570521
	M34A	0,17495272	M34B	0,16450972
	M35A	0,17243741	M35B	0,15981339
RUMIHUAICO	M36A	0,17814852	M36B	0,16934407
	M37A	0,16570521	M37B	0,16214455
	M38A	0,19858722	M38B	0,17057469
	M39A	0,16332286	M39B	0,16273264
	M40A	0,16934407	M40B	0,16570521
LA COMUNA	M41A	0,17495272	M41B	0,16751476
	M42A	0,17686326	M42B	0,16450972
	M43A	0,16450972	M43B	0,16155859
	M44A	0,13480778	M44B	0,16155859
	M45A	0,13776813	M45B	0,15808703
LA TOLA GRANDE	M46A	0,26053973	M46B	0,2946675
	M47A	0,15525112	M47B	0,17306283
	M48A	0,16273264	M48B	0,17432048
	M49A	0,16510639	M49B	0,17243741
	M50A	0,27507967	M50B	0,28316327

Tabla 5. Resultados del análisis químico de las muestras de sal

MARCA DE SAL	No. Muestra	Flúor ppm
MARYSAL	M1S	189,35
VALDEZ	M2S	191
SUPERMAXI	M3S	73,565
CRISAL	M4S	166,5

Tabla 6. Resultados del análisis químico de las muestras de agua embotellada

BARRIO	MARCAS	No. MUESTRA	FLÚOR PPM
Centro	TESALIA	M1AB	0,31450944
Sanblas	SPA	M2AB	0,04372491
Santa Rosa	ALL NATURAL	M3AB	0,08120684
La esperanza	MANANTIAL	M4AB	0,87301748
El arenal	OVIT	M5AB	0,1042513

6.2 Resultados estadísticos

Los datos fueron analizados estadísticamente y los resultados se presentan detallados en función de los objetivos planteados en la investigación. Analizando la cantidad de flúor en el agua las medidas iniciales y finales de flúor en el agua arroja los siguientes resultados:

Se eligieron 5 muestras pareadas en cada uno de los 10 barrios analizados, tanto en la prueba inicial como final. Únicamente en el barrio San Blas de realizaron 4 muestras pareadas. Hay que destacar que las muestras se las tomó en dos momentos pero pertenecen cada par a un mismo lugar. San Blas es la única excepción con cuatro pares de muestras por existir error en la manipulación de un par de las muestras por lo que los valores de esta muestra fueron despreciados (Fig.7).



Fig. 7. Distribución del número de muestras por Barrio

En el análisis estadístico descriptivo fueron agrupados las muestras A (tomadas en primer momento) y las muestras B (tomadas en segundo momento) obteniéndose de cada momento un valor mínimo, máximo, mediana, moda, media y de desviación de cada momento de toma, valores que se encuentran detallados en tabla 7:

Tabla 7. Promedio de las concentraciones de flúor de las muestras A y B de cada barrio.

Barrio	Muestra	Muestras	Mínimo	Máximo	Mediana	Moda	Media	Desviación típ.
Centro	A	5	0,152	0,344	0,176	0,152	0,203	0,080
	B	5	0,163	0,357	0,166	0,163	0,206	0,085
San Blas	A	4	0,369	0,414	0,396	0,369	0,394	0,019
	B	4	0,367	0,385	0,376	0,367	0,376	0,008
Santa Rosa	A	5	0,174	0,200	0,181	0,200	0,187	0,012
	B	5	0,182	0,201	0,192	0,182	0,192	0,007
La Esperanza	A	5	0,211	2,894	0,260	0,211	0,796	1,174
	B	5	0,225	2,415	0,237	0,225	0,680	0,970
El Arenal	A	5	0,187	0,237	0,206	0,206	0,212	0,019
	B	5	0,194	0,246	0,235	0,194	0,223	0,022
La Morita	A	5	0,179	0,315	0,198	0,179	0,217	0,055
	B	5	0,179	0,311	0,189	0,189	0,216	0,054
Santa Ana	A	5	0,164	0,176	0,172	0,164	0,171	0,005
	B	5	0,160	0,168	0,165	0,160	0,164	0,003
Rumihuaico	A	5	0,163	0,199	0,169	0,163	0,175	0,014
	B	5	0,162	0,171	0,166	0,162	0,166	0,004
La Comuna	A	5	0,135	0,177	0,165	0,135	0,158	0,020
	B	5	0,158	0,168	0,162	0,162	0,163	0,004
La Tola Grande	A	5	0,155	0,275	0,165	0,155	0,204	0,059
	B	5	0,172	0,295	0,174	0,172	0,220	0,063

Gráficamente, estos valores se encuentran presentados en el grafico (Fig. 8) a seguir, donde en una primera impresión el barrio La Esperanza existiría gran variabilidad respecto de la concentración de flúor, incluso, su concentración promedio parecería ser mayor a las de los otros barrios y cercana al valor aceptable de 0.7 ppm. Se destaca además que en todos los demás barrios, los valores detectados estarían por debajo del punto aceptable de 0.7 ppm.

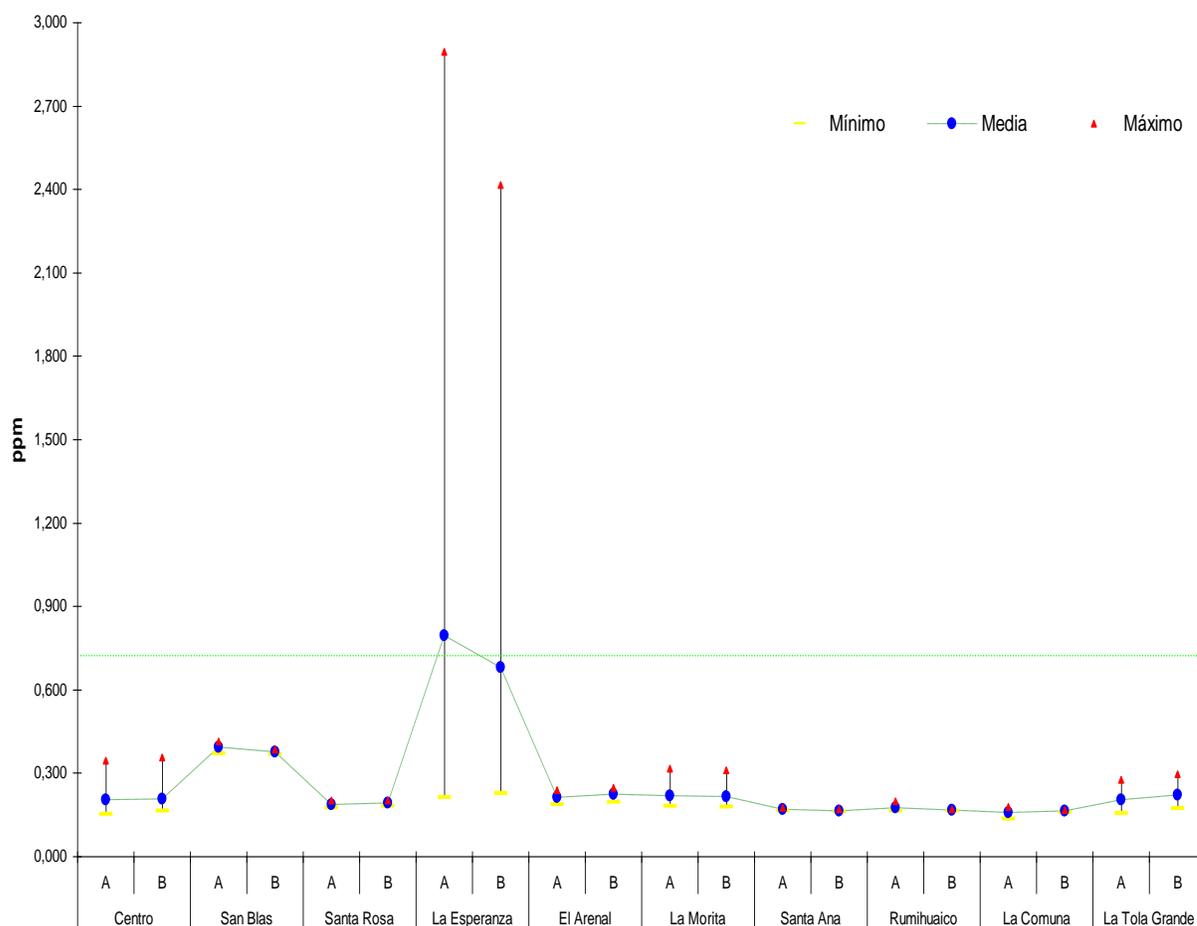


Fig. 8. Gráfico de las concentraciones de flúor por barrio de muestras A y B.

Para validar este dato preliminar se construyeron los diagramas denominados de caja y bigote, quienes pretenden poner de manifiesto la variabilidad de los datos (Fig. 9,10) donde también se hace evidente que en el barrio la Esperanza, se detectó un valor atípico de 2,89 ppm que se muestra en el gráfico de las muestras A (Fig. 9) y que por facilidad de representación gráfica no se les ha ubicado en este diagrama. Esta variabilidad fue observada también en las tomas B como el diagrama

(Fig.10) lo demuestra donde hay que destacar que en el barrio la Esperanza, se detectó una vez más un valor a-típico de 2,41 ppm y que por facilidad de representación gráfica no fue ubicado en este diagrama.

Estos diagramas mostrarían que tanto en las muestras A como B existirían diferencias entre las concentraciones al compararlos entre los diferentes barrios, pero al comparar entre muestras A y B, parecerían ser similares.

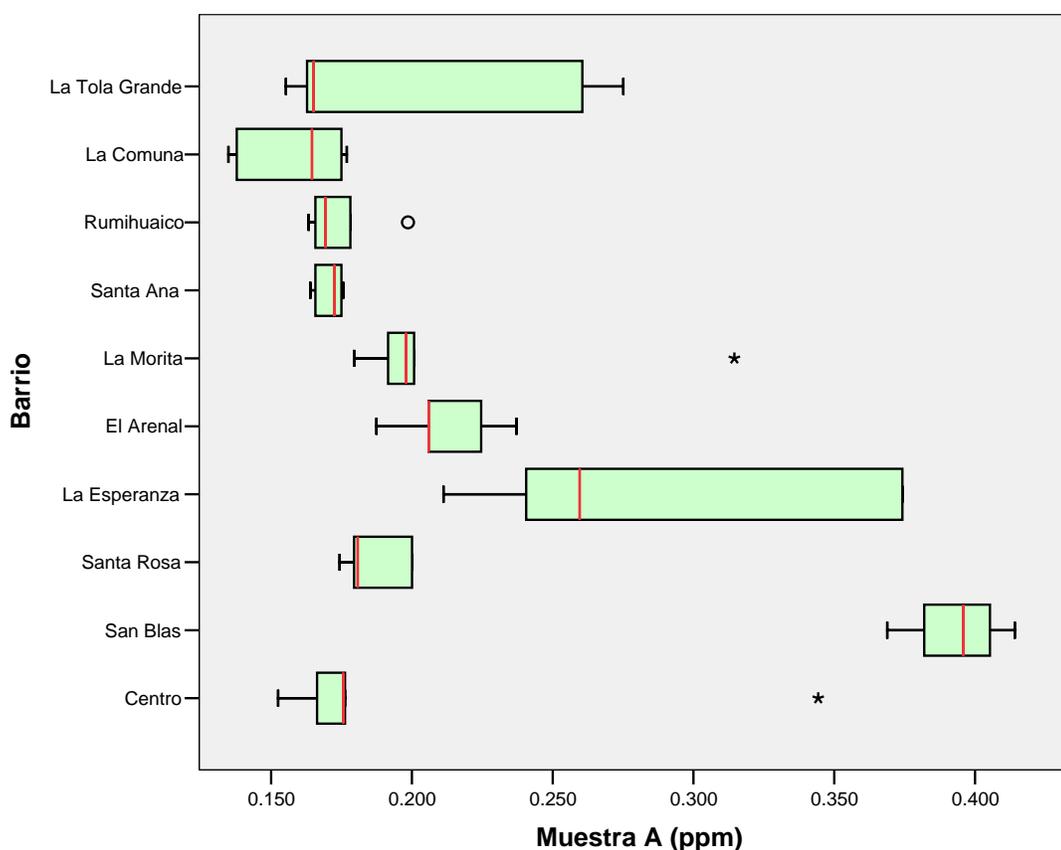


Fig. 9. Variabilidad de los valores de la Muestra A

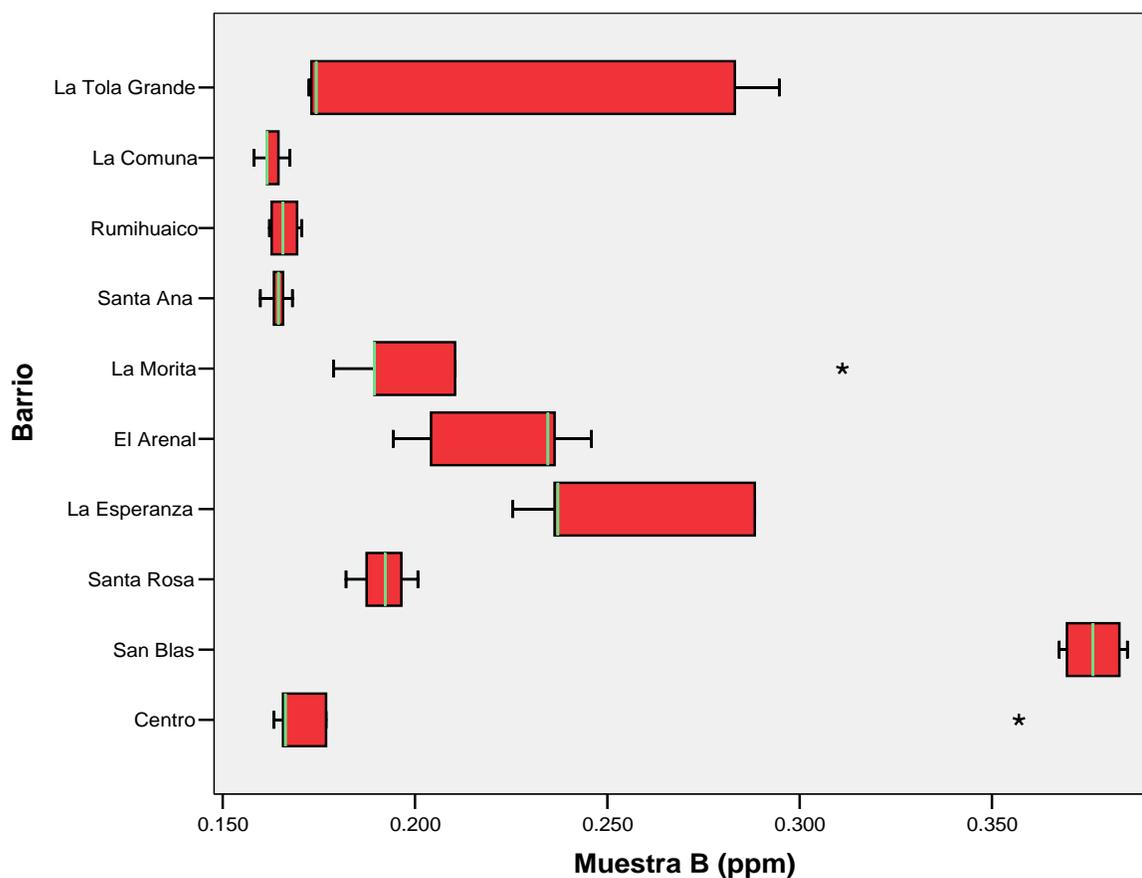


Fig. 10 . Variabilidad de los valores de la Muestra B

El análisis de los datos de las muestras de agua embotellada (Fig 11) y sal (Fig 12), arrojan valores relativamente bajos de concentración de flúor observándose cierta similitud entre las muestras. Hay que notar que las concentraciones de flúor en la sal está por debajo de 200-250 ppm recomendables, mientras que únicamente el agua manantial tendría niveles de Flúor superiores a este valor aceptable de 0,7 ppm.

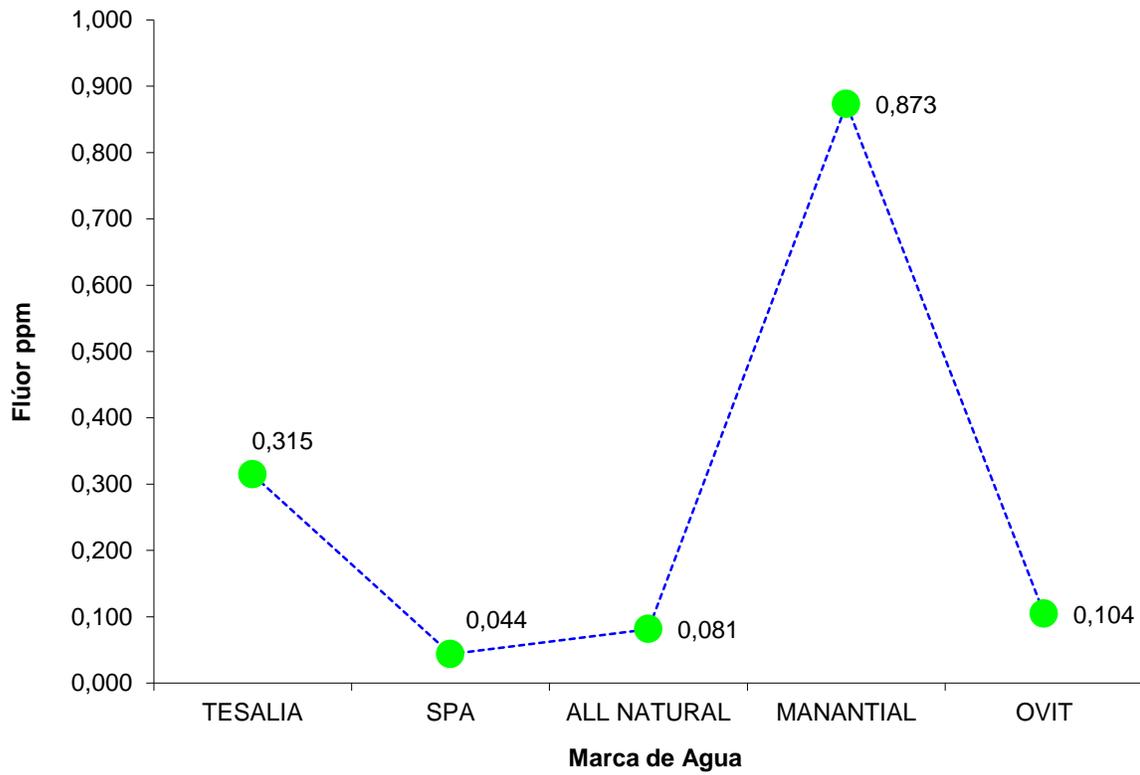


Fig 11. Muestras de agua embotellada

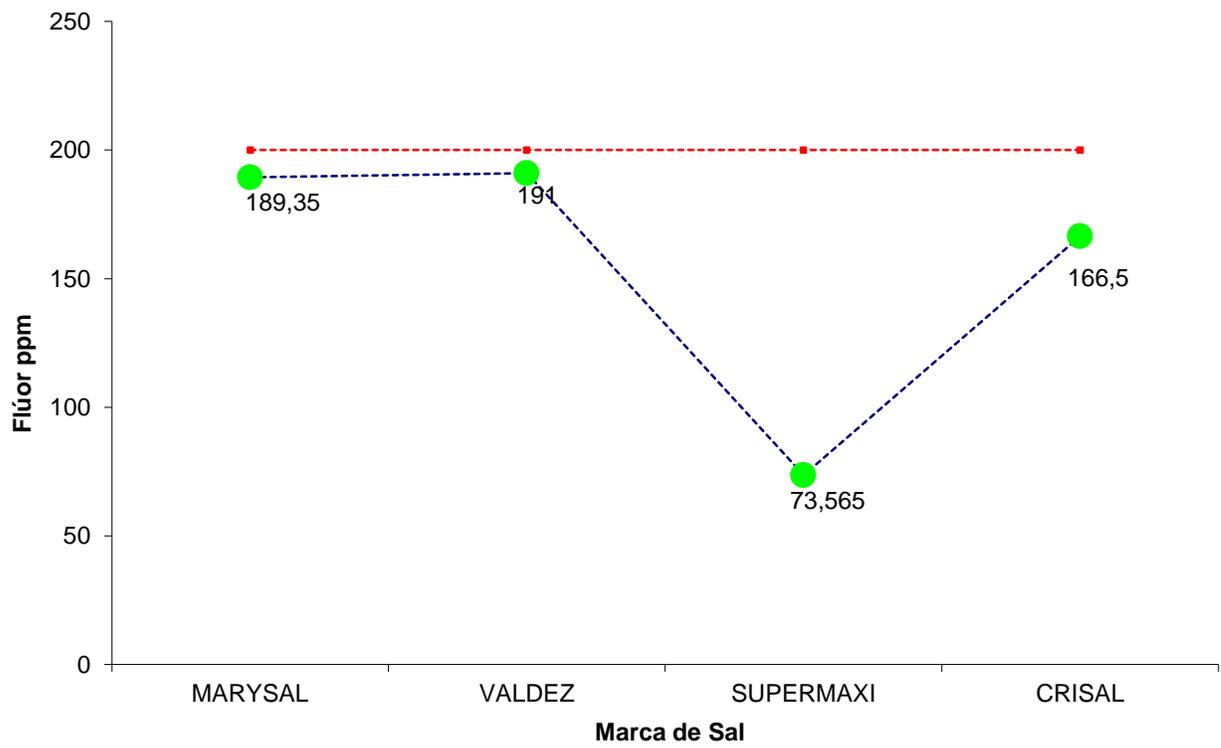


Fig 12, Muestras de sal

Comparando las concentraciones de flúor de las muestras de agua potable por barrios, Los diagramas de caja y bigote (variabilidad) muestran que en cada barrio existe una tendencia a concentración de flúor que en algunos casos parece ser igual y en otros no. Para salir de este dilema, se construyen intervalos de confianza para la media al 95%, los cuales se muestran a continuación (Fig. 13):

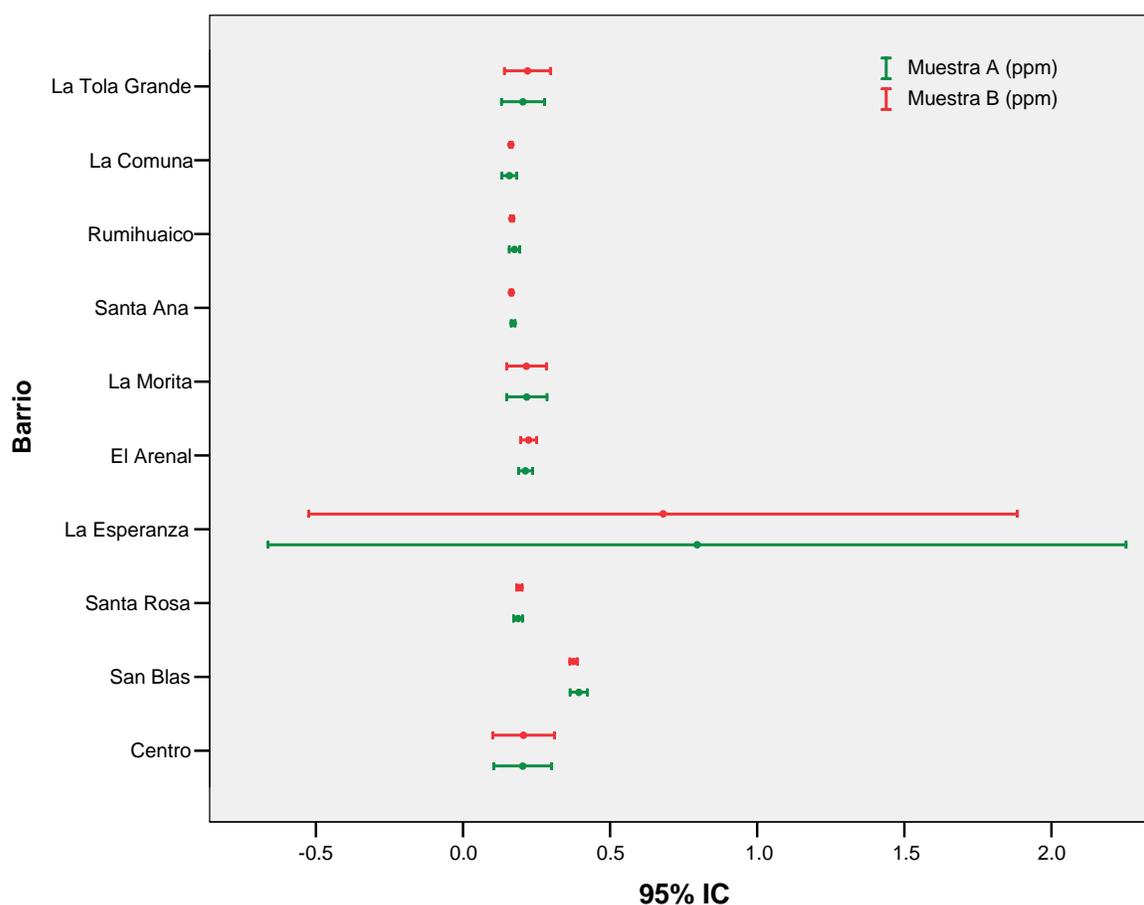


Fig. 13. Intervalo de confianza al 95% para la concentración promedio.

Hay que destacar que una forma de análisis de este gráfico es el observar los traslapes, así, en la medida en que los intervalos se traslapen, se podría afirmar que las concentraciones serían similares; sin embargo, dada la alta variabilidad

presentada en el barrio La Esperanza (intervalos más grandes), se prefiere no usar este criterio para comparar estos barrios.

Por otro lado, al estimar las distribuciones de los datos (una generalización de los histogramas), se tienen los siguientes resultados de las densidades estimadas tanto para las muestras A (Fig. 14) como para las muestras B (Fig. 15):

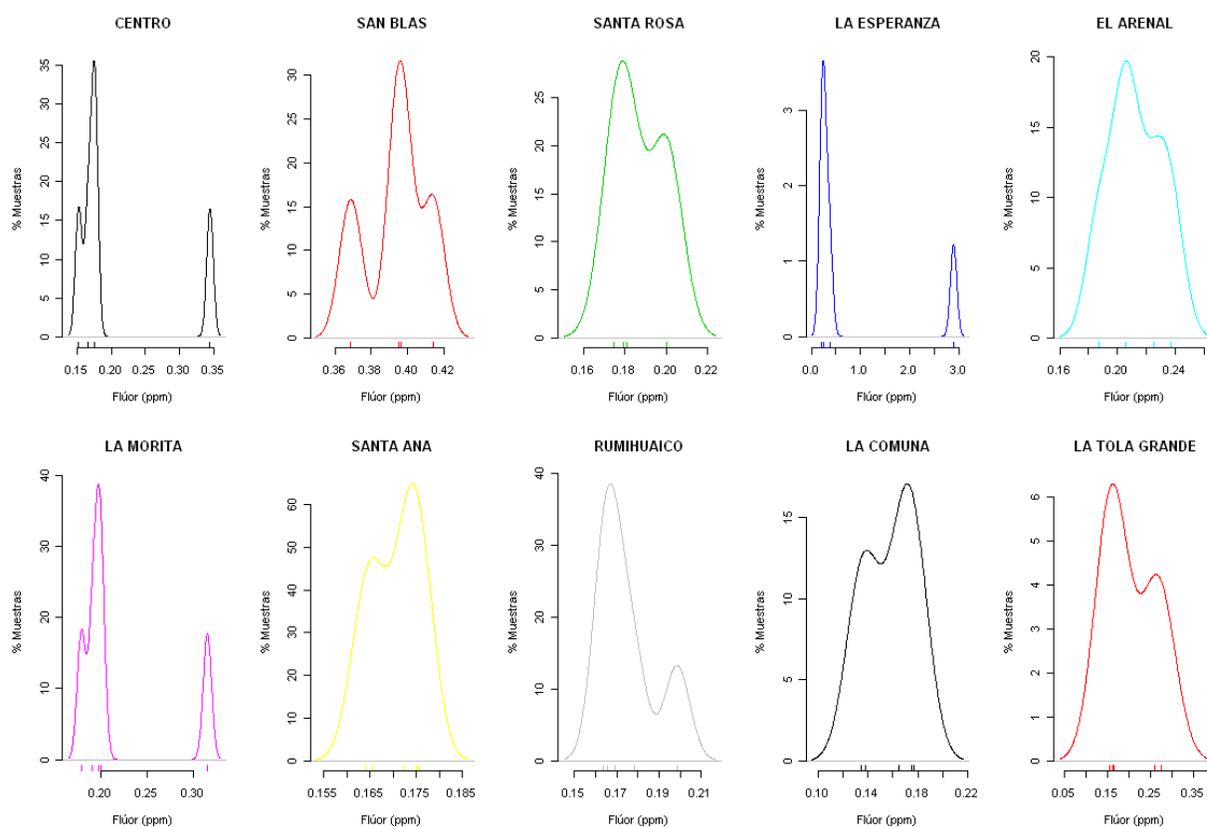


Fig 14. Densidades estimadas para muestra A

Nótese como la diferencia para la muestra A (Fig. 14), no solo estaría dada por la presencia de los valores extremos en La Esperanza, sino que también en los

barrios Centro y la Morita existirían datos extremos que marcarían diferencia con los otros barrios.

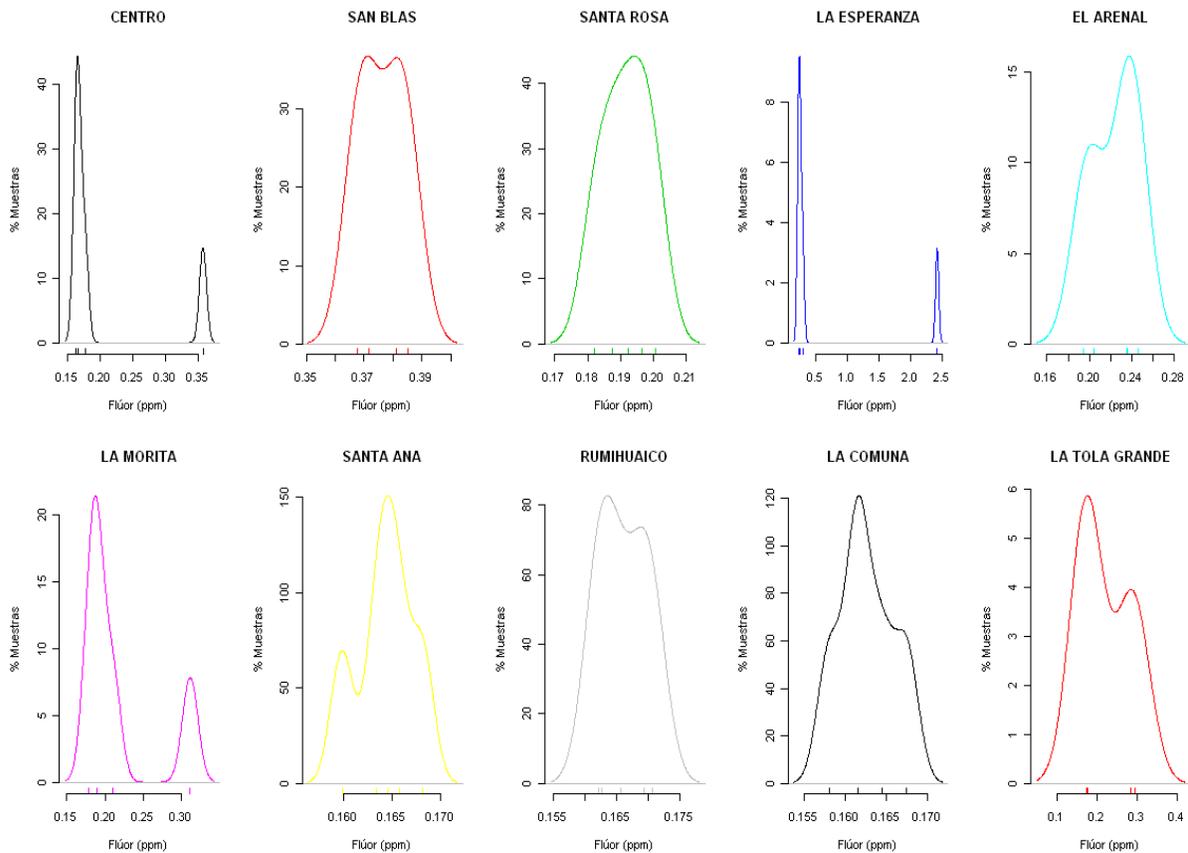


Fig. 15. Densidades estimadas para muestra B

Nótese como la diferencia para la muestra B (Fig. 15), no solo estaría dada por la presencia de los valores extremos en el barrio La Esperanza, sino que también en los barrios Centro y la Morita existirían datos extremos que marcarían diferencia con los otros barrios.

En las representaciones gráficas anteriores, tanto para las muestras A como B, se puede notar que las curvas son en general bi-modales (2-cimas) pero que en todo caso tienden a ser de formas algo similares, salvo cuando se las compara barrio a barrio, en que se encuentran ciertas formas parecidas. Así, parecería que en cada barrio, la concentración de la muestra A, sería la misma de la muestra B.

Para cuantificar estos resultados los datos fueron transformados a no paramétricos y se opta por una prueba de Kruskal-Wallis, equivalente no paramétrico del ANOVA de un factor que contrasta si varias muestras independientes proceden de la misma población.

Tabla 8. Valores p

	Muestra A (ppm)	Muestra B (ppm)
Valor p	0,000	0,000

Estos resultados muestran que en al menos un barrio, existiría un valor diferente de concentración de flúor. Para detectar cual de los barrios tendría un valor diferente de concentración de flúor, se opta por realizar la prueba de Mann-Whitney, que contrasta si dos muestras independientes proceden de la misma población. Los resultados se encuentran expresados en las tablas 9-11. Observándose que existe diferencias entre las muestras y ausencia de diferencia entre otros barrios.

Tabla 9. Valores p para la prueba de Mann-Whitney

Barrios contrastados		Muestra A	Muestra B	Barrios contrastados		Muestra A	Muestra B	
Centro	San Blas	0,014	0,014	La Esperanza	El Arenal	0,028	0,142	
	Santa Rosa	0,249	0,117		La Morita	0,047	0,075	
	La Esperanza	0,047	0,076		Santa Ana	0,009	0,009	
	El Arenal	0,116	0,117		Rumihuaico	0,009	0,009	
	La Morita	0,117	0,116		La Comuna	0,009	0,009	
	Santa Ana	0,402	0,172		La Tola Grande	0,175	0,251	
	Rumihuaico	0,917	0,295		El Arenal	La Morita	0,346	0,249
	La Comuna	0,251	0,075			Santa Ana	0,009	0,009
	La Tola Grande					Rumihuaico	0,016	0,009
			La Comuna	0,009		0,009		
San Blas	Santa Rosa	0,014	0,014	La Tola Grande	0,6	0,602		
	La Esperanza	0,221	0,142	La Morita	Santa Ana	0,009	0,009	
	El Arenal	0,014	0,014		Rumihuaico	0,047	0,009	
	La Morita	0,014	0,014		La Comuna	0,009	0,009	
	Santa Ana	0,014	0,014		La Tola Grande	0,347	0,346	
	Rumihuaico	0,014	0,014	Santa Ana	Rumihuaico	0,834	0,53	
	La Comuna	0,014	0,014		La Comuna	0,53	0,401	
	La Tola Grande	0,014	0,014		La Tola Grande	0,754	0,009	
Santa Rosa	La Esperanza	0,009	0,009	Rumihuaico	La Comuna	0,251	0,116	
	El Arenal	0,027	0,028	La Tola Grande	0,754	0,009		
	La Morita	0,293	0,753	La Comuna	La Tola Grande	0,754	0,009	
	Santa Ana	0,028	0,009		La Tola Grande	0,347	0,009	
	Rumihuaico	0,075	0,009					
	La Comuna	0,028	0,009					
	La Tola Grande	0,6	0,602					

Tabla 10. Muestras con diferencias entre barrios

Muestras con diferencias	Centro	San Blas	Santa Rosa	La Esperanza	El Arenal	La Morita	Santa Ana	Rumihuaico	La Comuna	La Tola Grande
Centro		AB		A						
San Blas	AB		AB		AB	AB	AB	AB	AB	AB
Santa Rosa		AB		AB	AB		AB	B	AB	
La Esperanza	A		AB		A	A	AB	AB	AB	
El Arenal		AB	AB	A			AB	AB	AB	
La Morita		AB		A			AB	AB	AB	
Santa Ana		AB	AB	AB	AB	AB				B
Rumihuaico		AB	B	AB	AB	AB				B
La Comuna		AB	AB	AB	AB	AB				B
La Tola Grande		AB					B	B	B	

Tabla 11. Muestras sin diferencias entre barrios

Muestras Sin diferencias	Centro	San Blas	Santa Rosa	La Esperanza	El Arenal	La Morita	Santa Ana	Rumihuaico	La Comuna	La Tola Grande
Centro			AB	B	AB	AB	AB	AB	AB	AB
San Blas				AB						
Santa Rosa	AB					AB		A		AB
La Esperanza	B	AB			B	B				AB
El Arenal	AB			B		AB				AB
La Morita	AB		AB	B	AB					AB
Santa Ana	AB							AB	AB	A
Rumihuaico	AB		A				AB		AB	A
La Comuna	AB						AB	AB		A
La Tola Grande	AB		AB	AB	AB	AB	A	A	A	

Hay que notar que se confirmaría la diferencia marcada desde el inicio, de las concentraciones del barrio la Esperanza con la mayoría de los barrios. Por otro lado, la concentración de flúor en el Centro sería similar a la de los otros barrios, salvo con San Blas. Todos estos resultados hacen pensar de que existen diferencia entre las concentraciones de flúor entre los diferentes barrios, mostradas tanto en las muestras A como en las B.

Al comparar las concentraciones por muestras en cada barrio, buscando establecer si existe o no diferencia entre las concentraciones de flúor entre las pruebas A y B que existirían en cada barrio, se realizó la prueba de Wilcoxon. Esta prueba tiene en cuenta la información sobre la magnitud de las diferencias dentro de los pares, y da más peso a los pares que presenten grandes diferencias que a los pares que presenten diferencias pequeñas. Los resultados de esta prueba se encuentran descritos en la tabla 12. Estos resultados mostrarían que en cada barrio, salvo posiblemente Rumihuaico y la Comuna (Fig. 16), no existiría diferencia

significativa entre la concentración de flúor al inicio y al final de las muestras; pudiéndose decir que existe diferencia cuando el valor p es menor que 0.05.

Tabla 12. Valores p de la prueba de Wilcoxon

Barrio	Muestra B (ppm) - Muestra A (ppm)
Centro	,686
San Blas	,068
Santa Rosa	,500
La Esperanza	,225
El Arenal	,345
La Morita	,500
Santa Ana	,138
Rumihuaico	,043
La Comuna	,686
La Tola Grande	,043

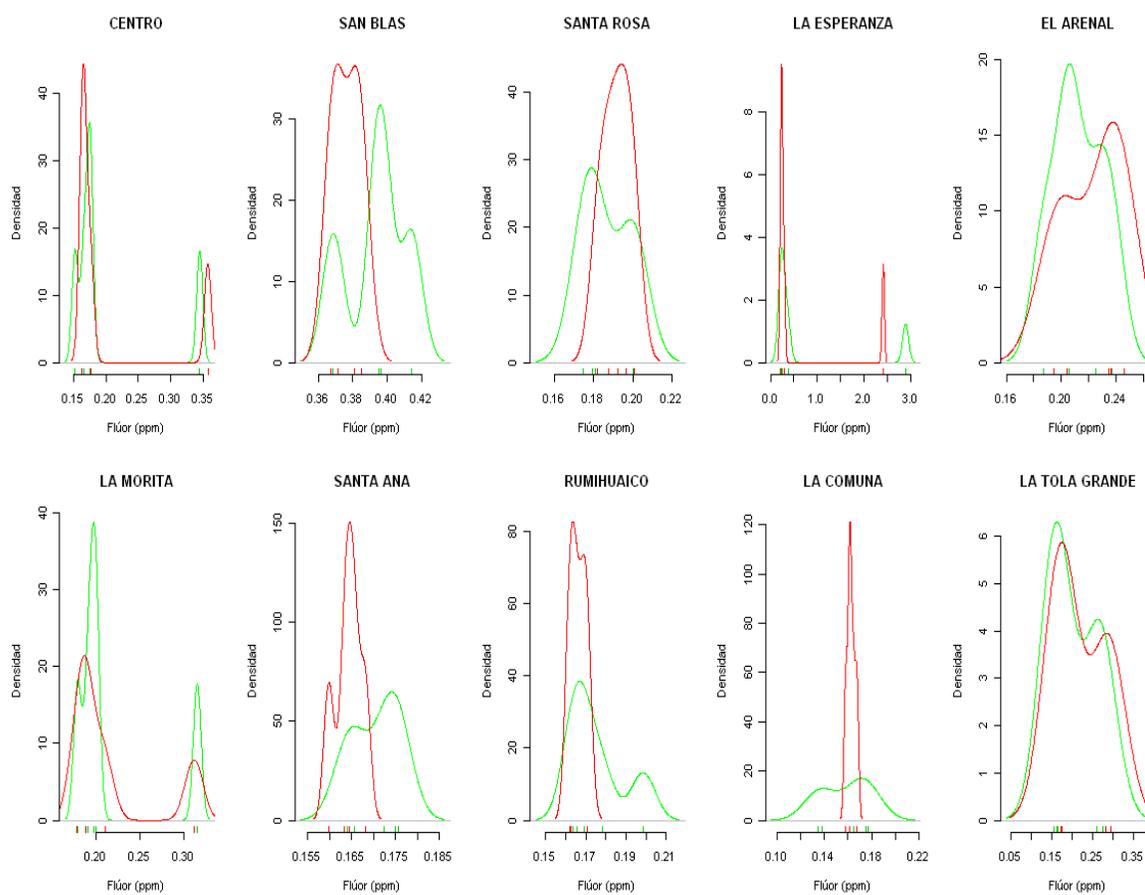


Fig. 16. Comparación de las concentraciones por muestras, en cada barrio

Una opción adicional, para verificar la igualdad entre las muestras de los barrios, es la construcción de un modelo de regresión notándose que los resultados del ajuste del modelo indicarían que existe una correlación casi perfecta entre los resultados de la prueba B con los resultados de la prueba A, aunque esto no ocurre en todos los barrios.

Tabla 13. Resumen del modelo de regresión

Barrio	Modelo	Correlación	R cuadrado Ajuste del Modelo	Error típ. de la estimación
Centro	1	0,985	0,970	0,017
San Blas	1	0,332	0,110	0,009
Santa Rosa	1	-0,032	0,001	0,008
La Esperanza	1	1,000	0,999	0,034
El Arenal	1	0,569	0,324	0,021
La Morita	1	0,988	0,976	0,010
Santa Ana	1	0,189	0,036	0,003
Rumihuaico	1	0,892	0,795	0,002
La Comuna	1	0,796	0,633	0,002
La Tola Grande	1	0,987	0,973	0,012

De esta manera se puede verificar que no existe una fuerte correlación, no se puede observar alguna tendencia, lo cual indicaría que, donde se encontró relación, se puede pensar que la concentración de flúor es constante y no cambia con el tiempo, o que cambia de manera proporcional; mientras que donde no se encuentra una correlación fuerte, la concentración de flúor tiende a cambiar en el tiempo de manera irregular. Así los coeficientes del modelo se presentan en la tabla 14, confirmando con estos resultados la alta variabilidad que se detectó en los resultados

iniciales. Es decir, existe alta variabilidad en las concentraciones de flúor en el agua potable, aunque no se supere los niveles máximos admitidos (0.7 ppm).

Tabla 14. Coeficientes del modelo

Barrio	Modelo	Coeficientes no estandarizados		Valor p	Intervalo de confianza para B al 95%	
		B	Error típ.		Límite inferior	Límite superior
Centro	(Constante)	-0,007	0,023	0,786	-0,080	0,066
	Muestra A (ppm)	1,048	0,107	0,002	0,709	1,387
San Blas	(Constante)	0,319	0,116	0,110	-0,178	0,816
	Muestra A (ppm)	0,146	0,293	0,668	-1,116	1,408
Santa Rosa	(Constante)	0,195	0,065	0,057	-0,012	0,402
	Muestra A (ppm)	-0,019	0,347	0,960	-1,124	1,086
La Esperanza	(Constante)	0,023	0,019	0,305	-0,037	0,084
	Muestra A (ppm)	0,825	0,014	0,000	0,780	0,871
El Arenal	(Constante)	0,082	0,118	0,539	-0,294	0,458
	Muestra A (ppm)	0,666	0,555	0,317	-1,102	2,433
La Morita	(Constante)	0,005	0,020	0,832	-0,058	0,067
	Muestra A (ppm)	0,974	0,089	0,002	0,692	1,257
Santa Ana	(Constante)	0,183	0,055	0,045	0,007	0,358
	Muestra A (ppm)	-0,108	0,324	0,761	-1,138	0,922
Rumihuaico	(Constante)	0,125	0,012	0,002	0,086	0,163
	Muestra A (ppm)	0,236	0,069	0,042	0,016	0,457
La Comuna	(Constante)	0,141	0,010	0,001	0,110	0,172
	Muestra A (ppm)	0,140	0,061	0,107	-0,056	0,335
La Tola Grande	(Constante)	0,003	0,021	0,910	-0,066	0,071
	Muestra A (ppm)	1,065	0,102	0,002	0,740	1,389

7. DISCUSIÓN

El flúor es el elemento esencial y componente importante en la estructura de huesos y dientes, está presente en forma natural en el agua de consumo humano (Pérez P, 2007). La fluoración del agua es el principal mecanismo de prevención de caries de la salud pública según Harris y García-Godoy, 2001, sin embargo una falta de control en cuanto a su concentración en el agua potable y en ciertos alimentos donde se encuentre, predispone la presencia de lesiones de características permanentes en las estructuras dentales.

La fluorosis dental es una condición irreversible causada por la ingestión excesiva de fluoruro durante la formación del diente. Esta aparece como el resultado de la ingesta excesiva de fluoruro durante el periodo de desarrollo de los dientes, generalmente desde que nace hasta los 6-8 años (Fuentes, 2007). Mientras más fluoruro se ingiere más se demora el diente para hacer erupción; y, mientras más se demora un diente en erupcionar, más severa es la fluorosis (Fuentes, 2007).

El fluoruro causa la afección, dañando las células formadoras del esmalte el odontoblasto. El daño a estas células resulta en un desorden en la mineralización; dependiendo del tiempo de exposición y la cantidad de fluoruro, las secciones del diente que se van formando pueden volverse hipomineralizado o hipermineralizado y se lo conoce como el esmalte vetado.

La caries dental ha sido descrita como una enfermedad multifactorial relacionada con la dieta, bacterias intraorales, composición de la saliva y otros factores (Latham, 2002). El control de la caries dental puede implicar intentos para controlar o moderar cualquiera de estos factores que contribuyen a la enfermedad. El consumo adecuado de flúor hace que la superficie del diente sea menos vulnerable a las caries y así se lo considera una manera de prevención.

Dean en 1936 comprobó la existencia de una estrecha relación entre los fluoruros en el agua y el esmalte moteado, que fue denominada como fluorosis endémica crónica. Sin embargo se conoce la eficacia de la colocación de flúor en contacto con la superficie dental como forma adecuada de disminución de caries.

La fluoración del suministro del agua es una medida de salud pública de gran importancia. La fluoración con 1 ppm se considera mundialmente por entero segura para personas de todas las edades y en todo estado de salud, en el Ecuador el límite máximo permisible es de 1,5 mg/L F. Dean en 1936 y Harris y García-Godoy en 2001 determinaron que la concentración óptima para procedimientos odontológicos del flúor en el agua potable se encuentra entre 0,7 y 1,2 ppm.

La fluoración no es una forma de medicación, es solo un ajuste del nivel nutriente y es benéfica pero siempre que exista un control en cuanto a la concentración, valores muy bajos no constituyen ningún beneficio significativo, si consideramos la concentración del flúor de las aguas analizadas nos encontramos con valores

bastante menores a los permitidos y aconsejados como medidas de prevención, ahora si consideramos que la mayoría de la población ingiere el agua potable hervida para la preparación de sus sopas jugos y alientos en general la concentración sería óptima pues al hervir el agua es decir en la ebullición existiría perdida de la cantidad de liquido por evaporación lo que incrementaría en un 66% la concentración de flúor como lo enuncia Loyola-Rodríguez, 1998.

El área de Tumbaco, que fue la zona de estudio, fue elegida por la observación evidente y constante de fluorosis. La alta afluencia de pacientes que tenemos en nuestra clínica y en mayor parte los niños, son provenientes de esta zona, lo que nos indujo a estudiarla. El número de muestras fue de 109, que considerando con la extensión de la población fue significativa, siendo posible comprobar en los análisis de laboratorio valores ubicados dentro de parámetros permisibles a excepción de un solo barrio donde en una muestra se obtuvo un valor de 2,8 ppm de flúor considerado por las normas internacionales.

En el estudio no fue observada diferencia entre la toma A y B de cada muestra aparentemente al abrir la llave de agua la concentración se presenta la misma o difiere levemente de la concentración después de dejar correr el agua por un lapso de tiempo que en nuestro estudio fue de un minuto por reloj, lo que permite interpretar que la concentración de flúor no varía de manera significativa en las diferentes horas de día.

Un solo barrio presentó valores que difirieron de los 9 restantes, La Esperanza, donde se observó una media de 0,6 y 0,7 en la primera y segunda toma respectivamente que se mostro diferente a 0,1 y 0,2 que fue la media observada en los otros barrios no observándose diferencia entre ellos.

Ahora, clínicamente nosotros seguimos atendiendo pacientes que presentan fluorosis evidente si bien actualmente los valores son bajos nuestra población ya se presenta afectada. Los hallazgos de esta investigación se asemejan a lo encontrado por Cornejo en 2007, fue observado en el mismo sector de Tumbaco dos barrios con alta concentración de flúor, La Morita y La Esperanza donde fueron observados valores de 2.6 y 1.5 respectivamente, en este estudio nuestros valores fueron bajos pero La Esperanza demostró concentración aun mayor a la que fue reportada por Cornejo 2007, los valores más altos encontrados fueron de 2,41 y 2,89 de este barrio.

Aparentemente podríamos decir que se han tomado medidas de control en cuanto a la concentración de flúor pero no en toda la población pues verificamos que en La Esperanza incluso aumentó. Así tendríamos que esperar verificar clínicamente dentro de, aproximadamente, unos cinco años, a la población de estas zonas que actualmente tienen uno o dos años de edad, cómo se encuentran en cuanto a la presencia de fluorosis. Actualmente podemos observar que los niños de estas zonas llegan a nuestra clínica en las distintas campañas de salud con evidente fluorosis en muchos casos grave.

La infancia es la etapa de la vida más vulnerable en cuanto a la salud dental y su relación con el flúor, por lo tanto identificar manifestaciones clínicas de fluorosis en niños debe alertar sobre las concentraciones de este elemento en agua y alimentos que se infieren (Pérez, P, 2007).

Si bien un diente con fluorosis se encuentra protegido ante lesiones cariosas también se encuentra afectado en su estructura notándose una pérdida de estructura dental que requiere atención por estar afectando a su parte estética.

El consumo de sal fluorada se encuentra restringido en varias zonas de nuestro país donde el ministerio de salud ha prohibido su comercialización por considerar zonas de alto contenido de flúor que no requieren la incorporación de este por medio de dicho mecanismo. Ahora no se detecta valores altos en la sal, por el contrario se detectan bajos al compararlos con lo que cada marca refiere y se encuentra descrito en el embalaje de cada producto, es decir, de 200-250 mg de F/Kg.

Los valores de flúor en la sal recomendado por Organización Mundial de la Salud (OMS) oscilan en un rango de 180 a 220 ppm. Tomando en cuenta esta información, en el estudio el valor de la concentración de flúor máximo fue de la marca Marysal de 189,35 mg/Kg y de la marca Supermaxi fue nuestro valor mínimo de 73,565 mg/Kg, que se encuentran ubicados por debajo del nivel recomendado.

Melberg y Ripa 1983, refieren que el consumo de sal resulta benéfico como prevención ante las lesiones cariosas si es administrado a temprana edad, sin embargo esto no se cumple pues los menores lactantes son retirados del contacto con este producto hasta sus tres años de vida en la mayoría de las veces, después de lo cual la máxima acción del flúor es mínima. Otro factor a considerar es el hecho de que la cantidad de la sal utilizada difiere mucho de entre cada familia de una misma población, y este consumo está relacionado a ciertos hábitos alimenticios.

Las aguas embotelladas también constituyen medio de administración de flúor a la comunidad, nuestro estudio reveló valores no altos en cuanto a la concentración de las marcas analizadas, así como valores no diferentes a los observados en el análisis de agua potable. Según nuestros resultados la concentración más alta fue de 0,87 ppm del agua Manantial y la mínima fue de Spa que contiene 0,04 ppm de flúor. Sin embargo este medio, el agua embotellada, no es un medio altamente difundido pues no todas las personas tienen acceso a esta fuente de suministro, siendo el agua potable la mayor fuente de consumo.

La fluorosis afecta no solamente la estructura dental y osea del individuo, sino sobre todo el aspecto psicológico al verse involucrada la estética del paciente, quien intenta disimular sus alteraciones y deformaciones dentales incluso limitando su sonrisa provocando un individuo tímido e introvertido.

Se hace necesario mayor estudio sobre el tema de fluoración a nivel país para poder contar con datos claros que revelen la situación actual en las poblaciones y que nos permitan elaborar planes de trabajo propios para cada zona.

Las medidas de control de caries son básicas en las poblaciones, sin embargo estas deben ser implementadas, sobre todo cuando masivas, considerando a la población que las recibirá, sus hábitos, la concentración de flúor de las aguas que están sirviendo para su consumo diario y las costumbres de cada región. Otro factor a considerar es la temperatura del lugar pues áreas calurosas requieren menor concentración de flúor por existir mayor ingesta de agua. Se hace necesario de esta manera implementar como medidas preventivas específicas hábitos dietéticos y de higiene en conjunto con una fluoración controlada.

8. CONCLUSIONES

En las condiciones que este estudio fue ejecutado y luego de la revisión de la literatura realizada, podemos afirmar como conclusiones que:

- La concentración de flúor establecida mediante el método de electrodo selectivo, permitió determinar que un solo barrio de los 10 analizados presentó valores mayores a los recomendados por la literatura.
- Las concentraciones de flúor de agua potable obtenidas en su primer chorro fueron diferentes en cada barrio.
- Las concentraciones de flúor de agua potable obtenidas después de un minuto de flujo continuo fueron diferentes en cada barrio.
- Las concentraciones de flúor de las muestras de agua tanto entre el primer chorro como en el segundo no difieren en todas las muestras.
- Las concentraciones de flúor de agua potable de cada barrio muestran que existe alta variabilidad, aunque no se supere los niveles máximos admitidos.

- Las concentraciones de flúor en la sal de consumo diario no son significativamente diferentes a la recomendada por la literatura encontrándose en niveles adecuados, bajos y aptos para el consumo.
- Las concentraciones de flúor del agua embotellada no son significativamente diferentes a la recomendada por la literatura encontrándose en niveles adecuados, bajos y aptos para el consumo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. **Aasenden R, Moreno EC, Brudevold F.** Fluoride levels in the surface enamel of different types of human teeth. *Arch Oral Biol.* 1973; 18: 1403-1410.
2. **Ahrens, G.** *Investigations into the salivary excretion of fluoride after oral ingestion of sodium fluoride and tablets containing fluoride.* J. Dent. Res., 44:1144, 1965.
3. **Bascones, A.** *Tratado de Odontología*, Tomo I. Avances. Segunda Edición. Madrid: 1998.
4. **Backer-dirks, O.** *Pos-eruptive changes in dental enamel.* J. Dent. Res. 45:503-11, 1966.
5. **Baker-dirks, O.; Houwink, B. & Kwant, G.W.** *Some special features of the caries preventive effect of water fluoridation.* Arch. Oral Biol., 4:187-92,1961.
6. **Beltran ED, Burt BA.** *The pre- and post-eruptive effects of fluoride in the caries decline.* J Public Health Dent. 1988; 48:233-240.
7. **Bordoni, N & Squassi, A.** *Odontología preventiva*, Módulo 1. Editorial Organización Panamericana de La Salud, México: 1992.
8. **Burt BA.** *Fluoride: How much of a good thing?* J Public Health Dent. 1995; 5: 37-38.
9. **Camacho, G.** *"Fluoración del agua potable"*. Rev ADM, 1993, 3:175-176. Disponible en la web: http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id_revista=179&id_seccion=3005&id_ejemplar=5149&id_articulo=50820.
10. **Carlson, C.H.; Armostrong, W.D. & Singer, L.** *Distribution and excretion of radiofluoride in the human.* Proc. Soc. Exp. Biol., 104:235-39, 1960.
11. **Dean, H.T. (1934).** *Classification of mottled enamel diagnosis.* In: McClure, F.J (Editor) Fluoride drinking waters. Maryland: USPHS; 1962; p. 23-6.
12. **DePaola PF.** *Reaction paper: The use of topical and systemic fluorides in the present era.* J Public Health Dent. 1991; 51:48-52.
13. **Dowse, C.M. & Jenkins, G.N.** *Fluoride uptake "in vivo" in enamel defects and its significance.* J. Dent. Res., 36:816, 1957.

14. **Dogde Ch.** Fluoridation of public drinking water: Issues of health benefits and risks. In: Congressional Research Service, *Report for Congress*, 1992.
15. **Ekstrand, J. & Whitford, G.M.** *Fluoride in body fluids. Cariostatic and toxicologic aspects.* In: Guggenheim, B. *Cariology Today*. Zurich, Karger, p.269-78. 1983.
16. **Ekstrand, J.; Alvan, G.; Boreus, L.O. & Norlin, A.** *Pharmacokinetics of fluoride in man after single and multiple oral doses.* *Europ. J. Clin. Pharm.*, 12:311-17, 1977.
17. **Ekstrand, J.; Koch, G.; Petersson, LG.** *Plasma concentrations in pre-school children after ingestion of fluoride tablets and toothpaste.* *Caries Res* 1983, 17:379-84.
18. **Ericsson, Y. & Hellstrom, I.** *The lactic acid content of the saliva after carbohydrate ingestion. II. Source of the salivary lactic acid and inhibition of its formation.* *Acta Odont. Scand.*, 10:118-33, 1952.
19. **Escobar R.A.** *Fluoración de la sal: una estrategia "global" para la prevención de caries dental.* *Revista CES Odontología*. Vol. 19:49-62, No1. 2006.
20. **Fejerskov, J.D.B & Ten Cate, J.J.** *Physicochemical aspects of fluoride-enamel interactions.* In: Thylstrup, A.; Fejerskov, O. & Silverstone, L.M. – *Fluoride in dentistry*. Copenhagen: Munksgaard, p. 175-179, 1988.
21. **Fejerskov, O.; Baelum, V.; Manji, F.; Moller, I.J.** *Fluorosis dentaria, un manual para profesionales de la salud.* Sao Paulo: Santos; 1994.
22. **Fejerskov, O.; Yanagisawa, T.; Tohda, H.; Larsen, M.J.; Josephsen, K.; Mosha, H.** *Progressive changes in human dental fluorosis- a histological and ultrastructural study.* *Proc Finn Dent Soc* 1991; 87 (4): 607-19.
23. **Galagan DJ, Vermillion JR, Nevitt GA, Stadt Zm, Dart RE.** Climate and fluid intake. *Public Health Rep.* 1957; 72: 484-490.
24. **Galagan DJ, Vermillion JR.** *Determining optimum fluoride concentrations.* *Public Health Rep.* 1957; 72: 491-493.
25. **Gedalia, I.; Brzezinski, A.; Bercovici, R.Y. & Lazarov, E.** *Proc. Soc. Exp. Biol.*, (NY), 106: 147-49, 1961.

26. **Gedalia I, Soldginger M, Azab B, Soskoline WA.** *Fluoride concentrations in fissure and cervical enamel of unerupted human teeth.* J. Oral Rehabil, v.7. n. 1, p. 73-76, Jan, 1980.
27. **Guedes-Pinto, A.** *Odontopediatria.* Séptima Edición. Santos Livraria Editora. São Paulo: 2003.
28. **Gómez S, Gómez S, y col.** *Flúor y fluorosis dental, Pautas para el consumo de dentríficos y bebidas en Canarias.* 2002 Disponible en:
29. **Gómez Soler, S.** *Fluorterapia en Odontología para el niño y el adulto.* Tercera Edición. Chile: Editorial Arancibia Hnos y Cía. Ltda. 2001
30. **Gron, P. & Amdur, B.H.** *The effect of topically applied fluoride on enamel remineralization "in vitro".* Arch. Oral Biol. 20:233-34, 1975.
31. **Harris N, & García-Godoy, F.** *Odontología preventiva primaria.* Editorial El Manual Moderno, Quinta Edición. México: 2001.
32. **Heiftez, S.D.; Horowitz, H.S.** *The amounts of fluoride in current fluoride therapies: safety considerations for children.* J. Dent Child 1984; 51:257-9.
33. **Heintze, S.B.; Bastos, J.R.M.** *Evaluación del contenido de flúor y pH en bebidas del mercado nacional.* Revista da APCD, 50 (4):339-45, 1996.
34. **Hoffman, S.; McEwan, W.S. & Drew, C.M.** *Scanning electron microscope studies of EDTA, treated enamel.* J. Dent. Res., 48: 1234-42, 1969.
35. **Isaac S, Brudevold F, Smith FA, et al.** *Solubility rate and natural fluoride content of surface and subsurface enamel.* J Dent Res.1958; 37: 254-263.
36. **Issaõ, M.** *Influencia do organismo materno na cessão de flúor ao feto durante o seu desenvolvimento intra-uterino.* São Paulo, 1972. Tese-Faculdade de Odontologia (USP).
37. **Klein, H.** *Dental caries experience in relocated children exposed to water containing fluoride. I. Incidence of new caries after two years of exposure among previously caries-free permanent teeth.* Publ. Health Rep. 60: 1462-467, 1945.
38. **Latham MC.** Colección FAO: Alimentación y nutrición. Roma. No. 29, 2002.
39. **Leverett DH:** *Fluorides and the changing prevalence of dental caries.* Science. 1992; 217: 26-30.

40. **Levine, R.S.** *The action of fluoride in caries prevention.* Brit. Dent. J. 140:9-14, 1976.
41. **Loyola-Rodríguez, J.P. y col.** *Bebidas Embotelladas como fuentes adicionales de exposición al flúor.* Salud Pública de México, Vol. 40:438-41, no. 5, 1998.
42. **McClure, F.J.** *Ingestion of fluoride and dental caries. Quantitive relations based on food and water requirements of children 1 to 12 years old.* Am. J. Dis. Child., 66: 362, 1943.
43. **Moller, I.J.** *Fluorides and dental fluorosis.* Int Dent J 1982; 32(2): 135-47.
44. **Mellberg, J.R. & Ripa, L.W.** *Fluoride in preventive dentistry theory and clinical applications.* Chicago: Quintessence, p. 290, 1983.
45. **Nikifornk, G.** *Understanding Dental caries. 2 Prevention Basic Clinical Aspects. Base.* New York: Karger, p. 126, fig. 6-4, 1985.
46. **Perez T.J., y col.** *Fluorosis dental en niños y en el agua de consumo humano.* Vol. IX, No.3. México: 2007.
47. **Ripa LW.** *A half-century of community water fluoridation in the United States; Review and commentary.* J Public Health Dent. 1993; 53:17-44.
48. **Shannon, I.L.** *Biochemistry of fluoride in saliva.* Caries Res., 11(suppl):206-25, 1977.
49. **Shannon, I.L. & Edmonds, E.J.** *Fluoride levels in human parotid saliva following ingestion of fluoride compounds of varying solubility.* J. Dent. Res., 56:1521-25, 1978.
50. **Squassi, A.** *Fluoruro: fundamentos y clínica. Submódulo 1. Programa de educación continua odontología no convencional.* Organización Panamericana de la Salud. Washington, D.C.: 1992
51. **Stepnick, R.J.; Nakata, T.M. & Zipkin, I.** *The effects of age and fluoride exposure on fluoride, citrate and carbonate content of human cementum.* J. Periodont., 46:45-50, 1975.
52. **Thylstrup A.** *Clinical evidence of the role of pre-eruptive fluoride in caries prevention.* J Dent Res. 1990; 69: 742-750.
53. **Thylstrup, A.** *A scanning electron microscopical study of normal and fluorotic enamel demineralized by EDTA.* Acta Odont Scand. 1979; 37: 127-135.

54. **Thylstrup, A & Fejerskov O.** *Textbook of cariology.* Copenhagen: Munksgaard, p. 299-300, 1986.
55. **U.S. Public Health Service.** *Report of the Ad Hoc Subcommittee on Fluoride of the Committee to Coordinate Environmental Health and Related Programs. Review of Fluoride Benefits and Risks.* Washington, Dc: U.S. department of Health and Human Services, 1991.
56. **Weatherall, JA & Hallsworth, AS & Robison C.** The effect of tooth wear on the distribution of fluoride in the enamel surface of human teeth. *Arch Oral Biol.* 1973; 18: 1175-1189.
57. **Wefel, J.S.** *Mechanisms of action of fluorides.* In: Stewart, R.E. (ed) Pediatric dentistry, St. Louis: Mosby, p. 737-46, 1982.
58. **Weatherell, J.D.; Deutsch, D.; Robinson, C.; Hallsworth, A.S.** *Assimilation of fluoride by enamel throughout the life of the tooth.* Carie Res. 1977; 11(Suppl. 1): 85-115.
59. **Wei, S. H. Y.** *Fluorides supplementation.* In: Stewrad, R. E. (ed.)- Pediatric dentistry. St. Louis: Mosby, p. 737-46, 1982.
60. **Weatherell, J.D.; Robinson, C.; Hallsworth, A.S.** *Changes in the fluoride concentration of the labial enamel surface with age.* Caries Res., 6: 312-24, 1972.
61. **Whitford GM.** *Fluorides: Metabolism, mechanism of action and safety.* Dent Hyg. 1983; 57: 16-20.
62. **Who, 1984.** World Health Organization. Fluoride and fluorides. Geneva: (Environmental Health Criteria,36).
63. **Yao, K. & Gron, P.** *Fluoride concentrations in duct saliva and in whole saliva.* Caries Res., 4:321-31.
64. **Yoon, S.H.; Brudevold, F.; Gardner, D.E & Smith, F.A.** *Distribution of fluoride in teeth from areas with different levels of fluoride in the water supply.* J. Dent. Res., 39:84-56, 1960.
65. **Cornejo, M.A.** *Evaluación del efecto de la fluorosis dental sobre el tiempo de grabado ácido.* Tesis....

10. ANEXOS

Anexo 1: Límites máximos permisibles de aguas de consumo humano (tesis maría angela)