



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

E.N.E.P. IZTACALA  
FACULTAD DE ODONTOLOGIA

APLICACION Y EFECTOS  
DEL FLUOR  
EN EL SER HUMANO

TESIS PROFESIONAL

BEATRIZ EUGENIA ROMANO OROZCO

1980



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# INDICE

	Pág.
1.- <u>PROLOGO</u>	1
2.- <u>APORTE Y APLICACIONES MAS COMUNES DEL FLUOR</u>	4
3.- <u>FORMA EN QUE SE INGIEREN LOS FLUORUROS</u>	6
3.1.- FLUORACION DEL AGUA	6
3.1.1.- Beneficios y su Adopción.	7
3.1.2.- Objeciones Técnicas	10
3.1.3.- Otros Métodos de Fluoración.	12
3.2.- COMO SUPLEMENTOS DE FLUORURO PARA SUMINISTRARSE EN CASA	13
3.2.1.- Ingesta en Alimentos.	13
3.2.2.- Ingesta en Medicamentos.	17
3.2.2.1.- Medicamentos profilácticos de la caries.	17
3.2.2.2.- Medicamentos empleados con fines distintos de la Carioprofilaxis Medicamentosa.	21
3.3.- FLUORUROS APLICADOS TOPICAMENTE	25
3.3.1.- Soluciones de Fluoruro de Sodio.	26
3.3.2.- Soluciones de Fluoruro Estanoso.	26
3.3.3.- Gel de Fluoruro Estanoso.	26
3.3.4.- Soluciones y Geles de Fluoruro de Fosfato Acidulado (APF).	27
3.3.5.- Nuevos Agentes Potenciales.	28
3.4.- MATERIALES FLUORADOS, DE USO HIGIENICO BUCAL	29
3.4.1.- Dentífricos Fluorados.	29
3.4.2.- Seda Dental Fluorada.	30
3.4.3.- Colutorios Fluorados.	31
3.5.- SU INGESTION EN POLVOS O VAPORES	31
3.5.1.- Flúor Elemental.	32
3.5.2.- Polvos Fluorados.	34
3.5.3.- Compuestos Gaseosos.	35
3.5.4.- Suspensiones Mixtas de Partículas de Fluoruro en Suspensión y Gaseoso.	36
3.5.5.- Dispersiones de Partículas de Fluoruro en el Agua.	36

	Pág.
<b>4.- <u>METABOLISMO DE LOS FLUORUROS EN EL ORGANISMO</u></b>	<b>38</b>
<b>4.1.- ABSORCION DE LOS FLUORUROS</b>	<b>38</b>
4.1.1.- Mecanismo y Lugar de Absorción.	39
4.1.2.- Absorción por bebidas, alimentos y preparaciones fluoradas.	42
4.1.3.- Factores que influyen en la Absorción.	46
4.1.4.- Absorción a partir de compuestos fluorados y de vapores o polvos.	47
<b>4.2.- DISTRIBUCION DE LOS FLUORUROS</b>	<b>49</b>
4.2.1.- Distribución en los tejidos blandos y humores orgánicos.	50
4.2.2.- Distribución en los tejidos duros.	55
4.2.3.- Distribución en la Placenta y el Feto.	64
<b>4.3.- EXCRECION DE LOS FLUORUROS</b>	<b>68</b>
4.3.1.- Vías de excreción distintas a la Urinaria.	70
4.3.2.- Excreción Urinaria.	74

<b>5.- EFECTOS FISIOLÓGICOS DEL FLUOR, POR DOSIFICACION</b>	<b>81</b>
5.1.- EFECTOS SOBRE TEJIDOS BLANDOS Y HUMORES ORGANICOS	81
5.2.- EFECTOS SOBRE EL SISTEMA OSEO	82
5.2.1.- Efectos sobre la Química del Hueso.	82
5.2.1.1.- Componentes Inorgánicos.	83
5.2.1.2.- Componentes Orgánicos.	84
5.2.2.- Función Esencial del Fluoruro en la Calcificación.	84
5.3.- MECANISMOS DE LOS EFECTOS DEL FLUOR EN LA BOCA	84
5.3.1.- Modo de acción del fluoruro en la caries dental.	85
5.3.2.- Reducción de la solubilidad del esmalte.	86
5.3.3.- Producción de mayor cristalinidad.	88
5.3.4.- Promoción de la remineralización del esmalte.	91
5.3.5.- Inhibición de las enzimas bacterianas.	91
5.3.5.1.- Acción del fluoruro de la placa dental.	92
5.3.5.2.- Localización enzimática de la acción inhibidora	94
5.3.5.3.- Reducción de la flora cariogénica.	95
5.3.5.4.- Fuentes del fluoruro presentes en la placa.	95
5.3.6.- Acción de los fluoruros en el esmalte.	97
5.3.6.1.- Desorción de proteínas y bacterias.	97
5.3.6.2.- Baja energía libre de superficie.	98
5.3.7.- Importancia de los efectos generales y locales del fluoruro sobre la caries.	98
5.3.8.- Efecto del fluoruro sobre el tamaño y la morfología del diente.	100
5.3.9.- Fluoruro E Hipoplasia Inespecífica.	101

	Pág.
6.- <u>EFFECTOS TOXICOS POR GRANDES DOSIS DE FLUORURO</u>	103
6.1.- <u>SINTOMAS CLINICOS DE LA INTOXICACION AGUDA POR FLUORURO.</u>	104
6.1.1.- Intoxicaciones experimentalmente aguda por el fluoruro.	108
6.2.- <u>EFFECTOS TOXICO CRONICOS EN EL ORGANO DEL ESMALTE</u>	109
6.2.1.- Clasificación del esmalte moteado en los dientes.	109
6.2.2.- Aspecto microscópico del esmalte moteado.	111
6.2.3.- Aspecto químico del esmalte moteado.	112
6.3.- <u>EFFECTOS TOXICO CRONICOS SOBRE EL SISTEMA OSEO</u>	114
6.3.1.- Características Clínicas.	116
6.3.2.- Alteraciones Macroscópicas del esqueleto.	117
6.3.3.- Alteraciones Radiológicas.	120
6.3.4.- Histopatología.	123
6.3.5.- Composición química de los huesos fluoróticos.	125
6.3.6.- Deformidades y fluoruros Anquilosantes.	127
6.3.7.- Complicaciones Neurológicas.	128
6.3.8.- Manifestaciones Radiculares.	129
6.3.9.- Manifestaciones Mielopáticas.	129
6.4.- <u>EFFECTOS TOXICO CRONICOS SOBRE EL RIÑON</u>	132
6.4.1.- Anatomía Patológica.	133
6.4.2.- Efectos Nocivos por única ingestión de dosis masiva.	133
6.4.3.- Relación dosis - respuesta.	134
6.4.4.- Efectos funcionales.	134
6.4.5.- Agua Fluorada, Hemodiálisis y Osteopatías.	135
6.5.- <u>EFFECTOS TOXICOS SOBRE EL TIROIDES</u>	137
6.5.1.- Tratamiento de la Enfermedad de Graves - Basedow.	137
6.5.2.- Antagonismo yodo - flúor.	138
6.6.- <u>INTOXICACION GENERAL Y VICERAL</u>	140
6.6.1.- Sistema Hematopoyético.	142
6.6.2.- Efectos Metabólicos.	143
6.6.3.- Efectos Endocrinos.	143
6.6.4.- Efectos Generales.	145
Fotografías	146

	Pág.
<b>7.- <u>FLUORUROS E HIGIENE DENTAL</u></b>	159
7.1.- EFECTOS POR INGESTION DE FLUORURO EN LA CARIES DENTAL	162
7.1.1.- Efectos del fluoruro por el agua.	162
7.1.1.1.- Protección dental en adultos.	164
7.1.1.2.- Efecto sobre la caries de los dientes temporales.	165
7.1.2.- Efectos del fluoruro con la sal.	167
7.1.3.- Efectos del fluoruro con la harina.	168
7.1.4.- Efectos del fluoruro con la leche.	169
7.1.5.- Efectos del fluoruro con los comprimidos.	169
7.2.- EFECTOS DE LA ADMINISTRACION TOPICA DE FLUORURO SOBRE LA CARIES DENTAL	171
7.3.- EFECTOS SOBRE LA FORMA Y EL TAMAÑO DE LOS DIENTES	174
7.4.- EFECTOS SOBRE LAS PERIODONTOPATIAS	175
7.5.- EFECTOS SOBRE LA CAIDA DE LOS DIENTES TEMPORALES Y SOBRE LA ERUPCION DE LOS PERMANENTES	176
7.6.- EFECTOS SOBRE LAS ANOMALIAS ORTODONTICAS	177
<b>8.- <u>CONCLUSIONES</u></b>	179
<b>9.- <u>BIBLIOGRAFIA</u></b>	185

## 1.- PROLOGO.

La idea de presentar y considerar de gran importancia el tema de "APLICACION Y EFECTOS DEL FLUOR EN EL SER HUMANO", partió de lo siguiente:

En una ocasión hace poco tiempo, se me pidió que colaborara en la exposición de un tema que se presentaría a nivel hospitalario, el tema a tocar fué "MITO Y REALIDAD DEL FLUOR", en un principio consideré que quizá era adecuado este título para presentarse a nivel de médicos generales y especialistas, porque tenían poca información al respecto más no a un nivel odontológico ya que pensaba que era un tema -- muy conocido e investigado; cuando comence a buscar información de tipo bibliográfico, de profesionistas en campos relacionados a la medicina, me dí cuenta de que era mínima la información que tenía al respecto, y solo tenían conocimiento de cómo se aplicaba técnicamente y datos generales, y muy someros al respecto, por lo que surgió una gran inquietud de mi parte y me dedique a buscar e investigar acerca del flúor y todas sus aplicaciones y funciones, ha sido considerable el tiempo que he usado para investigar y obtener algo de información, aunque a la vez me he dado cuenta de que se necesitará de mucha más gente que preste interés a este tema y presente nuevos hallazgos, así es que quisiera colaborar con una muy pequeña parte, y explicar su aspecto general y relativamente completo con respecto a todos sus efectos, enfocando al campo de la odontología, que resulta muy extenso.

Para adentrarnos más en este tema deseo que más -- que estar limitado a un aspecto bucal, sea un compendio del efecto de los fluoruros en todo el organismo, basada en una investigación documental; por lo que mencionaré a continua-- ción en breve, lo que significa el elemento Flúor aplicado y relacionado con la salud del hombre.

El flúor ha dado un gran aporte al hombre y ha be-- neficiado su salud, cuando se ha administrado en concentra-- ciones adecuadas, teniendo tan rico elemento múltiples apli-- caciones.

Algunas de ellas ya son comprobadas y usadas fre-- cuentemente, aunque no es muy conocido el efecto que tiene - en el interior del organismo, su efecto más conocido es su - actividad anticaries y su gran ayuda en periodontopatías y - en tratamiento de hipersensibilidad dentinaria, aplicado en corticosteroides fluorados, en anestesiología, radiaciones, en enfermedades como la osteoporosis y usado para compensar las pérdidas esqueléticas por la ingravidez y falta de acti-- vidad física en los astronautas durante sus viajes.

No sólo presenta una ayuda a la humanidad, sino -- que también presenta estadios patológicos y tóxicos por la - administración exagerada de fluoruros, como es: La Fluorosis Dental Endémica y causando enfermedades a nivel sistémico -- por la administración gaseosa, desperdicios industriales que contaminan la atmosfera; y contaminado los pastos forrajes y

sales minerales empleados en los piensos que afectan en la rama veterinaria.

Pero a su vez hay tabús al respecto, faltos de bases reales, en los cuales se dice que produce alergias o -- que afecta a las funciones renales y tiroideas; siendo ya -- comprobado que es totalmente falso.

Para una ingestión adecuada y controlada solo es posible llevarla a cabo por vía oral, ya que por vía respiratoria u otra vía resultaría tóxico, por ser difícil de -- controlar su dosis. Y aún por vía oral hay que conocer que dosificación es más adecuada y en que forma se aplica; como puede ser en el agua de consumo diario, en comprimidos de -- flúor, en vitaminas, en dentífricos, colutoicos y su aplica-- ción tópica consientizándonos de que tan favorable es cada producto y cuando, y como se deben utilizar.

Como último punto a tocar y de gran importancia -- por su aplicación y efectos altamente positivos en la salud dental, es su relación con la higiene bucal como único me-- dio de prevención de enfermedades bucales comunes, como: ca-- ries, gingivitis y periodontopatias que resultan ser huésped habituales de la cavidad bucal. Por lo que considero de importancia dar énfasis a este punto como únicas medidas -- preventivas de muchas disfunciones bucales y de problema de tipo psico-social subsecuentes a una falta de información --

## 2.- APORTE Y APLICACIONES MAS COMUNES DEL FLUOR.

El flúor esta dotado de una radioactividad química tan intensa que prácticamente no se encuentra en la naturaleza en forma de flúor elemental. La mayor parte del flúor --- existente tanto en la industria como en la naturaleza se encuentra combinado en forma de fluoruros. Entre los fluoruros manufacturados predominan los compuestos inorgánicos, pese a que el número y la importancia de los compuestos fluorados orgánicos no cesan de aumentar. Los raros fluoruros orgánicos naturales practicamente carecen de toda importancia en la economía del hombre.

Combinado en forma de fluoruros, el flúor ocupa el décimo séptimo lugar por orden de abundancia entre los principales elementos de la corteza terrestre. Teniendo en cuenta esta abundancia, no es de extrañar que se encuentren grandes cantidades de fluoruros en el agua de mar, en numerosas fuentes de agua potable, en los yacimientos minerales de espato flúor, criolita y fluorapatita, y en polvo superficial que se encuentra en las inmediaciones de algunos de esos yacimientos. Las principales fuentes de flúor de interés en la fisiología humana son: 1) el agua; 2) ciertas especies vegetales; 3) ciertos animales marinos comestibles; 4) el polvo de diversas regiones del mundo; y 5) ciertos procesos industriales.

Los efectos de los fluoruros sobre la salud humana

se deben en gran parte a la presencia de fluoruros disueltos en el agua de bebida. También es posible que las partículas de fluoruros suspendidas en el agua ejerzan efectos sobre la salud que hasta ahora han pasado prácticamente inadvertidos.

Estas partículas, al dispersarse, pueden contami-nar tanto el agua potable, como los alimentos del hombre y los animales.

### 3.- FORMA EN QUE SE INGEREN LOS FLUORUROS.

#### 3.1.- FLUORACION DEL AGUA.

El agua constituye un nutriente esencial tanto para el hombre como para los demás organismos vivos. El agua es indispensable para una amplia gama de funciones y especialmente como reguladores de la temperatura corporal, como solventes y como vehículos de transporte de otros nutrientes y de los productos orgánicos de desecho a través del sistema vascular y de los espacios inter e intracelulares. Las necesidades de agua varían de unos individuos a otros e incluso de unos momentos a otros en un mismo individuo por la influencia de ciertos estímulos externos o internos. Ahora bien, como la necesidad de agua es permanente, exige el mantenimiento de una reserva corporal y su renovación a intervalos apropiados.

El agua que utiliza el hombre para sus necesidades personales nunca es pura en sentido estricto. Todas las aguas contienen concentraciones más o menos elevadas de numerosas sustancias disueltas o en suspensión: calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, estroncio, bario, sulfatos, cloruros, etc.

La mayoría de las aguas potables, por no decir todas, contienen también fluoruros y en consecuencia, constituyen para el hombre una fuente casi universal de estos com-

puestos. En consecuencia es importante tratar el tema de -- fluoración del agua como única forma de control de la dosis del elemento flúor, por medio del agua de consumo.

### 3.1.1.- BENEFICIOS Y SU ADOPCION.

En vista de la notable economía y otras ventajas que pueden obtener las comunidades al adoptar la fluora-- ción, es posible que, eventualmente, la tarea de explicar - las ventajas de esta medida, recaiga en todas las autorida- des de sanidad pública y funcionarios municipales.

El sistema debe examinarse cuidadosamente en cada comunidad en la que exista deficiencia de fluoruros en el - abastecimiento del agua, ya que se presentan los siguientes hechos:

- Más del 90% de los niños de siete años de edad, tienen -- uno o más dientes cariados.
- Entre los adolescentes, un promedio de siete dientes de - mínimo se encuentran cariados. (1)
- El adulto, pierde la mitad de su dentadura cuando llega a la edad de cuarenta años.

(1) FRANZ J. MALER, Fluoración del agua potable, Trad. por Hortensia Corina Rodríguez, Organización Panamericana de la Salud, México, 1971, pp. 37 y 38.

Existen tres factores que agravan este problema y lo hacen difícil de resolver:

- Hay una indiferencia sumamente generalizada hacia los problemas de salud oral.
- Se cuenta sólo con un décimo a un medio (dependiendo del país y la región) del número de dentistas que se considera adecuado para proporcionar un cuidado dental apropiado.
- El costo de una atención dental adecuada está más allá del alcance de muchas familias.

Se ha probado que una de las mejores formas de aliviar estos padecimientos dentales, es poner al alcance de todos el agua fluorada.

Con el fin de que esta medida pueda adoptarse en una comunidad, es prudente estudiar las causas de fracaso en otras partes y estar preparado para resolverlas. Más aún, es más aconsejable todavía conocer que tipo de organización y procedimientos se aplicaron con todo éxito en los lugares en que se inició la fluoración.

En este procedimiento, la idea de fluorar el abastecimiento de agua de la comunidad atrae primero la atención de dentistas o médicos a través de revistas técnicas, convenciones u otros medios. Estos consultan las sociedades dentales o médicas de la localidad, quienes respaldan la medida para el lugar con poco o ningún retraso. Desde el punto de

vista científico, la fluoración es la medida de sanidad pública de menos controversia que hayamos tenido. Los que han estudiado los resultados y el fondo que lleva a ello y están adiestrados para interpretarlos, han aprendido que la fluoración reduce substancialmente la caries dental con seguridad y eficacia. Como resultado, el sistema es respaldado por todas las organizaciones profesionales y científicas relacionadas, todos los departamentos estatales de sanidad y organizaciones particulares que están interesados en el mejoramiento de la comunidad.

Esta sociedad dental o médica debe estar formada por un grupo consejero de sanidad, profesionales de salubridad; o sociedades dentales, médicas y agencias voluntarias de salud.

Para crear reglas, organizar y dirigir conferencias para reuniones públicas. Y se realizaran estudios de la comunidad, como;

- 1) La posibilidad y el costo de fluorar su abastecimiento público de agua (que nos sería dada por el ingeniero municipal o el superintendente de agua potable).
- 2) Tomar en cuenta factores políticos, y la relación de este sistema con otros servicios públicos.
- 3) Características de la comunidad, proporción de personas según su edad, que cantidad de niños hay, y si lo aceptan.
- 4) Dar una información al respecto adecuada, a toda la comunidad.

Esta investigación da cierta idea de los problemas que deben resolver.

La tarea de presentar las ventajas que pueden obtenerse en la comunidad mediante la fluoración, será relativamente fácil si se basa en otras experiencias de otras ciudades o países.

Una vez que se ha decidido adoptar la medida y que se han obtenido las autorizaciones legales necesarias, los planos para fluorar el abastecimiento de agua se obtiene de las propias autoridades de ingeniería, después se buscara la autorización, según los costos y resolución de la sociedad dental y médica; para ser examinado por el departamento estatal de sanidad. A continuación se reúne el dinero y se compra e instala el equipo. (2)

### 3.1.2.- OBJECIONES TECNICAS (de ingeniería química, industrial y cuestiones económicas).

Aunque muchos de los oponentes a la fluoración han admitido la validez de los resultados que indican el mejoramiento de la salud dental, entre las personas que habitan en regiones en las que los fluoruros forman parte del agua por

(2) "De esta manera" - comenta Maier "se añade otra comunidad a la lista creciente de las personas que deciden preservar su dentadura". ibid. pp. 40 y 41.

naturaleza, dudan que puedan obtener los mismos resultados - en comunidades que cuentan con fluoración controlada. Sus dudas se basan en la creencia de que hay una diferencia fundamental entre los fluoruros "naturales" y los "artificiales". Muchos químicos sobresalientes han negado que pueda existir tal diferencia.

La forma intensa en que el flúor reacciona con -- otros elementos, a menudo se cita como razón para evitar el consumo de compuestos fluorados y a su vez se dice que los - compuestos usados para la fluoración, no son puros, u organicos, y que no pueden actuar a toda su capacidad.

Se ha dicho que la fluoración es inútil, ya que sólo es beneficio para los niños (de 0 a 16 años de edad), pe- ro estos beneficios se extienden a lo largo de toda su vida y, por lo general, los niños se convierten en adultos. De la misma manera, el costo de la fluoración es tan extremadamen- te bajo que cualquier otro medio para asegurarles a los ni-- ños agua fluorada, con la exclusión de otras edades, sería - mucho más costoso.

Con frecuencia se ha afirmado que los fluoruros -- son sustancias tóxicas y, en consecuencia, pueden prestarse a sabotaje. Por lo que en grandes concentraciones los fluoru- ros si resultan ser tóxicos, pero casi todas las sustancias resultarían ser tóxicas, por ejemplo: el cloro, que se usó - como gas tóxico durante la primera guerra mundial y que hoy

en día es de uso universal; por lo que en resumidas cuentas el fluoruro o cualquier otro elemento podría resultar tóxico si se excediera su dosis, pero en su uso adecuado resulta ser benéfico para la salud del hombre.

### 3.1.3.- OTROS METODOS DE FLUORACION.

**Agua Embotellada-** El uso de agua fluorada embotellada es, posiblemente el mayor sustituto de los abastecimientos ya que resulta ser muy económico y no peligroso ya que se puede medir su dosificación; pero tendría dos inconvenientes, que para resultar efectiva requiere de un esfuerzo continuo y concienzudo como en la dosificación de tabletas. Y el segundo inconveniente es que no podría ser distribuido a todas las clases sociales, por ser de un costo elevado.

**Fluoración en las Escuelas-** Este método es aplicable en regiones que se consideran rurales y en donde se encuentra una escuela con su propio abastecimiento de agua potable. Este método es especialmente valioso en donde la fluoración de los abastecimientos individuales de agua de los escolares, es difícil o imposible, en donde las aplicaciones locales de fluoruros son impracticables y en donde el abastecimiento de agua potable de la escuela sirve a ella solamente y no a otros consumidores, en donde niños pequeños pueden tener acceso a esta agua fluorada. Y aunque este método constituye ser prometedor, deben tomarse en

cuenta algunas objeciones.

- El costo es mayor al del abastecimiento público de agua potable.
- Es menor la reducción de caries, no excediendo a un 35%, aunque se considera bueno; ya que solo se ingerira el agua en el período de estancia en la escuela.
- Se requiere de adiestramiento especial para los operadores del equipo de fluoración, teniendo cuidado de que ningún niño de edad menor a la de los que asisten a la escuela, beba esta agua fluorada.

### 3.2.- COMO SUPLEMENTOS DE FLUORUROS PARA SUMINISTRARSE EN CASA.

3.2.1.- INGESTA EN ALIMENTOS.- El fluoruro contenido en alimentos tiene gran importancia, ya que al sumarse al aportado por el agua fluorada y por los dentífricos fluorados puede tener efectos tan útiles como perjudiciales. Así pues conviene regular el consumo de alimentos fluorados, junto con la fluoración del agua si es existente en la región, y tomando en cuenta la suministración de otros fluoruros de fuentes de dudoso interés para la higiene dental. En general, los valores altos son excepcionales y, en algunos casos, se basan en una sola observación que quizá no sea representativa. Sin embargo, es indudable que ciertos alimentos (pescado, té y algunos vinos) contienen concentraciones relativamente altas de fluoruros. Se han hecho muchos análisis de tés ricos en

flúor y se ha visto que es el que contiene más altas concentraciones, y dentro de estos mismos la concentración más alta se encuentra en los téis negros, que al hervir durante --- tres minutos o más se encuentra una concentración aproximada de 0.9 a 2.5 ppm. En el caso de alimentos marítimos, tenemos el pescado, los ostiones, la langosta, cangrejo y los camarones; con diferentes porcentajes, por lo que considero pertinente mostrar una tabla de las concentraciones de fluoruro, pertenecientes a cada producto alimenticio, mencionando solo los más importantes por su concentración o por ser alimentos básicos.

PRODUCTO	CONTENIDO DE FLUOR (EN PPM)
<u>Vísceras:</u>	
- Hígado de vaca seco	5,20-5,30
- Hígado	0,7 -1,29
<u>Carne:</u>	
- Pollo	1,40
- Filete redondo	1,3
- Costillas de cerdo	1,0
- Salchichas	1,7
- Ternera	0,9
- Carnero	0,2
<u>Pescado:</u>	
- Filete de pescado	1,5
- Sardina enlatada	7,3
- Bacalao	5,0
- Atún enlatado	0,1

---

Huevos:

- Enteros	2,1
- Clara	1,5
- Yema	0,6

---

Leche entera:

0,007  
0,22

---

Té:

312-178,8  
97,0

---

Promedio de diez muestras

Frutos cítricos:

- Toronja	0,36
- Limón	0,028-0,051
- Naranja	0,17-0,07

---

Frutos no cítricos:

- Manzana	0,22-1,32
- Plátano	0,23
- Uvas	0,16
- Mango	0,18
- Papaya	0,15
- Pera	0,19
- Ciruela	0,22
- Piña	0,14
- Melón	0,20
- Fresa	0,18
- Sandía	0,11

---

Cereales y Derivados:

- Maíz	0,62
- Trigo	0,17
- Harina con trigos	0,35
- Pan blanco	0,31
- Arroz	0,54
- Avena	0,20
- Centeno	0,61
- Spaguetti	0,15
- Macarrones	0,82

---

---

Hortalizas y Tberculos:

- Esparragos	0,48
- Coliflor	0,12
- Zanahoria	0,14
- Apio	0,4
- Berros	0,24
- Pepinos	0,20
- Coles	0,16
- Ajo	17,72
- Lechuga	0,30
- Mostaza	0,15
- Cebolla	0,60
- Perejil	0,8
- Patata	0,20
- Calabaza	0,10
- Rábano	0,8
- Espinaca	1,8
- Calabaza	0,63
- Tomate	0,24

---

Vino y Cerveza:

- Vino chino Sha-Sing	0,07
- Vino de oporto	0,24
- Cerveza	0,20

---

Por lo que los fluoruros ingeridos sistémicamente son la base esencial para la alimentación de cualquiera que lleve un régimen masticatorio, ya que en la ausencia de este elemento se destruiran en mínimo tiempo todas las caras masticatorias, además de alterar otras funciones rganicas como es la reproducción; a su vez es imposible que una persona exente de su dieta el flúor, aunque en diferentes concentraciones, que resultan ser algunas inadecuadas.

3.2.2.- INGESTION EN MEDICAMENTOS.- En vista de la variedad de preparaciones comerciales existentes, los medicamentos -- fluorados de que se trata en esta sección se han clasificado arbitrariamente en dos grupos los agentes profilácticos de -- la caries dental y los restantes. Desde el punto de vista -- del metabolismo del flúor, los más importantes son los prime -- ros por estar concebidos específicamente con miras a la uti -- lización metabólica del ión fluoruro; en cambio, en los del -- segundo grupo el fluoruro se emplea en una forma biológica -- mente inerte.

#### 3.2.2.1.- MEDICAMENTOS PROFILACTICOS DE LA CARIES.

Comprimidos y Tabletas de Fluoruro.- En los últi -- mos veinte años han despertado gran interés los comprimidos -- de fluoruro, que permiten suministrar a los individuos la -- cantidad óptima de flúor sin necesidad de recurrir a la fluo -- ración del agua utilizada para el abastecimiento público. La -- eficacia de estos comprimidos ha sido objeto de diversos es -- tudios clínicos de los que no trataremos aquí; baste decir -- que los resultados obtenidos hacen pensar que si bien la ad -- ministración de esos comprimidos parece tener cierta efica -- cia para reducir la frecuencia de la caries dental y merece -- estudiarse más a fondo, sus inconvenientes, ya que no dejan -- de ser importantes y restringen mucho su utilidad preventi -- va como es tomar en cuenta la edad del niño y la dosis exac -- ta según su edad, que no viene prescrita en los medicamen -- tos; que el costo resulta ser excesivo a comparación de los

abastecimientos públicos de agua, y que una de las objeciones más fuertes, es lograr mantener una constancia diaria durante por lo menos ocho años, por parte de los padres para proporcionar las tabletas. Y evitar tomar en cuenta la filosofía errónea de que, "si una tableta es buena, dos son mejores"; ya que con esto se corre un gran riesgo de intoxicación.

En general, los comprimidos comerciales contienen de 0,25 a 1,00 mg. de fluoruro (por lo común en forma de -- fluoruro sódico) en excipiente inerte, que pueda ser el cloruro sódico, y una pequeña cantidad de algún desintegrante. La fórmula típica podría ser la siguiente:

Na F, 2,21 mg: Na Cl, 94,49 mg.  
y desintegrante, 0,05 mg.

A continuación se dará un ejemplo de los resultados de los estudios realizados en este caso, en jóvenes --- adultos dosificados por una administración diaria de un comprimido de 1,0 mg de fluoruro diario; con objeto de determinar absorción, excreción e ingestión.

Cantidad <u>me</u> da (En mg. F/Día).	Cantidad <u>me</u> da Ingeri- creta en -- orina (En mg. F/Día).	Cantidad <u>ex</u> creta en -- fecales (En mg. F/Día).	Cantidad <u>to</u> tal excreta- tada (En -- mg. F/Día).	Cantidad <u>re</u> renida (En -- mg. F/Día).
---	---	---	--	--

1 mg diario	61,7%	10,0%	71,7%	28,3%
-------------	-------	-------	-------	-------

Por lo que nos podemos dar cuenta de que la cantidad excretada en la mayoría de los individuos por este medio es bastante alta, siendo la cantidad retenida de un 28% del ingerido.

Al parecer, pues, este método sería adecuado en niños y jóvenes adultos en los cuales no reciben agua fluorada; ya que en cada comprimido aporta al metabolismo más fluoruro que el consumo regular de agua fluorada.

#### SUPLEMENTOS DE FLUORUROS Y VITAMINAS.

En los últimos años suscita cada vez mayor interés la administración de suplementos de fluoruros asociado a diversas vitaminas y en la actualidad existe una gran variedad de preparados comerciales de ese tipo. La razón determinante de este creciente interés quizá resida en que, mientras que las personas que toman los comprimidos corrientes de fluoruro acaban desanimándose y abandonando el tratamiento, las que optan por los comprimidos de fluoruro vitaminados no pierden la confianza y perseveran. Este hecho justifica, al menos en parte, ciertas observaciones clínicas, según las cuales los comprimidos de fluoruro vitaminados protegen más eficazmente contra la caries dental que los comprimidos corrientes no vitaminados; el grado de protección es análogo al conferido por el agua potable fluorada.

Las preparaciones vitaminadas comerciales contienen:

**Fluoruro Sódico, Vitaminas A, C y D  
y complejo B.**

Lo cual hace que pueda ser prescrita su dosificación, ya que existen diferentes marcas con distintas dosis de vitaminas y fluoruro.

Se dispone de pocos datos sobre la influencia de las vitaminas en el metabolismo de los fluoruros y viceversa. Se han practicado estudios de preparados vitaminados de fluoruro en ratas, encontramos que en la dosificación prescrita en estos vitaminados es adecuado para su uso y no interfiere en funciones orgánicas, ni de los compuestos. Pero en cuanto a la acción de las distintas vitaminas sobre el metabolismo de los fluoruros, se observa que:

- En la Vitamina "A", tiamina, riboflavina, piridoxina y ácido pantoténico no ejerce efecto alguno sobre los Fluoruros.
- En la Vitamina "C", en elevadas concentraciones de ácido ascórbico aumentan la fijación del fluoruro en el esqueleto y en menor proporción en tejidos blandos. Además de que resulta ser un contrarrestante en la Fluorosis Dental.
- Y la Vitamina "D", carece de influencia con los fluoruros, y no afecta en lo más mínimo en Fluorosis Dental. (3)

(3) P. Adler, W.A. Armstrong, Muriel E. Bell, Fluoruros y Salud, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 1972, pp. 47 y 48.

Con respecto a la ingestión y excreción de estos elementos; el 82% del Fluoruro se absorbió en el conducto - gastrointestinal, y posteriormente se incorporo el esqueleto y estructuras dentales el 14% mayor que el observado previamente con los comprimidos no vitaminados.

#### SUPLEMENTO DE FLUORURO Y SALES MINERALES.

Teniendo en cuenta que el fluoruro interviene en el cambio de hidroxapatita en fluorapatito durante la odontogénesis y que la dentición comienza a formarse desde la vida intrauterina, se pensó que la administración prenatal podría ejercer un efecto preventivo máximo en la caries, especialmente en la primera dentición, pero por sus precedentes y estudios, hacen pensar que la adición de las sales minerales al fluoruro modifica la metabolización del fluoruro en el organismo. Así pues, no puede recomendarse su uso generalizado; a menos de que se estudie otro aspecto para su aplicación favorable.

#### 3.2.2.2.- MEDICAMENTOS EMPLEADOS CON FINES DISTINTOS DE LA CARIOPROFILAXIS MEDICAMENTOSA.

##### INSENSIBILIZADORES DE LA DENTINA.

Se han propuesto el uso de diferentes fluoruros para reducir la hipersensibilidad dentinaria, sugiriendo con este fin el uso de una pasta de caolín con un 53% de fluoruro sódico, con la que se han obtenido buenos resultados; se ha aplicado fluoruro sódico por iontoforesis y la -

aplicación de dentífricos a base de fluoruro sódico y fluoruro estano so por este método. Sin embargo estos métodos resultan faltos de eficacia cuando se aplica en el órgano del esmalte, a causa de su gran resistencia eléctrica del esmalte y que sólo pueden llegar cantidades ínfimas de fluoruro hasta la pulpa; tomando en cuenta la elevada electronegatividad del ión fluoruro y su pronunciada afinidad por los cationes, es probable que su mayor parte quede fijado químicamente a los componentes inorgánicos de los tejidos duros dentales de toxicándose metabólicamente.

#### EN TRATAMIENTO DE OSTEOPOROSIS Y DE OTROS TRASTORNOS AFINES DEL METABOLISMO ESQUELETICO.

En el curso de los últimos años se ha propuesto la administración general de grandes dosis de fluoruros para el tratamiento de diversas enfermedades óseas caracterizadas por descalcificación. La administración diaria de 60 mg de fluoruro en forma de fluoruro sódico en casos de Osteoporosis y Enfermedad de Paget permite obtener un balance de calcio positivo y un aumento de la actividad de la fosfatasa alcalina del plasma; confirmando estos resultados han indicado que las dosis de fluoruro de 0,5, 1,0 mg por kg suscitan respuestas favorables, así como con dosis análogas, puede ser útil para detener la evolución de la osteosclerosis.

El metabolismo del fluoruro en las dosis citadas, que se supone que queda retenida oscila entre 1,32% y 51,46%. Es evidente pues que los pacientes retienen cantidades apre-

ciables fluoruro, hecho que parece estar en contradicción con la fuerte excreción de dosis menores; esta contradicción se debe probablemente a la gran diferencia de dosificación.

También es interesante el hecho, confirmado después de que la cantidad de fluoruro retenido por el organismo parece disminuir a medida que aumenta la duración del tratamiento.

Ejem: Retención inicial 33% a 24%  
Retención a las 30 y 72 semanas 1,32%

Los estudios sobre la fluoremia en sujetos tratados con grandes dosis de fluoruros muestran que aumenta notablemente durante el censo del tratamiento hasta valores de dos a cuatro veces mayores que la concentración inicial. Estos datos muestran la necesidad de estudiar a fondo el problema; ya que no se conoce, por ejemplo, la concentración mínima de fluoruro necesaria para obtener la deseada respuesta terapéutica, ni la cuantía de fluoruro que debe observarse o retenerse con el mismo fin.

#### CORTICOSTEROIDES FLUORADOS.

Entre los numerosos derivados fluorados de los adrenocorticosteroides que se han obtenido sólo unos pocos se han mostrado útiles, como:

9x - Fluoruro - 17 Hidroxicorticosterona

9x - Fluorhidrocortisona

A' - 9 x - Fluoruro - 16x - Hidroxihidrocortisona

A' - 9 x - Fluoruro - 16x - Metilhidrocortisona

Las propiedades farmacológicas de estos compuestos, sobre el metabolismo del flúor presente en estos compuestos, poco hay que decir, ya que la estabilidad fisiológica del enlace flúor - carbono, impide que el flúor se metabolice y participe en ciclos metabólicos como el ión F - libre de los fluoruros inorgánicos.

#### ANESTESICOS FLUORADOS.

Gran número de compuestos orgánicos fluorados se han sintetizado y estudiado para su posible empleo como anestésicos generales o locales, en su toxicidad, su gran estabilidad y su relativa inflamabilidad. Entre ellos destacan el éter trifluoretilvinílico y el 1, 1, 1 - trifluor - 2, 2 - bromocloroetano, cuyos caracteres toxicológicos y farmacológicos han sido revisados convenientemente.

Como el flúor de estos compuestos también se encuentra unido al carbono por un enlace que no se rompe en los procesos biológicos, tampoco en este caso se puede metabolizar, ni entrar a las vías metabólicas del ión fluoruro; en consecuencia, es eliminado del organismo en unión del compuesto en que se encuentra.

### OTROS MEDICAMENTOS FLUORADOS:

Hay otras aplicaciones de compuestos orgánicos fluorados, como:

- Ciertos éteres "x" y "y" - Fluorados de la glicerina; se han propuesto como relajantes musculares, ciertas aminas fluoradas como agentes simpaticomiméticos, y diversos derivados fluorados de tirosina y de fenilalanina como sustancias terapéuticas en trastornos tiroideos. También en la quimioterapia del cáncer se han ensayado con cierto éxito las pirimidinas fluoradas, los fluoracetos, la fluorocolina, el dimetilazabenceno fluorado y otros compuestos orgánicos fluorados.

De los fluorofosfatos orgánicos (fosfluoridatos), el más conocido de ellos es el fluorofosfato de diisopropilo, potente inhibidor de la colinesterasa, que se usa como gas neurotóxico y como insecticida.

### 3.3.- FLUORUROS APLICADOS TOPICAMENTE.

Los fluoruros tópicos son importantes tanto en personas que viven en áreas fluoradas - especialmente en algunos pacientes que presentan una susceptibilidad alta de caries dental a pesar de un nivel óptimo de fluoruro en el agua. En la mayoría de los consultorios dentales los fluoruros tópicos se aplican utilizando una pasta, un gel o una solución.

### 3.3.1.- SOLUCIONES DE FLUORURO DE SODIO.

Se aplica a los dientes de acuerdo con la técnica KNUTSON. Este procedimiento se usa con una profilaxis y con una aplicación de fluoruro de sodio al 2% con PH 7; practicándolo en edades de 3, 7, 10 y 13 años para que coincida con la erupción de dientes permanentes recién erupcionados.

### 3.3.2.- SOLUCIONES DE FLUORURO ESTANOSO.

Del 5 al 10%. En comunidades no fluoradas reducen la caries de un 40 a 50%; beneficiando también a personas de áreas fluoradas. Se usa pasta profiláctica con fluoruro estanoso al 90% que contiene silicato de circonio o un agente abrasivo como la piedra pómex.

Una solución de Fluoruro Estanoso al 10% es aplicada en las áreas hipocalcificadas o que presentan gran incidencia de caries, siendo esta arrestada, pero a la vez teñida de café por la concentración de flúor, que va de un café amarillento hasta un café francamente oscuro.

### 3.3.3.- GEL DE FLUORURO ESTANOSO.

Un gel libre de agua, que contenga una cantidad del 0,4% de fluoruro estanoso, de carboximetil celulosa de sodio y glicerina es otro agente tópico. El gel se diluye con partes iguales de agua deionizada justamente antes de su

uso para permitir la salida de iones fluoruro y de estaño. - El parece ser estable y capaz de retener su actividad por lo menos hasta 15 meses.

Esta preparación ha sido utilizada para tratar a pacientes que se encuentran bajo una terapia de radiación de las áreas orales y nasofaríngeas para prevenir el desarrollo de caries. También utilizado en pacientes con tratamiento de ortodoncia para minimizar la desmineralización del esmalte alrededor y bajo las bandas de ortodoncia. El uso adecuado del gel requiere que se aplique con cepillo dental después de haber limpiado sus dientes, y se sugiere que se aplique antes de acostarse por ser su acción mayor y por tener un sabor agradable.

#### 3.3.4.- SOLUCIONES Y GELES DE FLUORURO DE FOSFATO ACIDULADO (APF).

La diferencia que existe entre gel y solución es mínima, y esta consiste en:

- La aceptación del paciente.
- El costo y su forma de aplicar (con torundas de algodón o con portaimpresiones).

La tasa de reducción de caries en comunidades no fluoradas entre un 30 y 50%, y en comunidades fluoradas, el mismo patrón produce una reducción del 20 al 30%.

Se lleva a cabo haciendo una profilaxis con pasta fluorada y el uso de hilo dental fluorado (ya que en ocasiones el fluor no penetra por los espacios interdenciales). Se seca con aire comprimido, aislando y se procede a aplicarlo con isopos, dejando las superficies de los dientes húmedas durante cinco minutos, recomendando al paciente que no coma, ni ingiera bebidas o alimentos y no escupa durante por lo menos 30 minutos, para una mayor penetración y retención del fluoruro.

Generalmente se hacen dos aplicaciones al año para que coincida con la revisión de seis meses y en pacientes altamente susceptibles a caries se aplica tres o cuatro veces al año.

### 3.3.5.- NUEVOS AGENTES POTENCIALES.

#### FLUORURO DE AMONIO Y TETRAFLUORURO DE TITANIO.

La aplicación tópica de un fluoruro de amonio acidificado, precedida de un tratamiento ácido, que produce una mayor incorporación de fluoruro en comparación a una aplicación de Fluoruro de Fosfato Acidulado. Cuando se aplica a la superficie del esmalte, el tetrafluoruro de Titanio no solamente produce una absorción más alta de fluoruro, sino también puede resultar en que la superficie del esmalte sea altamente insoluble a la disolución ácida.

### 3.4.- MATERIALES FLUORADOS DE USO HIGIENICO BUCAL.

#### 3.4.1.- DENTIFRICOS FLUORADOS.

A consecuencia del auge de los dentífricos medicamentosos, una parte importante de la población se ha habituado a utilizar, dentífricos fluorados, en general a razón de 1,0 mg. de fluoruro por gramo de pasta. Este uso generalizado, unido de hecho, a que en los dentífricos más eficaces de este tipo se haya conseguido que el fluoruro sea metabolizable mediante la selección de los restantes ingredientes.

#### CONTENIDO DE LOS DENTIFRICOS

Sistema abrasivo (un agente mecánico, para limpieza).....	35 a 50 %
Humectantes (que retienen el agua).....	10 a 30 %
Agua.....	10 a 25 %
Detergente (que ayuda a limpiar).....	1 a 3 %
Saborizante (para motivar su uso).....	1 a 4 %
Edulcorante.....	1 %
Aglutinante (da consistencia a la pasta).....	0.5 a 1%
Agente Terapéutico.....	0.1 a 0.8%

#### DIFERENTES PREPARADOS DENTIFRICOS.

Aproximadamente un 3% del fluoruro estanoico o Mono fluorofosfato de Sodio, a concentración de 0.76% (Colgate — MFP), con acción concentrada y siendo una de las fórmulas — más comerciales.

Hay otro tipo de dentífricos con un 0.4% de fluoruro estano, con un abrasivo de pirofosfato de calcio - - - (Crest).

Fluoruro de Sodio.- En estudios recientes se probó que los dentífricos que contienen fluoruro de Sodio son marginalmente terapéuticos, por falta de estudios de comprobación.

Hay otra alternativa pero aún bajo investigación - para estos dentífricos terapéuticos, en los que parece indicar que pueden dar una doble protección; anticaries y antiplaca, por la actividad de las Alkilaminas de cadena larga, sin embargo no existe a nuestra disposición en este país.

#### 3.4.2.- SEDA DENTAL FLUORADA.

Es usada como vehículo valioso de aplicación tópica de fluoruro, aunque resulta ser poco conocido.

En el laboratorio los estudios preliminares han demostrado que existe una absorción significativa, que ayuda como medio eficaz para la aplicación tópica de fluoruro a las superficies proximales de los dientes, reduciendo la pre

valencia de las colonias de streptococcus mutans en las superficies proximales. En adición al uso de la seda dental, los científicos están investigando la eficacia de otros vehículos para la aplicación tópica de fluoruro. Este incluye goma de mascar, barnices para cavidades, selladores de fosetas y fisuras, cepillos de copa profilácticos, tabletas reveladoras y materiales restaurativos.

Se requieren estudios clínicos para confirmar la eficacia de éstos nuevos agentes.

#### 3.4.3.- COLUTORIOS FLUORADOS.

Se debe considerar la edad del paciente cuando se determine la posibilidad de utilizar un programa de colutorios, que se absorben y metabolizan con rapidez. Los niños de cuatro años o menores no tienen control completo sobre sus reflejos de tragar y por lo consiguiente tratan la mayor parte. Por lo que se recomienda que la cantidad de fluoruro disponible en los recipientes usados en casa debe estar limitado a 120 mililitros o sea 264 miligramos de fluoruro de Sodio; así como usar edulcorantes y colores llamativos, para reducir su ingestión accidental.

#### 3.5.- SU INGESTION EN POLVOS O VAPORES.

Solo una pequeña parte de los fluoruros minerales tiene acceso al medio ambiente humano en forma de flúor ele-

mental. En cambio, 1) el polvo, 2) los gases y vapores, 3) - las partículas suspendidas en los fluoruros gaseosos, y quizás, 4) las partículas dispersas en el agua que contienen compuestos inorgánicos de flúor constituyen importantes fuentes de fluoruros para el hombre.

Los compuestos orgánicos de flúor no poseen los -- mismos efectos fisiológicos que los inorgánicos.

### 3.5.1.- FLUOR ELEMENTAL.

Como en la naturaleza no se encuentra prácticamen- te flúor elemental, todo el que existe está producido artificialmente en la industria o en el laboratorio. El principal - método de obtención es la descomposición electrolítica del -- ácido fluorhídrico en cubetas especiales. El flúor elemental se emplea sobre todo para fluorar sustancias químicas en las que la fluoración resulta difícil y, muy especialmente para - transformar el tetrafluoruro de uranio en hexafluoruro. Tam-- bién se ha propuesto su empleo, mezclado con hidrógeno, como combustible para la propulsión de cohetes. Su uso más recien- te, aunque hasta ahora muy limitado, es la preparación de compuestos de flúor por reacción con ciertos gases nobles como - el xenón. También se utiliza para producir pequeñas cantida-- des de difluoruro de oxígeno, trifluoruro de cloro y trifluo- ruro de nitrógeno. Por último, ciertos fluoruros metálicos -- por ejemplo, el trifluoruro de cobalto, que se emplean a ve-- ces como fuente de flúor.

Los efectos agudos de la inhalación de flúor han observado sobre todo en los animales de laboratorio. Cuando el flúor entra en contacto con la piel de los animales o del hombre reacciona tan violentamente que produce quemaduras. A una concentración en el aire de 300 ppm, la inhalación de flúor elemental es letal para los animales expuestos durante tres horas o más. Una exposición más prolongada a concentraciones de 100 ppm, provoca una mortalidad del 60%. En los animales sometidos a estos experimentos se encontraron sobre todo lesiones graves del aparato respiratorio.

La inhalación prolongada de flúor y quizás también la de fluoruro de oxígeno, trifluoruro de cloro y trifluoruro de nitrógeno provoca trastornos más graves que las de los fluoruros inorgánicos ensayados hasta ahora.

#### Exposición en animales:

#### RESULTADOS DE LA INHALACION DE FLUOR GASEOSO

Concentración de F <sub>2</sub>	Duración		Efectos en los animales
	Días	Horas	
5 PPM ó +	18-29	95-160	Mortalidad elevada (180 de 357)
L PPM ó +	31	176-178	Mortalidad baja (10 de 148)

## \* RESULTADO DE LA INHALACION DE ACIDO FLUORHIDRICO GASEOSO

Concentración de HF	Duración		Efectos en los animales
	Días	Horas	
33 PPM	26	166	Todas (47 de 47) las ratas y los ratones murieron; ningún cabayo, conejo, ni perro murio.
8,3 PPM	26	166	Ninguno de los animales (0 de 60) de las especies citadas murieron.

## 3.5.2.- POLVOS FLUORADOS.

El empleo de los fluoruros en algunos procesos industriales puede también provocar la formación de polvo rico en esos compuestos. Para dar una idea de la importancia de este factor, basta considerar el vaso del espatoflúor (fluorita), mineral constituido por fluoruro de calcio y pequeñas cantidades de impurezas, que se utiliza para la producción de acero y como materia prima para fabricar otros compuestos fluorados.

Cada año se extraen muchos millones de toneladas de rocas fosfáticas y cantidades algo menores de criolita. La elaboración industrial de los minerales es otra fuente posible de polvo rico en fluoruros.

Las intoxicaciones agudas causadas por el polvo

fluorado en los animales y en el hombre se deben más a la ingestión que a la inhalación. La inhalación seguida de la ingestión del polvo inhalado también puede tener importancia, aunque ésta es difícil de evaluar. Las intoxicaciones graves causadas por el polvo se deben probablemente sólo a ciertos compuestos muy solubles, como los fluoruros sódico y potásico. Conviene advertir, sin embargo, que los efectos incapacitantes de la exposición a los fluoruros se presenta sólo en casos muy raros.

### 3.5.3.- COMPUESTOS GASEOSOS.

El más importante de los compuestos gaseosos de flúor es probablemente el ácido Fluorhídrico (HF), cuya producción, sólo en los Estados Unidos, pasa de 200,000 toneladas anuales. En ciertos procesos industriales se libera tetrafluoruro de silicio que, al reaccionar con el agua, produce también (HF). También se usa en la industria, el trifluoruro de boro, aunque en menor proporción. El hexafluoruro de azufre, usado en la industria eléctrica como aislante, es una sustancia inerte que no posee ninguna de las propiedades fisiológicas comunes a la materia de los fluoruros inorgánicos.

Tanto en el hombre como en los animales se han observado alteraciones agudas producidas por el (HF). Según la naturaleza de la exposición (generalmente accidental), los efectos adversos pueden limitarse a la piel o a los ---

ojos, o ser muy extensos..Al ser inhalado por el hombre a los animales, el gas puede causar lesiones graves en el aparato respiratorio e incluso la muerte si la concentración es mayor a 25-30 ppm o si es demasiado prolongada su exposición.

#### 3.5.4.- SUSPENSIONES MIXTAS DE PARTICULAS DE FLUORURO EN SUSPENSION Y GASEOSO.

En lugares donde el aire contiene fluoruro tanto en forma gaseosa, como en forma de partículas suspendidas en el aire en suspensión. Afecta a las personas que trabajan en fábricas en donde suele haber polvo de espatoflúor y soluciones acuosas de ácido fluorhídrico, que al ingerirse o inhalarse no parece tener importancia siempre y cuando las dosis no sean exageradas y produzcan reacciones crónicas.

#### 3.5.5.- DISPERSIONES DE PARTICULAS DE FLUORURO EN EL AGUA.

Por lo general, en los lugares donde se inhalan fluoruros inorgánicos con el aire no se han observado efectos desfavorables sobre la salud humana. Los efectos provocados por el fluoruro suspendido en el aire se han limitado:

- A los raros casos en que el fluoruro se encontraba en la atmósfera del lugar de trabajo.

- A los casos en que el fluoruro se ingirió como contaminante del agua o de los alimentos. El polvo industrial que llega a las poblaciones próximas a las fábricas, no es nunca suficientemente abundante para modificar la ingestión de fluoruro por la colectividad. La contaminación de los alimentos y del agua potable por el polvo fluorado sólo plantea un problema sanitario importante cuando está causada por la presencia de yacimientos minerales naturales.

#### 4.- METABOLISMO DE LOS FLUORUROS EN EL ORGANISMO.

##### 4.1.- ABSORCION DE LOS FLUORUROS.

La absorción de los fluoruros se basa en numerosos experimentos realizados en el animal y en observaciones e investigaciones basadas en el hombre. Sólo los estudios metabólicos proporcionan datos suficientes respecto a la proporción de fluoruros que se absorbe en relación con la cantidad ingerida; sin embargo, a causa de las dificultades que entrañan dichos estudios apenas se dispone de informaciones de este tipo acerca de los niños. No obstante, los estudios realizados en adultos han aportado ya bastantes datos sobre los principales factores que rigen la absorción del fluoruro y cabe suponer sin lugar a dudas que no existe ninguna diferencia entre jóvenes y adultos respecto al mecanismo y al lugar de esta absorción. Además, los datos obtenidos sobre la ingestión de los fluoruros y su retención ulterior en los tejidos calcificados permiten extraer algunas otras conclusiones sobre la absorción.

Antes de considerar la absorción de los fluoruros ingeridos con el agua y otras bebidas o con los alimentos y los medicamentos, conviene mencionar brevemente algunos hechos de carácter general:

- Los fluoruros pueden proceder de fuentes orgánicas o inorgánicas.

- Los compuestos inorgánicos de flúor se pueden clasificar - en solubles ( $\text{Na F}$ ,  $\text{H}_2 \text{Si F}_5$ ,  $\text{Na}_2 \text{Si F}_6$ ,  $\text{Na}_2 \text{PO}_3 \text{F}$ ); insolubles ( $\text{Ca F}_2$ , fosfato de roca, criolita) e inertes ( $\text{KBF}_4$ ).

Los compuestos inorgánicos, liberan iones fluoruro que posteriormente son absorbidos. Importa tener en cuenta - que, en relación con los efectos del flúor, solamente el ión fluoruro desempeña un papel importante.

La absorción de los iones fluoruro consecutiva a - la ingestión de sales de flúor solubles es rápida y casi total; en cambio, en el caso de los compuestos de flúor poco - solubles es incompleta y depende de la solubilidad de las - propiedades físicas de los cristales, del tamaño de las partículas, del tipo de ingestión, etc. Los compuestos de flúor inertes son tan estables que no liberan en absoluto iones - fluoruro; en consecuencia, la absorción es nula (el  $\text{KBF}_4$ , - por ejemplo, se elimina totalmente por la orina y las heces).

Los compuestos orgánicos fluorados (fluorecetas, fluorofosfatos, hidrocarburos fluorados, etc.) se absorben - o se inhalan como tales, pues no dan lugar a iones fluoruro.

#### 4.1.1.- MECANISMO Y LUGAR DE ABSORCIÓN.

##### - M E C A N I S M O -

La absorción de fluoruro es un proceso esencialmente

te pasivo en el que no participa ningún mecanismo activo de transporte.

Por otra parte, numerosos estudios realizados demuestran también la rapidez de la absorción del fluoruro. - Se ha demostrado por ejemplo; que el 75% de un fluoruro introducido en el estómago se absorbe en el espacio de una hora. Y ha sido confirmada, al encontrar que el 72% del fluoruro introducido al organismo en ayunas, se absorbe en el transcurso de una hora y la absorción resulta ser más lenta si se administran mayores cantidades de fluoruros por sonda gástrica.

Por otra parte se han demostrado que a las dos horas de recibir una dosis de fluoruro, la cantidad absorbida durante la alimentación es de un 32% menor que la absorbida en ayunas.

La rapidez con que el fluoruro se absorbe en la sangre y se distribuye por el organismo muestra que en la absorción no interviene ningún sistema de transporte activo; así pues, cabe suponer que se trata de un simple proceso de difusión, Y con las investigaciones hechas, se ha demostrado que: 1) existe una relación directa entre la velocidad de la difusión y el área de la pared intestinal a través de la que tiene lugar este proceso; 2) que los tóxicos enzimáticos (cianuro sódico, yodoacetato sódico o 2,4-dinitrofenol) no alteran la difusión de dentro a afuera en las

distintas partes del intestino; 3) que las variaciones de la temperatura entre 20° y 37°C no ejercen influencia alguna en la difusión del ión fluoruro a través del intestino. Estas observaciones indican que los iones fluoruro se absorben por un proceso de difusión normal a través de la pared gastrointestinal.

#### - LUGAR DE ABSORCIÓN -

Los trabajos realizados en el hombre y en los animales domésticos hacen pensar que la absorción de los fluoruros se efectúa en el estómago, a juzgar por la rápida aparición de éstos en la sangre. Los experimentos in vitro han demostrado que el paso de ión fluoruro, es a través de la pared gástrica, y conducto intestinal.

Los resultados de estos experimentos demuestran que el fluoruro se absorbe en la totalidad del conducto gastrointestinal; sin embargo, no se disponen de datos cuantitativos sobre la absorción de los fluoruros en ciertas partes del conducto intestinal del hombre.

Además de por ingestión, el fluoruro puede penetrar ocasionalmente en el organismo (por ejemplo, cuando se maneja fluoruro de hidrógeno) por absorción cutánea.

La absorción de fluoruro en forma de fluoruro de hidrógeno o de vapores o polvo de compuestos fluorados puede tener importancia en el campo de la higiene del trabajo.

La absorción del fluoruro por los pulmones es rápida y casi total. Y se ha observado que la absorción del fluoruro de hidrógeno inhalado es casi del 100% y estiman que la absorción es aproximadamente de la misma magnitud tanto si se inhala fluoruro de hidrógeno, como polvo que contiene fluoruro.

#### 4.1.2.- ABSORCIÓN POR BEBIDAS, ALIMENTOS Y PREPARACIONES FLUORADAS.

En el caso de los fluoruros ingeridos con los alimentos, el agua en otras bebidas y las preparaciones fluoradas, el interés reside en la cuantía del fluoruro absorbido. Cuando el fluoruro se administra con un fin concreto (bien en dosis óptimas para la prevención de la caries dental o a grandes dosis durante un corto periodo de tiempo para el tratamiento de la osteoporosis), es esencial que el ión Flúor sea absorbible.

#### ABSORCIÓN A PARTIR DEL AGUA DE BEBIDA.

La absorción es casi total, de un 86 a 97%, y no depende de la concentración del ión fluoruro, que puede variar desde vestigios hasta 8 ppm o más. Cabe preguntarse hasta que punto la dureza del agua puede dificultar la absorción del fluoruro. A este respecto se sabe que, entre todos los elementos inorgánicos que se encuentran en el agua potable, sólo el calcio y el magnesio suelen alcanzar una concentración suficiente (de 1 ppm en las aguas muy blandas

a 100 ppm en las muy duras, procedentes de regiones de rocas calcáreas o magnésicas) para combinarse con el ión fluoruro.

Tanto los compuestos de flúor que se encuentran naturalmente en el agua como los que se añaden a la de abastecimiento público ( $\text{Na F}$ ,  $\text{Na}_2 \text{Si F}_6$ ,  $\text{HF}$ ,  $(\text{NH}_4)_2 \text{Si F}_6$ ) con objeto de aumentar hasta 1 ppm la concentración de flúor liberan iones flúor que son absorbidos casi totalmente en el conducto gastrointestinal.

#### ABSORCION A PARTIR DE OTRAS BEBIDAS.

Todas las bebidas contienen, los iones fluoruro — presentes en el agua utilizada para su preparación. Este fluoruro se absorbe en la misma medida que el contenido en el agua. Tampoco existe diferencia alguna entre el agua corriente y las aguas minerales y los vinos (que pueden contener hasta 10 ppm y 6 ppm de fluoruro, respectivamente) en lo que se refiere a la absorción de iones fluoruro. Así como otras bebidas, que son: la leche y el té, teniendo mayor importancia el té por ser una fuente natural de flúor. El contenido de fluoruros varía según los tipos de té. El té que se consume normalmente contiene unas 1000 ppm de fluoruros; de esta cantidad se extrae un 90 % al preparar la infusión, con lo que la concentración de flúor en ésta viene a ser de 1 ppm. tomando en cuenta que el fluoruro del té se absorbe algo más difícilmente que el del agua.

#### ABSORCION POR ALIMENTOS.

La absorción de los fluoruros presentes en los ali

mentos depende de la solubilidad de los fluoruros inorgánicos presentes en la dieta y de la riqueza en calcio de ésta. Aproximadamente se absorbe el 8% de los fluoruros existentes en la alimentación humana. Si se añaden compuestos de calcio (fosfatos o carbonatos cálcicos) o de aluminio, la absorción disminuye de una manera notable (hasta un 50%) debido a que el fluoruro se combina para dar compuestos menos solubles, con el consiguiente aumento de la cantidad eliminada en las heces.

Los compuestos de flúor solubles que se añaden a la dieta normal del hombre se absorben con la misma facilidad que si estuvieran, disueltos en agua, mientras que la absorción de los compuestos de flúor menos solubles añadidos a los alimentos es un 20% menor.

#### ABSORCION POR COMPRIMIDOS FLUORADOS.

Para la prevención parcial de la caries suelen utilizarse comprimidos o pastillas que contienen 1 mg de flúor en forma de fluoruro sódico y que permiten administrar la dosis óptima necesaria. Si los comprimidos se ingieren con las comidas la absorción del fluoruro es casi completa, si bien depende de la composición del régimen alimenticio; si se toman entre horas, la absorción es tan completa como en el caso del fluoruro sódico ingerido con el agua.

Se ha señalado la posibilidad de que la ingestión de un comprimido diario de 1 mg. de fluoruro quizá resulte -

menos eficaz para prevenir la caries dental, debido a la rapidez con que se absorbe y se excreta, que la administración de la misma dosis a lo largo del día en pequeñas cantidades, por ejemplo mediante el suministro de agua potable fluorada; en vista de ello, se ha propuesto el empleo de comprimidos de acción retardada, constituidos por una mezcla de fluoruros solubles y poco solubles.

No obstante, no se dispone de datos concretos que demuestran que los comprimidos mixtos son más eficaces que los de fluoruro sódico para prevenir la caries dental.

#### ABSORCION POR SAL FLUORADA.

Como la sal tratada con fluoruro sódico se ingiere con las comidas, la absorción del fluoruro es algo menor, especialmente si los alimentos son ricos en calcio. Si el fluoruro sódico se administra con harina o con alguna sustancia viscosa similar, la cantidad de ión fluoruro utilizada por el organismo aumenta en un 20%, la cantidad de fluoruro que se incorpora al esqueleto. Estos hechos hacen suponer que, a consecuencia de los efectos contrapuestos de la menor proporción de cloruros y de las sustancias viscosas presentes en los alimentos salados ordinarios, el fluoruro administrado con la sal se absorbe en la misma medida que el aportado por el agua.

#### ABSORCION POR HARINA DE HUESOS.

La harina de huesos finamente molida, recomendada

como suplemento natural de elementos minerales para alimentación humana, es relativamente pobre en flúor. Los estudios metabólicos han revelado que el hombre adulto sólo absorbe - del 37 al 54% del flúor contenido en esas harinas. Lo mismo sucede con el flúor procedente del esqueleto de ciertos animales marinos ricos en fluoruros, que es mucho menos absorbible que los fluoruros solubles.

#### 4.1.3.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ABSORCION.

La capacidad de absorción de fluoruro por el organismo depende de numerosos factores, entre ellos la solubilidad y el estado físico del compuesto fluorado ingerido, la frecuencia de la administración, la presencia concomitante de ciertas iones inorgánicas y la naturaleza de los componentes orgánicos de la dieta.

#### INFLUENCIA DE LOS COMPONENTES ORGANICOS DE LOS ALIMENTOS.

Las observaciones realizadas en el hombre, el ganado y los animales de laboratorio han puesto de manifiesto -- que ciertos nutrientes influyen en la aparición de la fluorosis consecutiva a la ingestión de grandes cantidades de fluoruros. Mientras que la nutrición deficiente, el consumo excesivo de grasas y el aporte insuficiente de calcio y vitaminas favorecen el desarrollo de la fluorosis, las verduras frescas y el ácido ascórbico retardan su aparición. Todavía no se sabe si estos efectos se deben a diferencias en la capacidad de absorción del fluoruro por el organismo. Los re-

sultados de algunos estudios sobre la retención del flúor en la rata hacen pensar que la absorción aumenta cuando la alimentación es muy rica en grasa.

#### INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS INORGANICOS.

Los iones inorgánicos presentes en el agua y en los alimentos pueden dificultar la absorción de los fluoruros. En el caso del agua y de los alimentos corrientes ese efecto es poco importante y puede considerarse despreciable desde el punto de vista de la acción carioprofiláctica del fluoruro administrado a razón de 1 ppm en el agua. Los iones calcio, magnesio y aluminio son los que más reducen la absorción del fluoruro cuando se encuentran en las concentraciones elevadas. En los casos de intoxicación accidental aguda por fluoruros se aconseja administrar rápidamente suspensiones de compuestos de calcio, magnesio o aluminio, a bien de reducir la absorción del ión fluoruro por el organismo.

#### 4.1.4.- ABSORCION A PARTIR DE COMPUESTOS FLUORADOS Y DE VAPORES O POLVOS.

FLUORUROS INORGANICOS. Se mencionan tipos de fluoruros inorgánicos como el calcio y la criolita, que son compuestos metabólicamente inertes. Es notable el hecho de que estos fluoruros complejos e inertes en los que el flúor está unido por covalencia y no es iónico se absorben mejor que los fluoruros simples fisiológicamente activos.

COMPUESTOS ORGANICOS DE FLUOR. No se encuentran derivados orgánicos fluorados ni en los alimentos ni en el agua potable.

En general, cabe distinguir tres tipos de compuestos: 1) los fluoracetatos, que se emplean eficazmente como rodenticidas; 2) los fluorofosfatos, como el fluorofosfato de disopropilo; y 3) los hidrocarburos fluorados. Los fluoracetatos y los fluorofosfatos se absorben fácilmente y son muy tóxicos, aún en pequeñas cantidades, mientras que los hidrocarburos fluorados (los freones y el teflón) son prácticamente inocuos, si bien cuando el teflón se calienta por encima de  $300^{\circ}\text{C}$ . se descompone con formación de perfluorisobuteno, que es muy tóxico.

VAPORES Y POLVOS. El organismo puede absorber también fluoruros inhalados en forma de gases, vapores o polvos finamente particulado, planteando así un problema de higiene del trabajo. Con frecuencia se ha observado que la orina de soldados y de los obreros que trabajan con criolita, fluoruro de hidrógeno y rocas fosfáticas contiene cantidades elevadas de fluoruros, en muchos casos superiores a 8 mg. por litro. Y se demostró que los adultos humanos expuestos al fluoruro de hidrógeno en concentraciones de 1,42-4,74 ppm la absorben rápidamente y se elimina por la orina de 3,5 a 20 mg. de flúor por día, siendo la absorción del fluoruro de hidrógeno inhalado casi en un 100%.

#### 4.2.- DISTRIBUCION DE LOS FLUORUROS.

Debido a la presencia del flúor en los alimentos y en el agua, la ingestión de este elemento es inevitable y — probablemente se ha producido a lo largo de todo proceso evolutivo del hombre. Esta circunstancia explica la presencia — constante de fluoruros en los tejidos y en los líquidos orgánicos. La determinación precisa de la cantidad de fluoruro, en especial en los tejidos blandos, plantea difíciles problemas de orden técnico; no obstante, en los últimos diez años se han obtenido resultados dignos de toda confianza en diversos tejidos de mamíferos, que han permitido determinar la — distribución de los fluoruros en los tejidos blandos y calcificados, tanto cuando se ingiere en cantidades normales como en exceso.

Por otra parte, gracias al volumen de datos obtenidos ha sido posible descubrir y valorar los factores fisiológicos que intervienen en el transporte, el depósito y el almacenamiento del fluoruro en los tejidos blandos, así como — en los componentes de los dientes y del esqueleto.

En una de las secciones del presente capítulo se — interpretan los resultados de fluoruros en la sangre, en los tejidos blandos y en algunas secreciones del hombre, dos de

animales inferiores cuando ello se ha considerado conveniente.

#### 4.2.1.- DISTRIBUCION EN LOS TEJIDOS BLANDOS Y HUMORES ORGANICOS.

##### CONCENTRACIONES DE FLUORUROS EN EL PLASMA.

El plasma o el suero sanguíneo constituyen el medio más adecuado para determinar el contenido de fluoruro de los líquidos orgánicos. Los resultados son más precisos que en la sangre completa debido a la desigual distribución del fluoruro entre los glóbulos rojos y el plasma. A igualdad de volumen el contenido de fluoruro de los hematíes equivale al 40-50% del plasma, en el que se encuentran las tres cuartas partes del fluoruro hemático total. Hay que tener en cuenta además que los resultados de la determinación del fluoruro en la sangre completa dependen del hematocrito, que está sujeto a grandes variaciones, mientras que en el plasma la concentración de fluoruro permanece constante. Por otra parte, la determinación del fluoruro en el plasma es técnicamente más fácil, y posiblemente más fidedigna que en la sangre, cuya composición es más compleja. Por todo ello, la interpretación de los resultados de cualquier trabajo basado en la determinación del fluoruro en la sangre completa ha de hacerse con gran cuidado.

Hay numerosas indicaciones de la existencia en el organismo de mecanismos reguladores que mantienen casi con-

tantemente la cantidad de fluoruro en el plasma y, por consiguiente, en otros líquidos orgánicos. Estos mecanismos entran en acción en caso de variaciones notables de la cantidad de fluoruros ingeridos con los alimentos o en presencia de ciertos procesos metabólicos anormales con el resultado de que el fluoruro absorbido sólo produce una variación ligera y transitoria de la concentración plasmática. La regulación de fluoruros se basa fundamentalmente en el gran volumen de líquidos extracelulares en los que se diluye el fluoruro absorbido. Además, toda elevación del fluoruro plasmático se ve contrarrestada por la fijación del fluoruro en los huesos y por la eliminación con la orina y, quizá también, por la transpiración cuando ésta es intensa.

#### A) Regulación de la concentración de fluoruros del plasma.

En los sujetos con osteopatías metabólicas tratados con fuertes dosis de fluoruro sódico (50-100 mg./día) durante 10 a 34 semanas, la concentración del fluoruro en el plasma no pasa de 1,8 ppm. En los casos en los que la concentración de fluoruro plasmático era de 0,32 ppm. En los casos en los que la concentración de fluoruro plasmático era de 0,32 ppm antes de iniciar el tratamiento, ésta llegó a 1,8 ppm a los 14 días de tratamiento. Al proseguir la administración de 50 mg./día, la concentración plasmática de fluoruro descendió a 0,45 y 0,48 ppm a las 33 y 34 semanas de tratamiento, seguido de una disminución hasta un valor aproximadamente igual al observado antes del tratamiento.

Varios factores pueden influir en la capacidad de los mecanismos homeostáticos para regular la concentración plasmática del fluoruro; entre ellos cabe destacar la dosificación del fluoruro administrado, la normalidad o anormalidad del sistema óseo, la riqueza en flúor de los huesos y la exposición anterior a los fluoruros. Como ya se ha dicho, cuando se ingieren grandes cantidades de fluoruro los citados mecanismos pueden verse desbordados, en el hombre.

Evidentemente, esta concentración puede aumentar ligeramente durante breves períodos de tiempo a raíz de la ingestión de fluoruros con los alimentos o el agua, como se ha visto en los estudios realizados con fluoruro radioactivo en los animales y el hombre, pero este aumento es tan pequeño que no puede valorarse por los métodos de análisis químicos. Incluso en los pacientes tratados a diario con cantidades de fluoruro cincuenta veces mayores que las aportadas por una agua suficientemente fluorada, el aumento de la concentración plasmática de fluoruro es relativamente pequeño.

#### CONCENTRACION DEL FLUORURO EN LA SANGRE COMPLETA.

En general, las personas que consumen aguas con 1,0 ppm, de fluoruro presentaban una concentración de fluoruros en la sangre de 0,1 ppm. Así como se ha encontrado una concentración de fluoruros en la sangre completa de sujetos con fluorosis ósea de 1,5 ppm.

Los detallados estudios han demostrado la capacidad para regular la concentración del fluoruro en la sangre, incluso cuando la ingestión de fluoruro llega al extremo de provocar diferentes grados de fluorosis. La excreción urinaria de fluoruros varía mucho, mientras que en la leche y en la sangre las variaciones son muy pequeñas. Observando que la concentración del fluoruro en la sangre aumenta ligeramente cuando aumenta (a ingestión de éste).

#### LOS FLUORUROS EN SANGRE MATERNA Y FETAL.

No se dispone de datos satisfactorios acerca de las concentraciones relativas de fluoruros en el plasma materno y en el fetal, ni tampoco sobre la respuesta de cualquiera de ellas a un aumento de la cantidad de fluoruro ingerida. En contraste con los datos sobre la regulación del fluoruro plasmático en grupos de población que bebían agua con distintas concentraciones de fluoruro (0, 15-2,5 ppm), han observado que la concentración de fluoruro en la sangre de las embarazadas puede elevarse ligeramente cuando aumenta la ingestión. Según ciertos datos, cuando aumenta la cantidad de fluoruro ingerido, bien con el agua, bien en forma de comprimidos o añadido al té se produce un aumento de la concentración de fluoruro en la sangre entera de la madre (de 0,1 a 0,3 ppm) y otro aumento paralelo en la sangre fetal. Se han encontrado concentraciones de fluoruro similares en sangre fetal y materna.

No obstante, la concentración media del fluoruro en la sangre materna entera antes del tratamiento (0,22 ppm,

con valores límites de 0,17 y 0,30 ppm) no difirió mucho de la encontrada, después de terminado aquél, en el momento del parto (0,24 con valores límites de 0,21 y 0,30 ppm). El valor medio en la sangre fetal fue 0,24 con valores límites de 0,21 y 0,30 ppm). El valor medio en la sangre fetal fue 0,24 ppm (valores límites de 0,20 y 0,29 ppm).

#### LOS FLUORUROS EN LA LECHE, LA SALIVA Y EL LIQUIDO CEFALORRAQUIDEO.

Para la determinación del fluoruro por difusión de ácido perclórico, se ha encontrado en la saliva y en la leche de personas en ayunas una concentración de fluoruro inferior a 0,05 ppm. La ingestión de 0,3 mg. de fluoruro en 300 ml. de agua produce en el individuo un ligero aumento de la cantidad de éste en la saliva; por otra parte, cuando se administra 1,65 mg. de fluoruro, se observa que la cantidad presente en la saliva a los 30 minutos es más alta que en las personas en ayunas. En cambio, la concentración en la leche no experimenta variación a raíz de la ingestión de fluoruro.

#### CONCENTRACION DE FLUORUROS EN LOS TEJIDOS BLANDOS.

La concentración del fluoruro en los tejidos blandos, con excepción de los tendinosos, parece ser del mismo orden de magnitud que en el plasma. Mediante análisis químicos sobre la distribución del fluoruro radioactivo en los tejidos se ha demostrado que los líquidos intracelulares contienen menos fluoruro iónico que los extracelulares. Al

igual que al plasma, el contenido de fluoruro de los tejidos blandos apenas varía cuando aumenta la ingestión del ión fluoruro. Sin embargo, la ingestión de cantidades capaces de producir una intoxicación de fluoruro en los tejidos blandos es mínima.

#### 4.2.2.- DISTRIBUCION DE LOS FLUORUROS EN LOS TEJIDOS DUROS.

El fluoruro posee una notable afinidad por los tejidos duros y se encuentra en todas las muestras de huesos y dientes analizadas. Posiblemente ello se debe a que no existe alimento alguno ni agua natural que no contenga fluoruros, siquiera sea en forma de indicios. Aunque la cantidad de fluoruro ingerido sea muy pequeña, aproximadamente la mitad pasa a los tejidos duros y que da retenida en ellos, mientras que el resto se excreta rápidamente. La proporción de fluoruro retenida en diferentes partes del esqueleto y de los dientes depende de la cantidad ingerida y absorbida por el organismo, de la duración de la exposición al fluoruro y de la localización, el tipo y la actividad metabólica del tejido; de ahí que las concentraciones de fluoruro varíen tanto según los distintos individuos y según los diferentes tipos de estructuras mineralizadas. Aún en los tejidos que aparecen estructuralmente homogéneos, las concentraciones pueden variar notablemente a distancias muy próximas, incluso de vísceras.

## EFFECTO DE LA CANTIDAD INGERIDA.

En todos los tejidos duros y en todas las fases del desarrollo, la concentración de fluoruro depende de la cantidad ingerida.

## HUESOS.

Se ha visto que la relación entre las concentraciones de fluoruro de los distintos huesos de un mismo individuo se mantiene constantemente aun cuando varíen las cantidades de fluoruro ingeridas. Hay la existencia de una distribución bastante constante del fluoruro en los distintos tipos y partes de huesos. Esta relación constante se mantiene siempre que la ingestión de fluoruro no sea demasiado grande, ni dure tanto que produzca alteraciones óseas propias de la fluorosis. La manifestación más patente de esta enfermedad es el desarrollo patológico de exóstosis, cuyas formas y localizaciones son muy variables. En el hombre pueden aparecer cuando se consume durante largo tiempo agua fluorada a concentraciones de 4,8 ppm por lo menos. Cuando aparecen las exóstosis aumenta la incorporación de fluoruro.

## DIENTES.

En los dientes al igual que en los huesos, la concentración de fluoruro está directamente relacionada con la cantidad ingerida. Existe una buena correlación entre las concentraciones encontradas en la dentina y el esmalte, y la concentración del fluoruro en el agua potable. Aunque

igual que el plasma, el contenido de fluoruro de los tejidos blandos apenas varía cuando aumenta la ingestión del ión fluoruro. Sin embargo, la ingestión de cantidades capaces de producir una intoxicación de fluoruro en los tejidos blandos es mínima.

#### 4.2.2.- DISTRIBUCION DE LOS FLUORUROS EN LOS TEJIDOS DUROS.

El fluoruro posee una notable afinidad por los tejidos duros y se encuentra en todas las muestras de huesos y dientes analizadas. Posiblemente ello se debe a que no existe alimento alguno ni agua natural que no contenga fluoruros, siquiera sea en forma de indicios. Aunque la cantidad de fluoruro ingerido sea muy pequeña, aproximadamente la mitad pasa a los tejidos duros y que da retenida en ellos, mientras que el resto se excreta rápidamente. La proporción de fluoruro retenida en diferentes partes del esqueleto y de los dientes depende de la cantidad ingerida y absorbida por el organismo, de la duración de la exposición al fluoruro y de la localización, el tipo y la actividad metabólica del tejido; de ahí que las concentraciones de fluoruro varíen tanto según los distintos individuos y según los diferentes tipos de estructuras mineralizadas. Aún en los tejidos que aparecen estructuralmente homogéneos, las concentraciones pueden variar notablemente a distancias muy próximas, incluso de vísceras.

ción. Este efecto podía atribuirse a una saturación, pero también en parte a una reducción progresiva de la actividad o del crecimiento del hueso causada por el envejecimiento. Sin embargo en personas jóvenes o adultas que se ha administrado previamente fluoruro tienden a absorberlo con menos rapidez cuando se reanuda la administración. Y en la ingestión de cantidades menores, como las que se encuentran normalmente en la alimentación humana y en el caso de dosificaciones prescritas, es muy improbable que se llegue a la saturación. La actividad ósea normal (intercambio iónico, recristalización y reestructuración) asegura una renovación constante del componente mineral del hueso, bien extrayendo el fluoruro de la superficie de los cristales por reintercambio y recristalización o reemplazando el hueso fluorótico por el nuevo formado en el proceso normal de reestructuración.

#### DIENTES.

Tanto en la dentina como en el cemento ocurre algo parecido que en el hueso; cuando se ingieren cantidades pequeñas de fluoruro, el proceso continuo de formación tisular tiende a compensar la saturación.

En el caso del esmalte, la situación es algo diferente. Una vez formado, la actividad celular cesa y la incorporación de fluoruro sólo se produce por mecanismos de intercambio iónico; la penetración de fluoruro en la parte interna del esmalte se encuentra dificultada por la captación química de iones en la parte externa y probablemente también

por la escasa permeabilidad de esta estructura tan calcificada; de ahí el brusco descenso de la concentración de fluoruro entre las zonas externas e internas.

La saturación podría producirse en las superficies de los cristales más externos, aunque esto es sólo una hipótesis. Es posible que el ligero desgaste a que está sometida la superficie del diente sea suficiente para impedirlo. En cualquier caso, no es fácil discernir si la saturación ocurre en la capa más externa. Los análisis químicos sólo dan valores medios de fluoruro y no permiten determinar variaciones del contenido en las superficies cristalinas. Se ha demostrado que en los dientes de tiburón, y probablemente en los de algunos otros peces continuamente expuestos a las elevadas concentraciones de fluoruro del medio marino, el depósito de mineral está constituido casi exclusivamente por fluorapatito (3,8% F). Las capas superficiales del esmalte humano no suelen contener ni siquiera un tercio de esta cantidad.

#### ELIMINACION DEL FLUORURO DE LOS TEJIDOS DUROS.

El fluoruro se pierde con dificultad una vez que se localiza en los tejidos duros. Como a su vez el fluoruro incorporado al esqueleto tras un tratamiento prolongado se elimina con dificultad; por lo que, el fluoruro incorporado a la superficie por intercambio iónico puede eliminarse, pero el que pasa al interior del cristal se pierde con extraordinaria lentitud.

## HUESOS.

Por supuesto, el fluoruro depositado en el esqueleto no permanece indefinidamente en él. El fluoruro esquelético acusa al principio una disminución rápida seguida de una -- pérdida más gradual. El paso del fluoruro de la matriz mineral ósea a los líquidos tisulares por reintercambio con los iones de la capa de hidratación puede explicar la rápida -- pérdida observada inmediatamente después de la incorporación.

Aunque se ha probado que el fluoruro situado en la - superficie de los cristales se elimina con relativa rapidez, no hay pruebas experimentales directas que confirmen la hi-- pótesis. Por tanto, no se puede decir en qué medida el in-- tercambio iónico o a la actividad osteoclástica son respon-- sables de la fase inicial de eliminación. La restructura--- ción ósea por procesos osteoblásticos y osteocclásticos ex--- plica la fase final, más gradual, de la eliminación del --- fluoruro. Una parte del fluoruro quedará enterrada profundamente en el interior de los cristales, como consecuencia -- del crecimiento de éstos y de la yuxtaposición ulterior de tejido neoformado. Aunque este fluoruro no podrá salir de - los cristales minerales por intercambio, si podría ser liberado por reabsorción osteoclástica.

Las determinaciones de la concentración de fluoruro en el hueso y en la orina no dan una indicación directa de la cantidad movilizada, ya que parte del fluoruro liberado puede reincorporarse.

La cantidad total de fluoruro que se deposita en los huesos está relacionada con la cantidad ingerida. Mientras esta última permanece constantemente, cualquier posible incorporación que se produzca se verá compensada por la eliminación de parte del fluoruro ya incorporado. Esto significa que se almacena suficiente fluoruro para alcanzar un estado de equilibrio, lo cual parece confirmar que la concentración ósea de fluoruro aumenta con la edad hasta un punto de equilibrio, tras el cual no se produce ningún aumento más de esta concentración.

#### DIENTES.

La concentración de fluoruro en la dentina coronal de los dientes temporales aumenta con la edad hasta alcanzar un valor máximo, descendiendo después regularmente al iniciarse el proceso de reabsorción que precede a la caída de esos dientes. Esta disminución parece deberse por completo a la eliminación osteoclástica de la dentina rica en fluoruro de la superficie pulpar.

Apenas hay datos sobre la labilidad del fluoruro del esmalte. El fluoruro almacenado en las partes internas está sin duda firmemente incorporado, pero el situado en la superficie del diente quizá no lo esté tanto: parte de él puede perderse por intercambio con los iones presentes en la salida e incluso por la abrasión y el desgaste causados por la masticación. Es probable que a lo largo de la vida se pierdan algunas micras de tejido de la superficie del es

malte, junto con el fluoruro incorporado, lo cual explicaría la pobreza en fluoruro de la cara labial de algunos incisivos de personas de más de cincuenta años.

En resumen, para explicar la eliminación de fluoruro de los tejidos duros se han considerado tres mecanismos: reintercambio con iones presentes en los líquidos tisulares, reabsorción del tejido y abrasión mecánica. Es difícil imaginar que el intercambio iónico pueda ser la causa de una pérdida grande de fluoruro, ya que iría en contra de la acumulación superficial de este elemento, hecho que está perfectamente demostrado. En cambio, se sabe con certeza que la reabsorción produce una considerable eliminación de fluoruro. En cuanto a la actividad ósea, hasta que no se disponga de más información no se podrá saber si es o no el único factor que interviene en la eliminación.

#### EFECTO DE LA EDAD SOBRE LA ACUMULACION DEL FLUORURO

Las determinaciones practicadas en los huesos y los dientes revelan que unos y otros tienden a acumular fluoruro con la edad. Siempre que la cantidad ingerida no disminuya, el balance entre la incorporación y la eliminación es claramente favorable a la primera.

#### HUESOS.

Es indudable que la concentración del fluoruro en el hueso aumenta con el transcurso del tiempo. Aunque se ha demostrado que el contenido de fluoruro del esqueleto huma-

no aumenta con la edad y con la ingestión de ese ión, todavía no se sabe con seguridad si existe un tope o límite máximo de la concentración de fluoruro en los huesos, excepto, quizá en los casos excepcionales en los que la ingestión de fluoruro produce una franca osteofluorosis. Gran parte del fluoruro presente en los huesos que contienen grandes cantidades de ese ión se retiene durante mucho tiempo después de suspender la alimentación rica en fluoruro. Es posible, sin embargo, que esta retención persistente se debe a la reabsorción seguida de redistribución en la misma estructura ósea.

#### DIENTES.

El cemento, al igual que el hueso, absorben cantidades elevadas de fluoruro; sin embargo, no se dispone de datos sobre las variaciones de la concentración del fluoruro con la edad.

Las concentraciones de fluoruro en la dentina y el esmalte son considerablemente inferiores a las que se observan en los huesos de un mismo individuo. Durante los primeros años de vida del diente se observa un aumento relativamente rápido de la concentración de fluoruro, pero la acumulación disminuye gradualmente a medida que el individuo envejece.

Cuando el diente está totalmente formado, el fluoruro se incorpora principalmente a la superficie del teji-

do. No se han especificado los datos sobre las variaciones cronológicas de la concentración de fluoruro de la superficie pulpar de los dientes permanentes. Como la dentina secundaria parece captar el fluoruro más fácilmente que la primaria, las variaciones de la concentración del fluoruro en la superficie pulpar depende probablemente en parte a la rapidez de formación y a la cantidad de dentina secundaria.

Por lo que parece natural que la concentración del fluoruro en las partes externas aumente en proporción con la cantidad ingerida y con la edad.

Tampoco se conoce con precisión la medida en que el fluoruro se acumula en los huesos y dientes en función de la edad ni los factores que rigen esa acumulación.

#### 4.2.3.- DISTRIBUCION EN LA PLACENTA Y EN EL FETO.

La placenta es el órgano a través del cual se efectúan los intercambios de productos gaseosos, nutritivos y de excreción entre los tejidos maternos y fetales. El tejido de la placenta es permeable; incluso para ciertos compuestos del elevado peso molecular como las gammaglobulinas, pero en general existe una proporción inversa entre el peso molecular de las sustancias y su capacidad para atravesar la placenta. Aún no se conoce con certeza el mecanismo del intercambio placentario; según la teoría de la ultrafiltración, la placenta actúa como una membrana inerte semiper-

meable, mientras que la teoría de la función vital postula un mecanismo preformado que regularía un proceso de secreción. Las características fisiológicas de la placenta no son iguales en todas las especies animales.

Los estudios sobre el paso transplacentario del fluoruro se iniciaron a raíz de la demostración de la influencia de éste sobre la mineralización de los dientes y sobre la resistencia a la caries dental.

La transferencia placentaria del fluoruro se produce en ciertas condiciones fisiológicas en el hombre. Es necesario que exista cierta cantidad de fluoruro en el agua o en los alimentos de las mujeres embarazadas para que aparezca una cantidad apreciable del mismo en el recién nacido. Y la concentración máxima de fluoruro se encuentra en el esqueleto y estructuras dentarias, mientras que los tejidos blandos, a excepción de la placenta y del riñón, son muy pobres en este ión.

Hay discrepancias respecto a la extensión del intercambio placentario en el hombre. Se han establecido ciertas relaciones entre la ingestión diaria de fluoruro por las embarazadas y la concentración de éste en la sangre materna, el tejido placentario y la sangre del recién nacido. Se han observado que los valores de fluoruro en la sangre y en el tejido placentario de las embarazadas eran más altos en una zona cuya agua potable contenía 1 ppm de fluoruro y

en otras abastecida con agua no fluorada, el tejido placentario contiene mucho más fluoruro que la sangre fetal tanto en las mujeres que consumen agua fluorada o comprimidos de fluoruro como en las que beben agua extensa de ese ión; comparando las concentraciones de fluoruro en el tejido placentario, la sangre materna y la sangre fetal en mujeres que beben agua fluorada y mujeres que reciben un suplemento de fluoruro en la leche, se encuentra una concentración de fluoruro más alta en la sangre materna y en el tejido placentario, mientras que en la sangre fetal sólo se encuentra ligeramente aumentada. Lo que indica que el fluoruro se acumula en el tejido placentario, que puede actuar como una barrera parcial para proteger el feto contra la concentración tóxica de fluoruro, la concentración de fluoruro es la misma en la sangre materna y fetal y el aumento consecutivo a la ingestión de suplementos de fluoruro también es idéntico en ambas, lo que implica que la placenta permite pasivamente la transferencia de fluoruro al feto.

Cuando la ingestión de fluoruro es baja (agua potable con 0,1 ppm de fluor), la concentración del mismo en el tejido placentario es inferior a las concentraciones en las sangres materna y fetal, lo que indica que el paso del fluoruro de la sangre materna a la fetal sólo está ligeramente dificultado. En cambio, cuando la ingestión de fluoruro es elevada (agua potable con 1 ppm de Flúor o administración de comprimidos de fluoruro), las concentraciones de éste en el tejido placentario y en la sangre materna son supe

riores a la concentración en la sangre fetal. Esta permeabilidad limitada de la placenta ante una mayor concentración de fluoruro hace pensar que la placenta interviene en la -- transferencia de fluoruro de la madre al feto.

Para interpretar los valores del fluoruro placentario y el plasmático hay que tener en cuenta las dificultades microanalíticas de la determinación y las alteraciones degenerativas que ocurren en la placenta al final del embarazo. La placenta a término presenta zonas calcificadas que retienen fluoruro y que reducen así la cantidad de éste que llega al feto.

El fluoruro que pasa a la circulación fetal se fija en los huesos y dientes del feto en vía de calcificación, probablemente en forma de fluorapatito.

El contenido de fluoruro de los huesos y dientes, suele aumentar a medida que avanza la edad del feto a causa del efecto prolongado del intercambio y de los procesos de incorporación.

Las diferencias del contenido de fluoruro de los tejidos óseos fetales procedentes de regiones de agua poco, moderadamente y fuertemente fluoradas se deben probablemente a las variaciones de la concentración de fluoruro en la sangre fetal, de la que toman el fluoruro los cristales minerales recién formados. La similitud de los valores de -

fluoruro en la sangre fetal con ingestión baja, media y elevada de fluoruro pueden deberse a la rápida desaparición del fluoruro de la sangre del feto durante la mineralización del esqueleto del feto. También se han encontrado pequeñas diferencias de la concentración plasmática de fluoruro en adultos de (0,1-2,5 ppm). La concentración de fluoruro en los huesos y dientes de fetos procedentes de zonas de aguas potables con un contenido de fluoruro moderado o alto, tanto natural como artificial, no difiere mucho, lo que confirma la permeabilidad limitada de la placenta de la mujer ante un aumento de la ingestión de fluoruro. Otra prueba de esta permeabilidad limitada es el hecho de que no se encuentre esmalte moteado, en las regiones con fluorosis endémica, en los incisivos temporales, que como es sabido se calcifican casi por completo en el período prenatal.

En cuanto al contenido de fluoruro de los diferentes tejidos duros del feto, a igualdad de edad el fémur suele contener más que el maxilar inferior o los dientes. Las variaciones de la distribución de fluoruro en diversos huesos se han atribuido a las diferencias de vascularización y de velocidad de crecimiento, que quizás también influyen en las características de la acumulación del fluoruro en los huesos y dientes del feto.

#### 4.3.- EXCRECION DE LOS FLUORÜROS.

El fluoruro, además de su típico osteoporismo, --

constituyen excelente ejemplo de elemento acumulativo por las características de su disposición en el hueso. Como la exposición prolongada y excesiva al fluoruro no sólo se traduce por la aparición de grandes concentraciones de fluoruro en el sistema óseo sino también por ciertos efectos nocivos características (fluorosis incapacitante), el problema de la eliminación es de extraordinaria importancia.

El fluoruro se excreta en la orina, la piel descamada, el sudor y las heces. También se encuentran pequeñas cantidades de fluoruro en la leche, la saliva, el cabello y probablemente en las lágrimas. No parece que se exhale con el aliento, si bien en este aspecto se carece de datos definitivos.

Su principal vía de excreción es la urinaria. La cuantía de la excreción, que se realiza con sorprendente rapidez y que en general refleja la ingestión diaria de fluoruro, está gobernada por otros factores, algunos de los cuales son conocidos como:

- La ingestión total.
- La forma de esta ingestión.
- El carácter regular o accidental de la exposición del individuo al fluoruro.
- El estado de salud del individuo, sobre todo en lo que se refiere a enfermedades renales avanzadas.

#### 4.3.1.- VIAS DE EXCRECION DISTINTAS A LA URINARIA.

##### EXCRECION FECAL.

Aproximadamente el 10% de la excreción diaria de fluoruro se realiza por las heces.

La excreción fecal de las personas que se alimentan normalmente y consumen agua no fluorada es, en general, inferior a 0,2 mg. (entre 0,01-0,5 mg.) diarios. Si la alimentación contiene compuestos de flúor relativamente insolubles (harina de huesos, criolita, sales cálcicas insolubles) o compuestos que precipitan al fluoruro de su disolución (sales de calcio o de aluminio), la excreción fecal puede ser considerablemente mayor, llegando hasta el 30% o más del fluoruro total ingerido.

Parte del fluoruro fecal está constituido casi con certeza por fluoruro insoluble e inabsorbido. La absorción de los fluoruros insolubles aumenta en razón inversa al tamaño de sus partículas; así, por ejemplo, en el caso del polvo de roca fosfática, cuya solubilidad es muy pequeña, sólo aparece en las heces el 13-19% del fluoruro total ingerido en la forma finamente pulverizada que suele utilizarse en las fábricas de abonos. Otra parte del fluoruro fecal corresponde probablemente al fluoruro que ha sido absorbido y reexcretado en los jugos gástricos e intestinales. La reexcreción en el intestino explica probablemente el exceso de fluoruro fecal que se encuentra tras la inhalación

de fluoruro de hidrógeno (HF). Entre los individuos que inhalan entre 1 y 5 ppm de HF en el aire la concentración de fluoruro en las heces aumenta de 3 a 10 veces.

La excreción fecal oscila entre 0,03 y 0,12 mg. cuando la ingestión de fluoruro es de 0,4-0,5 mg. y entre 0,19 y 0,33 mg. cuando la cantidad de fluoruro ingerido (en forma de solución Na F o  $\text{Ca F}_2$ ) varía entre 4 y 19 mg., con excreción fecal comprendida entre 0,09 y 0,15 mg. diarios o incluso menor cuando el agua potable contiene hasta 6 ppm de fluoruro, pero aumenta cuando el contenido va de 8 a 20 ppm.

#### EXCRECION POR EL SUDOR.

El organismo pierde por el sudor cierta cantidad de fluoruro que puede llegar a ser apreciable en el caso de transpiración excesiva.

Así, mientras que en un ambiente confortable la pérdida diaria del fluoruro por el sudor es probablemente insignificante, en individuos sometidos a una temperatura ambiente de 30°C aproximadamente y a una humedad relativa del 50% el fluoruro eliminado con el sudor representable aproximadamente el 25% de la excreción diaria total. En los climas cálidos y húmedos, se encuentra en el sudor hasta el 46% del fluoruro ingerido; al ingerir de 0,4-0,5 mg. de fluoruro diarios contienen de 0,02 a 0,06 mg. de fluoruro. Se observa que a veces la excreción de fluoruro por el sudor se iguala casi a la excreción urinaria, se estima que cuando la sudora

ción es intensa "se elimina por el sudor hasta el 50% del fluoruro total excretado". Las variaciones individuales pueden ser considerables. Las concentraciones del fluoruro en el sudor pueden ser mayores que en el plasma. En individuos que ingieren cantidades normales de fluoruro, las concentraciones en el sudor oscilaban entre 0,3-0,7 ppm; estos valores son superiores a las concentraciones plasmáticas normales de 0,1-0,2 ppm.

En cierta medida se puede considerar que la sudoración es un medio de autorregulación del balance de fluoruro cuando los cambios climáticos hacen variar considerablemente la ingestión de fluoruro a partir del agua potable.

#### EXCRECIÓN POR LA LECHE.

El fluoruro es un componente natural de la leche humana. Su concentración varía entre menos de 0,1 ppm y 0,2 ppm, es decir, es casi igual a la que se encuentra en el plasma. La excreción láctea del fluoruro ingerido, por consiguiente, es prácticamente despreciable. Las concentraciones elevadas de fluoruro en el agua potable o la ingestión de un suplemento de fluoruro pueden determinar un aumento de la concentración de éste en la leche de las mujeres lactantes, aumento que puede ser de un 15-40% si se administra un suplemento diario de 5 mg. de fluoruro. Del mismo modo que las concentraciones en el plasma apenas se elevan cuando aumenta la concentración de fluoruro en el agua potable.

En la grasa y en la fracción albuminoglubilínica de la leche sólo se encuentran indicios de fluoruro, mientras que la caseína contiene aproximadamente la cuarta parte del fluoruro presente en la leche entera. El fluoruro de la leche no es totalmente difusible.

La absorción del fluoruro administrado con la leche es más lenta que a del ingerido con el agua, pero no por ello es menos completa. Es admisible pues el uso de la leche como vehículo del fluoruro en caso de no poderse fluorar el agua potable.

#### EXCRECION POR LA SALIVA.

Sólo una cantidad insignificante del fluoruro ingerido se excreta por la saliva.

En la saliva se encuentra menos del 1% de la actividad del fluoruro radioactivo ingerido. Las concentraciones normales de fluoruro en la saliva son probablemente muy semejantes a las que se encuentra en la sangre.

Entre la saliva estimulada por flúor y la normal no se encuentra diferencias apreciables en lo que se refiere a la excreción de fluoruro, pese a que la segrega con mucha más rapidez que la segunda. Las concentraciones salivares de flúor oscilan entre 0,04 y 0,05 ppm (valores medios de 0,1 a 0,2 ppm); sea cual sea la concentración de flúor en el agua potable, al menos mientras no pase de 1,8 ppm.

La velocidad de secreción y la capacidad amortiguadora de la saliva aumenta ligeramente tras la ingestión de 5-10 mg. de fluoruro.

La distribución y las reacciones del ión fluoruro en el medio esmalte-saliva, se observa que el fluoruro se difunde prácticamente por toda la saliva y no se combina con los compuestos orgánicos ni se precipita. Las pequeñas cantidades de fluoruro presentes en la saliva no desempeñan un papel importante en la acumulación del fluoruro sobre el esmalte superficial, aunque no por ello se debe menospreciar los efectos a largo plazo de la acción continua del flujo salival sobre el esmalte.

En cuanto a la posibilidad de que el fluoruro se incorpore al sarro dental durante la precipitación de éste, cabe señalar que las concentraciones medias de fluoruro encontradas en la saliva de las personas con sarro y sin sarro son similares (0,18 y 0,16 ppm, respectivamente) y no se ha observado ninguna tendencia a la formación de sarro en las personas cuya saliva contiene mucho fluoruro.

#### 4.3.2.- EXCRECION URINARIA.

##### INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DE INGESTION DEL FLUORURO.

Se considera que la concentración de fluoruro en la orina es uno de los mejores índices de la ingestión de ese ión. Para analizar la importancia de la concentración

urinaria es conveniente distinguir por lo menos dos grupos de individuos basándose en las condiciones en que ingieren el fluoruro.

1.- Individuos con ingestión normal contante. La concentración urinaria y las concentraciones óseas de fluoruro tienden a alcanzar, al menos superficialmente, un estado de equilibrio. En la mayoría de estos individuos la concentración urinaria de fluoruro suele ser baja.

Ciertos grupos, sin embargo, están extraordinariamente expuestos al fluoruro por diversas razones; exposición laboral, presencia de fuertes concentraciones de flúor en el agua potable o consumo excesivo de agua motivado por la elevada temperatura ambiente, etc. En estos grupos se encuentran concentraciones urinarias mucho más altas, pero es de suponer que también acaban por alcanzar un estado de equilibrio.

2.- Individuos que a intervalos irregulares sufren una exposición al fluoruro breve pero intensa. Estos sujetos se mantienen "relativamente inexpuestos" en el sentido de que sus tejidos óseos no están en absoluto saturados. En los períodos transitorios en que la ingestión de fluoruro es anormalmente elevada, los rápidos procesos de distribución y excreción del fluoruro a) depositan aproximadamente la mitad del exceso de éste en el sistema óseo y b) eliminan del organismo el resto por la orina.

## MECANISMO DE LA EXCRECION URINARIA

La extraordinaria rapidez con que se elimina el fluoruro se manifiesta claramente en el hecho de que un miligramo de fluoruro, consumido, absorbido y distribuido en la reserva halogenada normal del organismo (100 a 150 grs. de cloruro), es filtrado por el riñón de un modo tan expeditivo que aproximadamente la tercera parte aparece en la orina en las cuatro horas siguientes a la ingestión. No parece ser necesario buscar un mecanismo especial de excreción se demuestra que la depuración renal puede explicar por sí sola la celeridad con que aparece en la orina una proporción apreciable de una pequeña dosis oral.

Por consiguiente, la rapidez de la excreción urinaria de fluoruro, puede explicarse por la acción de los mecanismos renales normales sin necesidad de pensar en una secreción tubular. Y la eliminación del fluoruro de la circulación se hace por filtración glomerular y que la rapidez de su excreción puede atribuirse a una reabsorción tubular menos eficaz.

## LA EXCRECION DE FLUORURO EN LAS NEFROPATIAS.

Se han observado que las mujeres de edad avanzada sin ninguna enfermedad renal emiten una orina con la misma concentración de fluoruro que las mujeres más jóvenes y premenopáusicas.

La concentración urinaria de fluoruro tiende a --

disminuir en la insuficiencia renal. Las determinaciones de fluoruro en los huesos de enfermos con nefropatías crónicas, se encontraron concentraciones elevadas de fluoruro en el tejido óseo.

Cuando existe una disfunción renal que frena y reduce la excreción urinaria de fluoruro, el fluoruro absorbido permanece más tiempo en la sangre y, en consecuencia, tiende más a depositarse en el hueso. En los pacientes en los que la eliminación del agua está reducida, la disminución de la concentración urinaria de flúor puede o no deberse a la menor excreción de fluoruro.

Por lo que, las nefropatías y lesiones renales de poca gravedad, no parecen reducir apreciablemente la excreción urinaria de fluoruro.

#### EXCRECIÓN DE FLUOR EN EL EMBARAZO.

Poco antes del parto las concentraciones del fluoruro en la sangre y en la saliva maternas parecen ser más bajas que las encontradas en la sangre de mujeres no embarazadas y en la saliva de las mismas mujeres en el cuarto mes de gestación. El contenido de fluoruro de la orina es también más bajo poco antes del parto que en los pocos días de éste; la concentración urinaria de fluoruro después del parto es casi la misma en las mujeres lactantes y en las no lactantes. El depósito adicional de fluoruro se debe, probablemente, a que el sistema óseo materno es más receptivo a

causa de las alteraciones óseas de carácter hormonal que se producen normalmente antes del parto. Se calcula que la cantidad total de fluoruro depositado desde el quinto al noveno mes del embarazo asciende a 30 mg., a juzgar por las variaciones de la concentración urinaria de fluoruro. Suponiendo que el mineral óseo de la madre pese 3000 g, estos 30 mg. sólo aumentarán la concentración ósea de fluoruro en 10 ppm, aumento que resulta casi imperceptible. Asimismo, si admitimos que la concentración normal de fluoruro en el sistema óseo de un adulto joven es de unas 750 ppm. Cuando el agua potable contiene 0,5 ppm, su esqueleto contendrá aproximadamente 2 g. de fluoruro en cuyo caso la adición de 30 mg. solamente supone un aumento del 1,5%. No es probable que este depósito adicional de fluoruro influya gran cosa en la calcificación del sistema óseo del feto. Un feto de 3000 g. puede tener 30 g. de mineral óseo y, como el hueso del recién nacido contiene normalmente de 50 a 100 ppm. de fluoruro, no llegaría a 3 mg. la cantidad de fluoruro presente en mineral óseo fetal.

#### MOVILIZACION DEL FLUORURO DE LOS DEPOSITOS OSEOS.

El depósito de fluoruro en el esqueleto humano no es un proceso irreversible. Si una persona que reside en una población con un agua potable muy rica en fluoruro; por ejemplo, 8 ppm se traslada a otra cuya agua potable está poco fluorada, durante algún tiempo eliminará por la orina un exceso de fluoruro. Cuando un obrero que ha estado expuesto a concentraciones elevadas de fluoruro en el polvo

y que ha almacenado gran cantidad de fluoruro en su esqueleto abandona su empleo, en su orina aparecen grandes concentraciones de fluoruro durante años. El proceso de movilización de fluoruro óseo, implica probablemente la pérdida de fluoruro tanto de la superficie como del interior de los cristales del mineral óseo. Cuando la concentración de fluoruro en el plasma y en los líquidos extracelulares disminuye, el fluoruro intercambiable de la superficie cristalina es reemplazado por iones oxihidrilo y pasa a la circulación para ser eliminado por la orina. Durante el proceso constante de reestructuración osteoblástica - osteoclástica del esqueleto humano, las osteonas se destruyen y todo el mineral de los cristales que quedan disueltos entra en la circulación. Todo el fluoruro de estos cristales, inclusive el situado en la parte interna de la matriz cristalina, puede pasar al líquido extracelular y ser excretado o redepositado en las superficies cristalinas.

En el caso de la excreción urinaria de fluoruro - en niños y adultos antes y después de que se redujera la concentración del fluoruro en el agua de abastecimiento público desde 8 ppm a 1,0-1,5 ppm.

La excreción urinaria de fluoruro disminuye en unos y otros, pero más lentamente en los niños, posiblemente porque el esqueleto de éstos es más accesible a la circulación y, en consecuencia, dispone de más tiempo para el intercambio y demás reacciones destinadas a restablecer el equilibrio.

**EXCRECIJN DE FLUOR EN LAS OSTEOPATIAS.**

Apenas se dispone de datos sobre la eliminación urinaria de fluoruro en las osteopatías. En los enfermos con una fluorosis incapacitante o una osteoclerosis producida por el fluoruro, se ha observado que la concentración urinaria de fluoruro se mantiene anormalmente elevada durante mucho tiempo después de cesar la exposición al fluoruro.

## 5.- EFECTOS FISIOLÓGICOS DEL FLUOR, POR DOSIFICACION.

### 5.1.- EFECTOS SOBRE TEJIDOS BLANDOS Y HUMORES ORGÁNICOS.

Hay por lo menos dos mecanismos que contribuyen eficazmente a mantener baja la concentración de fluoruro en los líquidos orgánicos y en los tejidos blandos: la excreción rápida y eficaz del fluoruro por el riñón y la gran avidez de las estructuras calcificadas por el fluoruro. De este modo, el fluoruro ingerido en bajas concentraciones durante largo tiempo por el hombre se elimina por la orina o queda "secuestrado" sin riesgo alguno por los tejidos óseos y dentales. Los líquidos orgánicos humanos (sangre, leche y saliva) contiene 0,1-0,2 ppm de fluoruro y estas concentraciones apenas se modifican por las ingestiones de hasta 4 ppm. de fluoruro en el agua potable. Los tejidos blandos, como el corazón, el hígado, el pulmón, y el bazo, contienen menos de 1 ppm. (peso en fresco). El riñón y la aorta presentan concentraciones más elevadas de fluoruro, probablemente en el primero por la presencia de orina filtrada concentrada en los túbulos, y en la segunda por la existencia de zonas de calcificación en relación con la edad. No hay pruebas de que el fluoruro ingerido a la concentración de 1 ppm. en el agua ejerza ninguna influencia sobre el metabolismo intermediario de los alimentos, la utilización de las vitaminas enzimáticas ni la actividad enzimática y hormonal.

(4)

(4) P. Adler, W. D. Armstrong, Muriel E. Bell, op. cit. pp. 165 y 188.

## 5.2.- EFECTOS SOBRE EL SISTEMA OSEO.

El fluoruro es el único ión que continúa depositándose en las estructuras calcificadas cuando los otros componentes del hueso han alcanzado ya un estado de equilibrio. Los principales elementos constitutivos del hueso, calcio, fósforo magnesio, carbonato y citrato alcanzan pronto su concentración máxima y a partir de entonces se mantiene prácticamente constante, incluso tras la administración de grandes cantidades del ión flúor.

Los efectos fisiológicos sobre el esqueleto del fluoruro ingerido con el agua son el resultado de su acción sobre la química, la morfología, la histopatología, la densidad a los rayos "X" y la integridad a la estructura de las fases orgánica e inorgánica del hueso. Además, el efecto conjunto de la reestructuración ósea y del depósito y la movilización del fluoruro óseo puede influir también sobre la fisiología del hueso tras la exposición al fluoruro. Como después se indicará, los diversos parámetros mencionados no interfieren en la fisiología normal del esqueleto en las personas que ingieren agua que contiene hasta 4,0 ppm. de fluoruro, e incluso hasta 8 ppm.

### 5.2.1.- EFECTOS SOBRE LA QUIMICA DEL HUESO.

La calcificación del hueso está precedida por un proceso de nucleación en el depósito inicial del calcio y -

del fósforo sobre la matriz orgánica fundamental, el colágeno, destinado a formar la fase mineral conocida genéricamente por hidroxiapatito o  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Los hidroxilos de cualquier cristal de apatito presente en las estructuras calcificadas pueden ser sustituidos parcial o completamente por el fluoruro isomorfo, de modo que es posible encontrar cristales mixtos de hidroxiapatito y fluorapatito. Como, — además, el hidroxiapatito parece disponer a lo largo de las fibras de colágeno, que actuarían como una especie de modelo o molde para el depósito de mineral, importa estudiar — los diversos factores que pueden alterar el carácter o la estructura del colágeno e, indirectamente, perturban el proceso de nucleación y el depósito subsiguiente de mineral.

#### 5.2.1.1.- COMPONENTES INORGANICOS.

El contenido de cenizas, fluoruro, calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio y carbonato de individuos expuestos a un agua potable que contenga de 1,0 a 3,0 ppm. de fluoruro durante un período de 10-27 años.

Las concentraciones medias de fluoruro óseo de — hasta 0,8% no alteraron el contenido de calcio, fósforo y — potasio en las cenizas. El sodio disminuye al aumentar el — fluoruro. El carbonato disminuye en un 10% y el magnesio au — menta 15%.

### 5.2.1.2.- COMPONENTES ORGANICOS.

Los efectos del fluoruro en la renovación de los mucopolisacáridos del colágeno; se encuentra que no hay variaciones del colágeno total, con excepción de enfermos con síndrome de reabsorción ósea, expuestos a dosis constantes durante años, se reduce la síntesis de colágeno.

### 5.2.2.- FUNCION ESENCIAL DEL FLUORURO EN LA CALCIFICACION.

Todos los tejidos óseos y dentales contienen fluoruro. Además, se sugiere que el fluoruro puede ser necesario para conversión de los fosfatos cálcicos iniciables metaestables en fluorapatita, el más estable de los apatitos. La formación de hueso con un componente mineral de estructura o estructuras apatíticas no será posible en condiciones biológicas sin la presencia de pequeñas cantidades de fluoruro.

El hidroxiapatito y la matriz orgánica pueden estar firmemente unidos entre sí por enlaces de hidrógeno entre los nitrógenos y los carbonilos de los aminoácidos y los hidroxilos de apatito. Y, lo que es más importante, se estima que la firmeza de los enlaces de hidrógeno aumenta cuando el fluoruro sustituye al hidroxilo, porque se obtiene una estructura más estable.

### 5.3.- MECANISMOS DE LOS EFECTOS DEL FLUOR EN LA BOCA.

La concentración de fluoruro en los tejidos dentales presenta características semejantes a la del hueso. La edad del sujeto y la ingestión de fluoruro con los alimentos y la bebida son los dos factores principales; sin embargo, en el esmalte, que carece de células y de circulación, la incorporación de fluoruro cesa después de los treinta años de edad aproximadamente. La concentración de fluoruro es menor en los dientes temporales que en los permanentes formados en las mismas condiciones.

A semejanza de lo que ocurre en el hueso, la distribución del fluoruro en el diente no es uniforme. Las concentraciones de fluoruro en las capas exteriores del esmalte son cinco a diez veces mayores que en las internas. Esto se debe, a que las capas externas están en contacto con los líquidos tisulares durante más tiempo (después de la formación y antes de la erupción) que las internas, y también al contacto del esmalte externo con la saliva. La dentina secundaria, que se forma lentamente en el curso de la vida y tiene un contacto relativamente prolongado con los líquidos de la pulpa, tiene una mayor concentración de fluoruro que la dentina primaria, que se forma más rápidamente. El aumento de la concentración de fluoruro de la dentina con la edad se debe en parte al aumento de la concentración en la dentina primaria y en parte a que la proporción de dentina secundaria en el diente aumenta con la edad.

### 5.3.1.- MODO DE ACCION DEL FLUORURO EN LA CARIES DENTAL.

Las dos teorías sobre el modo de acción del fluoruro que han suscitado más interés son: a) que el fluoruro reduce la solubilidad del esmalte en medio ácido, y b) que el fluoruro inhibe las enzimas bacterianas productoras de los ácidos que se supone atacan al esmalte en la caries. -- Otras teorías, como: que el fluoruro afecta la matriz proteínica del esmalte y que influye sobre la forma del diente. Es posible, y probable, que el fluoruro actúe de diversas maneras. Así como también hay que tener en cuenta la posible existencia de otros mecanismos aún desconocidos.

### 5.3.2.- REDUCCION DE LA SOLUBILIDAD DEL ESMALTE.

No hay duda, de que el fluoruro puede reducir la solubilidad del esmalte cuando se encuentra en el propio esmalte. El problema práctico recide en saber si la ingestión de fluoruro a las concentraciones eficaces para prevenir la caries (1 ppm o menos en el agua) produce diferencias suficientemente grandes en la concentración de fluoruro en el esmalte o en los líquidos orales para modificarse la solubilidad.

El fluoruro actúa reduciendo la solubilidad del esmalte, aunque no son decisivos desde el momento en que no se puede saber si las diferencias pequeñas, pueden influir en la caries dental. La presencia de fluoruro en la placa dental, cuya concentración de fluoruro depende de la del agua potable, puede reducir la capacidad del ácido formado por las bacterias para disolver el esmalte.

El fluoruro se une más fácilmente al esmalte alterado por la caries incipiente que al esmalte normal. La solubilidad del esmalte al poco tiempo de iniciarse la caries en los dientes, en personas en que el fluoruro reduce la incidencia de la caries; por lo que, el fluoruro debe actuar gracias a alguna propiedad que le es propia y que no comparte con otras sustancias.

El diente si se trata, con soluciones ácidas el esmalte se ablanda y se descalcifica, pero si a continuación se trata con una solución que contenga fosfato cálcico y iones fluoruro, se produce un nuevo endurecimiento a raíz de la precipitación de fosfato cálcico sobre la superficie del esmalte. Si esto ocurre, el proceso de la caries puede concebirse como una sucesión de breves períodos de descalcificación consecutivos a la fase de producción rápida de ácido suscitada por la ingestión de hidratos de carbono, y que alternarían con períodos de precipitación de fosfato cálcico. La concentración del fluoruro en la solución determinaría la proporción de fluoruro presente en el esmalte y ésta influiría en la solubilidad, aunque indirectamente.

Es dudoso que el aumento muy pequeño o intermitente de la concentración de fluoruro en el plasma, causado por la ingestión de las bajas concentraciones de fluoruro que bastan para prevenir la caries, pueda modificar la forma cristalina del esmalte en desarrollo. Es más probable --

que este efecto tenga importancia en presencia de las concentraciones mucho mayores de fluoruro que existen en la placa dental y en la proximidad de los cristales que se disuelven y vuelven a precipitar en la caries.

Es evidente que, aunque los hechos corroboran en general, la teoría de la solubilidad, todavía está sujeto a controversia el mecanismo por el que el fluoruro reduce la solubilidad.

### 5.3.3.- PRODUCCION DE MAYOR CRISTALINIDAD.

Los cristales de hidroxiapatita del esmalte dental son típicamente pequeños, contienen varias impurezas y dan un patrón de difracción de rayos "X" característico. Los análisis de rayos "X" demuestran que la presencia de iones flúor, aún en concentraciones pequeñas, aumenta eficazmente la cristalinidad de hidroxiapatita, ingieren diferentes cantidades de fluoruro, hay una concentración de fluoruro mucho más alta y una solubilidad menor en el esmalte de los dientes "altamente fluorados".

El mecanismo por el cual se reduce la propensión a la caries en los dientes ya erupcionados que se encuentran por primera vez en contacto con el fluoruro. Se debe esto a que se forma una cavidad inicial, el esmalte se hace probablemente más permeable y esta mayor permeabilidad facilita el acceso y la incorporación del fluoruro al esmalte -

que subsiste. La disminución de la solubilidad en esta etapa da lugar a un desarrollo más lento de la cavidad cariosa. La solubilidad del fluorapatito, se debe a que, al disolverse el fluorapatito, los iones fluoruro y calcio liberados precipitan formando una capa impermeable de fluoruro cálcico sobre las superficies de los cristales no disueltos, impidiendo el contacto de la solución con los cristales y la salida de los iones disueltos.

Cuando se forman los cristales de apatito en presencia de concentraciones de fluoruro mayores que las habituales, el contenido de carbono de los cristales disminuye y, en consecuencia, la solubilidad se reduce. En la presencia de bajas concentraciones de carbonato en el esmalte, hay una menor solubilidad y una gran resistencia a la caries, ya que hay relación directa entre el carbonato y el fluoruro del esmalte.

Los cristales grandes, bien formados y exentos de defectos se disuelven con menos facilidad que los cristales pequeños con muchas imperfecciones, pues las altas concentraciones de fluoruro en un medio en el que está cristalizando el apatito aumenta la "cristalinidad", ejerciendo efecto contrario al anhídrido carbónico.

El metabolismo y la reestructuración óseas duran toda la vida y, en consecuencia, el fluoruro influye mucho más sobre el hueso que sobre el esmalte, el cual, exceptuando su superficie externa, se encuentra en un medio en el --

que los cambios son mínimos. A menos que el esmalte reciba una dosis suficiente de fluoruro durante su formación, y constante, es improbable que pueda ser influenciado de la misma forma que el hueso.

Además del fluoruro, otras sustancias reducen la solubilidad de la explicación atómica del papel de los fluoruros en mejorar la cristalinidad de la estructura de la apatita se basa en la "teoría vacía" que se refiere a la asociación de los iones hidroxilos con los iones de calcio en la celda unitaria. (Para propósitos de simplificación, generalmente se describe la hidroxiapatita en términos de celda unitaria; más de 500,000 de éstas forman un cristal de esmalte).

En las celdas unitarias, 6 a 10 iones de calcio se asocian con los grupos hidroxilo. Se les conoce como iones de calcio en forma de tirabuzón y se acomodan en triángulos en una columna, uno encima del otro.

La geometría de éstos triángulos no permite a los iones de hidroxilo colocarse en el mismo plano que los iones de calcio. Todos deben colocarse arriba de los iones de calcio o por debajo de ellos para que el cristal se mantenga estable. Si en algún momento se desordenan los iones de hidroxilo, dos grupos de hidroxilo se alargan entre sí, se acercan mucho (interferencia estérica) y falta un ión de hidroxilo en cada punta, creando un vacío.

Los iones de fluoruro son capaces de llenar esos vacíos ocasionales. Caben perfectamente en el centro de los triángulos de calcio, en el mismo plano que los iones de calcio.

Pequeñas cantidades de iones de fluoruro, que sustituyen iones de hidroxilo faltantes, pueden estabilizar eficazmente la estructura del cristal dando uniones adicionales de hidrógeno más fuertes.

#### 5.3.4.- PROMUEVE LA REMINERALIZACION DEL ESMALTE.

El papel del fluoruro en promover la remineralización del esmalte puede ser también importante en lo que se refiere a la acción protectora contra la caries. El proceso se lleva a cabo por medio de vestigios de fluoruro junto con una solución mineralizante meta-estable resulta en un reendurecimiento más rápido de la superficie del esmalte en comparación a la solución mineralizante por sí sola.

#### 5.3.5.- INHIBICION DE LAS ENZIMAS BACTERIANAS.

La inhibición de enzimas es otro mecanismo mediante el cual actúan los fluoruros para reducir la caries dental.

El fluoruro inhibe numerosas enzimas (enolasa, deshidrogenasa, succina, fosfoglucomutasa; así como, fosfata

sa, fosfogliceromutasa y acetilcolinesterasa). La concentración de fluoruro que resulta en la inhibición, varía con la enzima, de más de 0,2 ppm para la enzima más sensible, a -- 190 ppm para la menos sensible. La concentración de fluoruro en saliva (0,01 a 0,05 ppm), equivalente en agua potable con un nivel óptimo de flúor (a 1 ppm) es insuficiente para inhibir a la mayoría de las enzimas mencionadas. Por ejem-- plo: la enolasa, una enzima importante en la glicólisis y - en la formación de ácido por fermentación bacteriana, es so-- lamente inhibida en un 50% a 0,5 ppm de flúor, concentra-- ción en saliva.

Existe una concentración de fluoruro más alta en la placa y en el esmalte, pero probablemente el fluoruro -- existe en un estado covalente. Bajo circunstancias normales, no se encontrará disponible como un ión libre en una concen-- tración suficiente para inhibir el sistema bacterial enzimá-- tico.

Es posible que el ión de fluoruro se libere cuan-- do el esmalte se disuelve por ataque ácido. Esto puede inhi-- bir la glicólisis en un grado medible.

#### 5.3.5.1. ACCION DEL FLUORURO DE LA PLACA DENTAL.

Las concentraciones de fluoruro son muy superio-- res a las de la saliva y su persistencia en la placa se de-- be a que el fluoruro se encuentra ligado a la placa dento--

bacteriana. La concentración de fluoruro en la placa no llega a 1 ppm en lugares con agua poco fluorada y en lugares en donde se consume agua de 1,5 a 2 ppm de fluoruro, hay una concentración en la placa de 1 a 2 ppm de fluoruro; lo que determina que el 95% del fluoruro de la placa, se encuentra combinado con éste. Sin embargo, cuando se mezclan con sacarosa, el Ph disminuye de un modo significativo, y producen ácido a partir del azúcar más lentamente que en los casos exentos de fluoruro. Lo que sugiere que una gran parte del fluoruro de la placa debe encontrarse en el interior de las bacterias donde ejerce su acción inhibidora.

Aunque en general se considera que el fluoruro de la placa ejerce efectos antienzimáticos, también puede influir en la caries al contrarrestar la acción disolvente del ácido sobre el esmalte.

Además de la producción de ácido en las bacterias de la placa se ha encontrado recientemente otro tipo de actividad. Se trata de la síntesis de dos o quizá más tipos de polisacáridos a partir del azúcar ingerido. Es muy probable que el curso de los acontecimientos en la placa tras la ingestión de azúcar sea el siguiente. Las bacterias productoras de ácido convierten rápidamente parte del azúcar en ácido con el consiguiente descenso del Ph de la placa y, más lentamente, transforman otra parte del azúcar en polisacárido. Cuando todo el azúcar ha sido metabolizado puede continuar produciéndose ácido a partir del polisacárido al-

macenado, en cuyo caso puede disminuir aún más el PH o prolongarse el tiempo durante el cual el PH es bajo. El esmalte sólo puede disolverse cuando el PH es inferior a un valor crítico que varía de unas placas a otras pero que siempre está próximo a 5.5. Cuanto más bajo sea el PH, o más largo el tiempo en que se mantiene por debajo del valor crítico, tanto mayor debiera ser la descalcificación. La síntesis de carbohidratos por las bacterias orales a partir de la glucosa, así como la producción de ácido, son inhibidas por concentraciones de fluoruro (2 y 4 ppm) muy similares, a las que probablemente libera la placa en medio ácido.

#### 5.3.5.2.- LOCALIZACION ENZIMATICA DE LA ACCION INHIBIDORA.

La enolasa es la enzima más sensible al fluoruro. Si la glucólisis se interrumpiera en la saliva o en la placa dental por inhibición de la enolasa, lo lógico es que se acumulara ácido láctico; sin embargo, aparece improbable que la enolasa, pese a su gran sensibilidad, sea la enzima inhibida en la saliva. De hecho, el fluoruro atenúa mucho el cambio del PH, y esto hace pensar que inhibe alguna etapa anterior a la formación de ácido. El fluoruro reduce la utilización de la glucosa, lo que concuerda con la disminución de la producción de ácido; por esa razón se ha supuesto que se inhibe una fase muy inicial de la glucólisis -- bien hexoquinasa, bien el paso de la glucosa a través de la pared celular.

Las concentraciones de fluoruro inferiores a 1 ppm aumentan la metabolización del azúcar por ciertos microorganismos bucales y se estima que este efecto también podría producir y dar lugar a una mayor eliminación del azúcar, acortando así el tiempo durante el cual el azúcar puede transformarse en ácido.

#### 5.3.5.3.- REDUCCION DE LA FLORA CARIOGENICA.

(El Estreptococo Mutans)

Es el estreptococo oral más virulento que produce caries, cuando es inoculado en un huésped susceptible. Se encuentra en altas proporciones en la placa de superficies dentales, y lo único encontrado hasta ahora, para aminorar su acción ha sido: la profilaxis con una pasta que contiene fluoruro, que reduce significativamente la proporción del Estreptococo Mutans en la placa dental. Las aplicaciones son frecuentes (5-10 aplicaciones de 10 min. con un intervalo de 2 semanas) con un gel de fluoruro acidulado de fosfato (APF) en jóvenes menores de quince años, aumenta la concentración de fluoruro en la superficie del esmalte y también altera la flora de la placa. La proporción de S. Mutans en la placa interproximal es reducida significativamente. Por lo que, la concentración de fluoruro usada en aplicaciones tópicas, es bactericida.

#### 5.3.5.4.- FUENTES DEL FLUORURO PRESENTES EN LA PLACA.

Existen tres posibles fuentes de las que la placa

puede obtener el fluoruro: 1) la saliva, 2) los alimentos y bebidas y 3) la superficie del esmalte. Un simple cálculo permite concluir que la mayor parte del fluoruro debe proceder de la saliva o de la ingesta, pero no de la superficie del esmalte. Aunque la concentración del fluoruro en la placa es bastante elevada, la cantidad absoluta contenida en el conjunto de la placa bucal es pequeña a causa del pequeño volumen de ésta. El peso medio de la placa acumulada durante varios días no pasa de unos 10 mg. Si contuviera 50 ppm de fluoruro, el peso del fluoruro sería 0,5 mg. es decir igual al del contenido en 10 ml. de saliva (con una concentración de 0,5 ppm de F) o en 0,5 ml. de agua potable fluorada a razón de 1 ppm. Es probable que el fluoruro de la placa proceda del lento flujo de la saliva o del efecto de lavado mucho más intenso, pero intermitente, del agua bebida.

Se ha demostrado que la incorporación del fluoruro al apatito del esmalte es prácticamente irreversible, por lo que es muy improbable que el fluoruro del esmalte pueda difundirse a la placa y constituir una proporción importante del fluoruro de ésta. Si, a pesar de todo, el fluoruro del esmalte pasase a la placa, este paso exigiría una disolución previa del apatito que dejaría libre el fluoruro junto a otros de sus componentes. Es evidente que este proceso debe ser extremadamente limitado, pues de lo contrario el fluoruro de la superficie del esmalte disminuye gradualmente con la edad en vez de aumentar, como de hecho sucede.

Aunque sólo una proporción pequeñísima del fluoruro de la placa pueda proceder del esmalte, es posible que tenga importancia en la caries, toda vez que la liberación se produzca en la capa más interna de la placa (que influye sobre el proceso de la caries más que la placa entera) cuando ésta es ácida y su flora bacteriana parece ser más sensible al fluoruro.

### 5.3.6.- ACCION DE LOS FLUORUROS EN EL ESMALTE.

#### 5.3.6.1.- DESORCION DE PROTEINAS Y BACTERIAS.

Se duda que los fluoruros a las concentraciones recomendadas para fluorar agua (1 ppm) tengan un efecto apreciable en la formación de la película o en la adsorción de las bacterias en los dientes. Sin embargo además de ser bactericidas, las altas concentraciones de fluoruros usadas en la terapia tópica pueden también ser eficaces en la desorción de proteínas y bacterias.

Está postulado que los iones de fluoruro, compitiendo por lugares catiónicos, ejemplo: el calcio, reemplaza grupos ácidos de proteínas adsorbidos por la superficie del mineral. La formación de una película adquirida involucra la adsorción de glicoproteínas salivarias a la superficie del esmalte. Generalmente, la deposición de la película ocurre antes, o al mismo tiempo que la colonización bacteriana y puede facilitar la formación de placa.

### 5.3.6.2.- BAJA ENERGIA LIBRE DE SUPERFICIE.

Cuando el esmalte del diente es tratado con ciertas soluciones de fluoruro metálico (estano, de plata y de cobalto), la energía libre de superficie es abatida. --- Otras sales de fluoruro (crónica, cúprica, de zinc y de sodio) y el cloruro estano no demuestran efectos.

Una explicación de ésta acción es que la plata -- (Ag), el cobalto (Co) y el níquel (Ni) son catalizadores -- eficaces en la producción de sustancias fluorocarbonadas a partir de la fase orgánica del esmalte y que ésto es la causa de la baja en humedad de la superficie del esmalte, la -- cual puede contribuir al efecto anticaries de los fluoruros.

Esta hipótesis tiene varias limitaciones. En primer lugar es poco probable que los fluorocarbonos puedan -- formarse a la temperatura del cuerpo; en segundo lugar ésto no es tomado en cuenta debido a la acción del fluoruro de -- sodio tóxico como un agente anticaries.

### 5.3.7.- IMPORTANCIA PREVENTIVA DE LOS EFECTOS DEL FLUORURO SOBRE LA CARIES.

Si la acción preventiva del fluoruro en la caries se ejerce realmente por los mecanismos mencionados, cabría preguntarse cuáles de éstos operan por un efecto general en el organismo y cuáles por un efecto local en la boca. La --

frecuencia de la caries en sujetos que recibieron por primera vez fluoruro antes o después de la erupción dentaria demuestran que el efecto principal exige la ingestión de fluoruro durante la formación del diente; sin embargo también se observa en general un efecto menos acusado cuando se ingiere el fluoruro después de la erupción de los dientes.

Se ha observado que hay un grado de protección post-eruptiva análogo en los dientes permanentes, pero no en los dientes temporales. Cuando hay una fluoración adecuada; hay una reducción de caries, de un 26% a 14% en los dientes temporales y en el caso de niños que desde su primera infancia les fue administrado el flúor se encuentra una reducción de caries de 66%, 57% y 50%.

Sin embargo no se tiene la información acerca de personas, que solo en su edad adulta se les ha administrado fluoruro, muchos años después de la erupción dentaria.

La acción sobre la solubilidad del esmalte depende en parte del fluoruro depositado en éste durante su formación, pero también probablemente del que se fija en la superficie del esmalte después de la erupción. La entrada del fluoruro en las cavidades incipientes es un efecto local ulterior de la erupción que puede desempeñar un papel importante en la prevención post-eruptiva de la caries.

Si el fluoruro ejerce un efecto antienzimático, -

éste debe ser principalmente local y estará causado por el fluoruro procedente de la saliva o del agua potable.

### 5.3.8.- EFECTO DEL FLUORURO SOBRE EL TAMAÑO Y LA MORFOLOGIA DEL DIENTE.

Parece lógico suponer que los dientes más pequeños y las fisuras poco profundas reducen los puntos de contacto y otras zonas donde el alimento queda retenido.

El efecto sobre el tamaño y la forma del diente - no parecen deberse específicamente al fluoruro, pues algunas de estas diferencias han sido similares, por la ingestión de molibdeno mediante verduras.

Existen otros mecanismos por los que el fluoruro y diversos oligoelementos podrían modificar la morfología - del diente, pero aún no se sabe cuáles de ellos son realmente efectivos. Se ha especulado sobre la pequeña diferencia de tamaño que existe entre los cristales de fluorapatito y los de hidroxiapatito, con acción inhibidora sobre alguna - de las células que forman el esmalte, que frena en parte el crecimiento de éste. Se cree que la formación de las cúspides depende de variaciones en la producción del esmalte por los ameloblastos.

También se piensa que puede depender, incluso en una etapa anterior del desarrollo del esmalte, de modifica-

ciones locales del índice mitótico de las células de la lámina dental que alterarían su plegamiento. Hay ciertas perturbaciones de los grupos de ameloblastos, que sin embargo son insuficientes para explicar las alteraciones ulteriores. Tampoco se han observado alteraciones histológicas después de la administración de boro, pese a que este elemento tiene un efecto sobre la morfología dental similar al del fluoruro.

### 5.3.9.- FLUORURO E HIPOPLASIA INESPECIFICA.

Hay un tipo de defecto del esmalte que puede confundirse fácilmente con el moteado producido por el fluoruro pero que difiere de él en varios aspectos (por ejemplo, la distribución asimétrica). Este defecto, se denomina usualmente "moteado idiopático", se observa en las regiones con aguas pobres en fluoruro.

La ingestión de fluoruro próxima a la que se considera óptima para la prevención de la caries y reduce la frecuencia del moteado idiopático. No existe una explicación satisfactoria de esta reducción ni se conoce con precisión la causa del moteado idiopático. Se ha señalado que este padecimiento afecta frecuentemente en los incisivos centrales superiores permanentes más que en los demás dientes y se supone que una causa importante puede ser un trauma en el incisivo temporal predecesor. Parece improbable que la causa resida en abscesos de este último, que podrían dañar

el desarrollo del diente permanente o causar la extracción prematura con el trauma consiguiente, ya que estos abscesos son más frecuentes en los molares y, en consecuencia, originarían una mayor frecuencia de moteado idiopático en sus sucesores (en los premolares permanentes).

Se estima también que no puede desecharse que un aumento transitorio de la ingestión de fluoruro sea la causa de este tipo de moteado. Aunque no hay duda de que la ingestión de fluoruro está sujeta a grandes variaciones y puede ser excepcionalmente elevada durante breves períodos de tiempo (por ejemplo, cuando se consume grandes cantidades de alimentos ricos en fluoruro, como el pescado enlatado, o se ingiere té cargado), es difícil explicar la asimetría de la distribución en el diente por razones dietéticas. Pueden existir fases de desarrollo asincrónico en los dientes homólogos y si en un período de ingestión elevada de fluoruro coincide con el desarrollo activo del esmalte en un solo diente, podría producirse un efecto asimétrico muy limitado. Sin embargo, la posibilidad de esa coincidencia parece demasiado reducida para explicar la elevada frecuencia del moteado idiopático.

## 6.- EFECTOS TOXICOS POR GRANDES DOSIS DE FLUORURO.

La toxicidad del fluoruro en el hombre han despertado un vivo interés en todo el mundo a causa de la extendida idea de que los programas de prevención de la caries dental por fluoración entrañan un peligro de intoxicación acumulativo a largo plazo. El hecho de que los síntomas iniciales de la intoxicación sean poco precisos ha introducido un elemento de confusión acerca de la posible toxicidad del fluoruro. Importa pues establecer desde un principio una clara distinción entre los efectos tóxicos agudos resultantes de una sola dosis masiva, y la intoxicación crónica producida por grandes dosis repetidas a lo largo de varios años. En este último caso el efecto puede limitarse a una alteración fisiológica poco importante o dar lugar a una grave enfermedad incapacitante.

Se han atribuido a los fluoruros diversos efectos biológicos, y aunque muchos informes sobre estos efectos están sin comprobar, otros han sido suficientemente estudiados y merecen resumirse con todo cuidado; entre ellos se encuentran las relativos a los efectos en los huesos, los dientes, el riñón, la tiroides, las funciones neurológicas y el crecimiento en general. Se ponen en relación las concentraciones o dosis de fluoruro con sus efectos biológicos como se indica en la tabla siguiente:

<u>DOSIS DE FLUORURO</u>	<u>MEDIO</u>	<u>EFEECTO</u>
2 partes x 1000 millones	Aire	Daños en la vegetación.
1 ppm	Agua	Reducción de caries dental.
2 ppm o más	Agua	Esmalte moteado.
8 ppm	Orina	Osteoesclerosis nu- la.
8 ppm	Agua	10% Osteoesclerosis
20-80 mg./día o más	Agua o aire	Fluorosis Anquilo- sante.
50 ppm	Alimentos o agua	Alteraciones Tiroi- deas.
100 ppm	Alimentos o agua	Retraso del creci- miento.
Más de 125 ppm	Alimentos o agua	Alteraciones rena- les.
2,5-5,0 g.	Dosis aguda	Muerte.

#### 6.1.- SINTOMAS CLINICOS DE LA INTOXICACION AGUDA POR FLUORURO.

Los conocimientos actuales sobre las dosis de fluoruro que producen intoxicaciones agudas provienen fundamentalmente de los casos de envenenamiento accidental o con fines suicidas. Al extenderse cada día más el empleo del fluoruro en la industria, el hogar y la agricultura, se hace necesario evaluar más a fondo sus efectos tóxicos agudos

La dosis letal aguda para el hombre es aproximadamente de 5 g. (en forma de fluoruro sódico). Aunque no se -

conoce la dosis exacta correspondiente a los distintos fluoruros, en el caso de los compuestos solubles como el ácido fluorhídrico, el ácido fluorosilícico, el fluoruro potásico, el fluoruro sódico, el fluorosilicato sódico y el fluoruro amónico probablemente está comprendida entre 2 y 10 g. Los efectos tóxicos varían de tal manera con el compuesto de flúor empleado y con el método y la duración de la administración, así como con la susceptibilidad del individuo, que la comparación de los distintos datos obtenidos ofrece poca garantía. No obstante, hay pruebas de que los fluorosilicatos son más tóxicos que el fluoruro de calcio y el fluoruro de sodio y de que el fluoruro de sodio lo es más que el fluoruro de calcio. La dosis mínima letal depende del excipiente, de que el vómito sea rápido, completo y de que el tratamiento se inicie a tiempo.

La intoxicación aguda por fluoruro, causada por ingestión o inhalación de cantidades relativamente grandes de compuestos de flúor, no está tan bien descrita como la intoxicación crónica; ello se debe, al menos en parte, a su escasa frecuencia.

Los efectos agudos de la ingestión de dosis masivas de fluoruro son al principio los propios de un veneno irritante; más tarde se localizan en los sistemas enzimáticos que intervienen en el metabolismo, la respiración celular, las funciones endocrinas, los mecanismos energéticos, etc. De hecho ningún sistema del organismo está libre de la

acción del fluoruro. Así, lo característico de los casos de intoxicación aguda es que desde un principio se afectan los sistemas digestivos, cardiovascular, respiratorio y nervioso central, con la sintomatología correspondiente; por lo general, estos casos tienen un desenlace fetal en dos o tres días.

La toxicidad aguda del fluoruro se manifiesta fundamentalmente por una acción corrosiva local que se suma a los efectos de la absorción. La ingestión de dosis elevadas de compuestos de flúor va seguida de dolor abdominal difuso, diarrea y vómitos; al mismo tiempo una salivación excesiva acompañada de sed, sudoración y espasmos dolorosos en las extremidades.

Evidentemente, la rápida adopción de medidas encaminadas a vaciar el estómago y reducir la absorción de fluoruro es el medio más eficaz de evitar la muerte o los daños causados por la ingestión masiva del fluoruro. En general, el tratamiento inmediato consiste en provocar el vómito y administrar seguidamente gran cantidad de leche. Estas medidas de precaución deben aplicarse también cuando un niño ingiere una cantidad excesiva de comprimidos de fluoruro anticaries o de pasta dentífrica fluorada, a pesar de que en tales casos el riesgo es muy pequeño según los datos y la limitada experiencia existente.

En el caso de ingestión de gran cantidad de com—

primidos de Fluoruro de Sodio; el sujeto muere a consecuencia de la alteración del metabolismo del calcio, que sin — presentar la fuerte gastroenteritis que se presenta en la — mayoría de los casos. En algunos casos de intoxicación aguda se presentan espasmos tetánicos causados por la disminución de la calcemia.

De igual modo, la inhalación de flúor gaseoso produce primero una irritación de las mucosas oculares y respiratorias y, posteriormente, los síntomas causados por la absorción.

Los efectos irritantes del fluoruro, considerados a veces como efectos locales, consisten principalmente en lesiones cutáneas de origen profesional. Más concretamente, estos efectos locales se deben a la acción corrosiva de:

- a) Las soluciones de ácidos fluorados en la piel;
- b) Los vapores o gases ácidos fluorados en los ojos, la cara y la mucosa nasal;
- c) Esos mismos vapores o gases en las vías respiratorias.

Las alteraciones anatomopatológicas propias de la intoxicación aguda son la: gastroenteritis hemorrágicas con tendencia a la necrosis, la nefritis tóxica aguda y las lesiones parenquimatosas más o menos graves de otros órganos (hígado y miocardio).

### 6.1.1.- INTOXICACION EXPERIMENTAL AGUDA POR EL FLUORURO.

Es posible dar una descripción completa de la intoxicación aguda por el fluoruro por medio de los siguientes síntomas:

- 1) Un estado de somnolencia y debilidad producido por la parálisis de los centros vasomotores;
- 2) Convulsiones de carácter epiléptico manifestadas en un solo órgano o en todo el cuerpo;
- 3) Parálisis de los centros vasomotores;
- 4) Respiración acelerada y profunda acompañada de parálisis;
- 5) Vómitos;
- 6) Secreción de las glándulas salivales y lacrimales que no responde a la atropina;
- 7) Rigor mortis (5) anticipado después de la muerte.

Las alteraciones patológicas patentes producidas por la intoxicación aguda son prueba de las propiedades tóxicas potenciales del fluoruro e indican los riesgos y peligros inherentes a la administración de una gran dosis única de éste. No hay que olvidar, sin embargo, que la respuesta de los tejidos a la acción prolongada de las bajas concentraciones procedentes de fuentes industriales o naturales de fluoruro es bastante diferente y no se asemeja a los efectos tóxicos agudos.

#### (5) RIGOR MORTIS:

"Manifestación de rigidez cadavérica que se presenta de 8 a 10 horas después de la muerte". (Comunicación personal con el Dr. Fernando Palacios Basco). Sucede a la inversa cuando se produce la muerte por ingestión excesiva de fluoruro; y, en este caso, el rigor mortis se presenta inmediatamente después del fallecimiento.

## 6.2.- EFECTOS TOXICO CRONICOS EN EL ORGANO DEL ESMALTE.

Los efectos de la intoxicación crónica por flúor sobre la estructura del esmalte en formación se manifiestan por la aparición de una hipoplasia endémica denominada "esmalte moteado". Y se define esta anomalía como "la presencia de manchas blancas pequeñas o puntos marrones o amarillos irregularmente diseminados por la superficie del diente". Los dientes permanentes son los más afectados aunque el moteado también se ha observado ocasionalmente en la primera dentición.

### 6.2.1.- CLASIFICACION DEL ESMALTE MOTEADO EN LOS DIENTES.

Hay una variación cualitativa<sup>\*</sup> en la distribución del esmalte moteado entre las personas que consumen la misma agua fluorada, así como una diferencia cuantitativa de frecuencia entre niños de distintas regiones endémicas. En consecuencia, se clasifica la intensidad clínica del moteado en siete grados, que van desde la normalidad hasta la forma más extrema. Como el grado de fluorosis dental está en parte relacionado con el contenido de fluoruro del agua consumida, conviene a este respecto tener en cuenta la influencia de las condiciones climatológicas sobre el consumo de agua y, por tanto, sobre la ingestión total de fluoruro. La clasificación del esmalte moteado es la siguiente:

**NORMAL-** Esmalte traslúcido, liso y de aspecto brillante.

**DUDOSO-** Se observa en regiones de endemicidad relativamente

**alta.** En ocasiones es difícil de clasificar, pues no se sabe si incluirlo entre los casos aparentemente normales o en el grupo "muy leve".

**MUY LEVE-** Presencia de pequeñas zonas opacas y blancas como el papel, diseminadas irregularmente en las superficies del diente.

**LEVE-** Las zonas opacas blancas por lo menos la mitad de la superficie del diente, y algunas veces se observan manchas de color pardo claro.

**MODERADO-** Por lo general están afectadas todas las superficies del diente, y con frecuencia se aprecian ligeras picaduras en las superficies labial y bucal. Muchas veces se encuentran manchas pardas antiestéticas.

**MODERADAMENTE INTENSO-** Picaduras muy visibles y más frecuentes, en general diseminadas en todas las superficies del diente. Las manchas pardas, cuando existen, suelen tener mayor intensidad.

**INTENSO-** La pronunciada hipoplasia afecta la forma del diente. Las manchas son grandes y su color varía desde el pardo oscuro al negro. En ocasiones esta forma puede denominarse variedad "corrosiva" del esmalte moteado.

Basándose en esta clasificación, se intenta establecer un índice de esmalte moteado en la población, definido arbitrariamente en función del "grado de intensidad del esmalte moteado" observado clínicamente. Se observan alteraciones hipoplásicas semejantes a las citadas y de naturaleza no fluorótica, especialmente en las regiones donde el --

agua contiene poco fluoruro. Estas alteraciones explican — probablemente la variación del "índice de fluorosis" que se observa en el intervalo 0,1-1,0 ppm de fluoruro. El diagnóstico diferencial entre la fluorosis leve y el moteado inespecífico puede resultar difícil en los sujetos con antecedentes de ingestión de fluoruro desconocidos.

#### 6.2.2.- ASPECTO MICROSCOPICO DEL ESMALTE MOTEADO.

Los estudios microscópicos del esmalte son escasos y todavía no se conoce bien los mecanismos que determinan la aparición del moteado durante el desarrollo y la mineralización del esmalte. Se señala la ausencia de sustancia interprismática entre los prismas regulares y bien formados del esmalte, así como la presencia de una pigmentación parda en el tercio exterior de éste. Las partes fluoróticas del esmalte son más permeables a los colorantes y al nitrato de plata que el esmalte normal, posiblemente como consecuencia del desarrollo defectuoso del esmalte exterior.

Hay presencia de manchas blancas y pardas irregulares en el esmalte y, con luz violeta se ve el esmalte sano con una fluorescencia azul brillante, mientras que las manchas pardas del esmalte moteado no son fluorescentes. En consecuencia, las manchas pueden tener un origen ajeno al esmalte y la ausencia de sustancia interprismática en éste puede ser la causa de aquéllas, confirmando así las observaciones anteriores.

Y al microscopio electrónico se observa que si bien el esmalte es relativamente rico en materia inorgánica, la sustancia interprismática es deficiente. Los prismas del esmalto en la superficie del diente se encuentra poco mineralizados y presentan cristales de tamaño anormal.

### 6.2.3.- ASPECTO QUIMICO DEL ESMALTE MOTEADO.

Apenas se dispone de información sobre la naturaleza química de la materia orgánica del esmalte moteado. El esmalte fluorótico más rico en proteínas que el esmalte no moteado, ya que el contenido de nitrógeno del esmalte moteado es más elevado que el del esmalte sano. En cambio, no se puede poner de manifiesto diferencias significativas en cuanto a la densidad.

La concentración de fluoruro en el esmalte en relación con la cantidad ingerida de fluoruro actúa en el esmalte superficial directamente proporcional a su concentración con el agua potable.

Aún cuando la capa externa de los dientes consta de una mineralización adecuada; la fase inorgánica del esmalte está constituido por hidroxiapatito, mientras que en el caso de los animales (ejemplo: tiburón) el esmalte es un fluorapatito casi puro que se produce durante el proceso de mineralización normal. (6) A diferencia del esmalte humano, que es de origen epitelial, y en el caso de animales inferior

(6) P. Adler, W.D. Armstrong, Muriel E. Bell, op. cit. pp. 242 y 243.

res, se forma a partir de los tejidos mesodérmicos y se denomina "durodentina" y "petrodentina". Esto indica que el esmalte de los dientes de los seres humanos posee una sensibilidad especial a los fluoruros.

El fluoruro ingerido durante el embarazo se acumula probablemente en el tejido placentario. Sin embargo, se estima que la placenta sólo deja pasar una cantidad limitada de fluoruro al esqueleto fetal, acumulándose en los tejidos óseos del feto durante la calcificación intrauterina. Cuando las embarazadas ingieren fluoruro (0,55 ppm) con el agua, se produce un aumento del contenido de éste en el fémur del feto a medida que aumenta la edad. El fluoruro se incorpora a los dientes en la calcificación del feto, pero la acumulación es notablemente menor que en el fémur.

Aunque se sabe que el fluoruro ingerido durante la gestación puede atravesar la placenta y, en cierta proporción, acumularse en el sistema óseo y en los dientes del feto, no se conoce con exactitud el efecto que ejerce sobre los dientes de la descendencia.

Los efectos químicos sobre el esmalte moteado indica que el contenido de materia orgánica, aumenta pero no revela ninguna diferencia significativa de la relación calcio-fósforo entre los dientes moteados y los normales.

El fluoruro influye tanto sobre la fase orgánica

como sobre la inorgánica durante el desarrollo del órgano - del esmalte. Los posibles mecanismos de acción a concentraciones fisiológicas se presentan de la siguiente manera:

- intercambio iónico con los grupos hidróxilos del apatito en los tejidos calcificados;
- influencia sobre la precipitación de mineral a partir de soluciones saturadas de fosfato cálcico;
- inhibición y, en algunos casos cuando la concentración es baja, activación de las enzimas.

Aunque pueden citarse abundantes datos en apoyo - de cada una de estos mecanismos de acción del fluoruro, ninguno es concluyente por sí solo. Como es posible que todos estén relacionados entre sí, será necesario estudiar más a fondo el problema de los mecanismos de formación de las lesiones hipoplásicas denominadas "esmalte moteado".

### 6.3.- EFECTOS TOXICO CRONICOS SOBRE EL SISTEMA OSEC.

Los efectos tóxico crónicos producidos por el --- fluoruro sobre el sistema óseo donde el agua potable contie ne cantidades excesivas de fluoruro de origen natural. Además de la fluorosis endémica, se observan otros efectos tóxicos causados por la acción crónica del fluoruro sobre el sistema óseo en casos de exposición profesional a diversos compuestos fluorados, entre ellos la criolita.

Todavía no se ha determinado la dosis precisa de fluoruro que, ingerida o inhalada, produce alteraciones óseas bien definidas. No obstante, cabe ya extraer ciertas conclusiones de carácter general. En adultos que ingieren de 0,5 a 2 mg. diarios de fluoruro no se ha demostrado un almacenamiento de éste (manifestado por una densidad anormal del hueso).

Cuando las concentraciones son más elevadas (de 2 a 8 mg./día) y aparecen signos de fluorosis en los dientes mineralizados durante el período de ingestión del fluoruro, cabe la posibilidad de que intervengan otros factores como las condiciones climatológicas, la desnutrición, la edad, el almacenamiento, la acción de otros elementos presentes en el agua y, posiblemente, las variaciones individuales de la absorción. En estas condiciones, al cabo de cierto número de años puede aparecer una fluorosis ósea caracterizada por un aumento de la densidad del hueso perceptible radiográficamente en los adultos. Se estima que la dosis máxima de fluoruro que puede ingerirse diariamente sin riesgo de incorporación peligrosa en el organismo es de 4-5 mg./día. En las zonas de fluorosis endémica es conveniente que se ingieran más de 8 mg. diarios de fluoruro con los alimentos y el agua; sin embargo, en ciertas regiones se observan ya alteraciones típicas de la fluorosis ósea con dosis menores de fluoruro.

Las alteraciones óseas y las anomalías del es

queleto producidas por la fluorosis endémica son menos acusadas en la fluorosis de tipo industrial, si bien en las regiones hiperendémicas pueden ser casi idénticas a las que se observan en los casos de exposición industrial muy intensa. La gravedad de la fluorosis, tal como se refleja en el moteado de los dientes, no es proporcional al grado de alteración ósea, lo cual no puede sorprender si se tiene en cuenta las diferencias metabólicas existentes entre esos tejidos y los diferentes períodos evolutivos de la fluorosis dental y de la ósea.

### 6.3.1.- CARACTERISTICAS CLINICAS.

Las alteraciones dentales y óseas propias de la fluorosis endémica proporcionan importantes criterios de diagnóstico clínico. Mientras que la fluorosis dental es fácil de reconocer, la afectación del esqueleto de la fluorosis anquilosante no se manifiesta clínicamente hasta una fase avanzada. Ciertamente es que las alteraciones radiológicas del esqueleto son fácilmente perceptibles en una fase mucho más temprana, siendo de hecho el único índice que permite diagnosticar la fluorosis en su fase inicial relativamente asintomática. La fluorosis incipiente se observa por lo general en adultos jóvenes que únicamente aquejan dolores vagos, localizados con frecuencia en las pequeñas articulaciones de las manos y los pies, en las rodillas y en la columna vertebral. Estos casos son frecuentes en las zonas endémicas y pueden diagnosticarse erróneamente de reumatismo u

osteoartritis. En las últimas fases se produce una rigidez evidente de la columna vertebral, con limitación de los movimientos y, posteriormente, cifosis. La marcha es difícil, en parte por la rigidez y la limitación de los movimientos de diversas articulaciones y, en parte, por las lesiones -- neurológicas propias de los casos avanzados. Algunos enfermos presentan también disnea de esfuerzo a causa de la rigidez de la caja torácica. En el caso de fluorosis industrial, los síntomas gastrointestinales (anorexia, náuseas y estreñimiento) son frecuentes como los de rigidez de las articulaciones.

Las diversas alteraciones esqueléticas que se observan en la fluorosis endémica se describe con más detalle, en los siguientes párrafos.

### 6.3.2.- ALTERACIONES MACROSCOPICAS DEL ESQUELETO.

En la fluorosis endémica, las alteraciones macroscópicas del esqueleto son muy características. El fluoruro ingerido en exceso se va depositando en el sistema óseo en el transcurso de los años. En personas residentes de zonas endémicas cuya agua contenga 9,5 ppm de fluoruro, se observa que todos los huesos son pesados e irregulares y presentan un color mate debido al depósito irregular de fluoruro. Los puntos de inserción de los músculos y de los tendones son anormalmente prominentes a causa de una reacción perióstica excesiva que origina exóstosis múltiples. En las extre

midades, la proliferación ósea irregular se extiende a lo largo de las inserciones musculares y tendinosas, así como en las cápsulas articulares y las membranas interóseas. Este aspecto irregular es particularmente útil para el diagnóstico de casos dudosos en los que la densidad de los huesos no está excesivamente aumentada.

Las alteraciones más pronunciadas se observan en la columna vertebral: calcificación de diversos ligamentos, en particular de los ligamentos amarillos, intertransversos e interespinoso, y acusada osteofitosis. Los cuerpos vertebrales son más grandes que lo normal y presentan "picos de loro" muy marcados. Los diámetros y proporciones de las vértebras están alteradas en todos los planos, pero la anomalía más notable es la reducción del diámetro anteroposterior del conducto raquídeo. En algunos de los casos este diámetro queda reducido a 2 mm. a la altura de la tercera y cuarta vértebra cervicales; como el diámetro anteroposterior de la médula espinal en el engrosamiento cervical es normalmente de unos 8 mm. y hay que tener en cuenta además el grosor del ligamento amarillo, la compresión medular es inevitable en tales casos. Además, las vértebras se encuentran soldadas en muchos puntos, lo que explica la gran limitación de movimientos y el parecido de esta enfermedad con la espondilitis anquilopoyética. (7) Los agujeros de conjugación son estrechos e irregulares, lo cual da lugar a síntomas radiculares. En el caso de anquilosis vertebral avanzada, se observa que todas las vértebras situadas debajo de -

(7) Valentí P. Farreras, Rozman Ciril, García San Miguel Juan, Medicina Interna, Tomo I. p. 1008.

la segunda cervical están soldadas con las costillas y los huesos de la pelvis; a la altura de la octava dorsal.

Las alteraciones craneales son menos llamativas, aunque los huesos son gruesos, densos y sin diploe. El suelo de las fosas craneales es irregular y las apófisis clinoides de la silla turca están soldadas. El agujero occipital presenta bordes irregulares y estrechos a causa de los osteofitos. Generalmente, los agujeros más pequeños de la base del cráneo no se alteran, lo que explica que en los casos avanzados de fluorosis no estén afectados los nervios craneales.

Las costillas son anchas y de superficie rugosa y presenta osteofitos a lo largo de las inserciones de los músculos, aponeurosis y ligamentos.

Los restantes huesos, inclusive los de las extremidades, el esternón y el maxilar inferior, presenta numerosos osteofitos salientes en las inserciones de los ligamentos, aponeurosis, tendones y músculos; en consecuencia, las impresiones y las crestas son gruesas y prominentes. En la mayoría de los casos, las membranas interóseas bioperonea y radiocubital presentan distintos grados de calcificación.

En la mayoría de los ligamentos y en muchas inserciones capsulares (los ligamentos sacroilíaco y sacrociático) se observan engrosamientos y calcificación. También es-

tá calcificado el cartílago tiroides en la mayor parte de los casos.

En un elevado porcentaje de enfermos, las neofor-  
maciones irregulares de tejido óseo se manifiestan clínica-  
mente en forma de excrescencias óseas de tamaño variable, -  
localizadas generalmente en la proximidad de la articula-  
ción de la rodilla, a lo largo del borde anterior de la ti-  
bia y cerca del olécranon. Estas alteraciones esqueléticas  
van limitando los movimientos articulares por el siguiente  
orden: columna cervical, columna dorsolumbar, articulacio-  
nes de las extremidades inferiores y articulaciones de las  
extremidades superiores.

Además de estas alteraciones estructurales macros-  
cópicas, el peso de los huesos fluoróticos aumenta aprecia-  
blemente. El peso total del esqueleto normal es variable. -  
La determinación del coeficiente peso/longitud pone de mani-  
fiesto que, en general, los huesos fluoróticos pesan el do-  
ble que los normales, si bien la columna vertebral, la pel-  
vis y la escápula fluoróticas pueden tener un peso varias  
veces superior al normal.

### 6.3.3.- ALTERACIONES RADIOLOGICAS.

Las manifestaciones radiológicas de la fluorosis  
del esqueleto permiten establecer el diagnóstico de la en-  
fermedad. Se distinguen tres fases en la evolución de la -  
fluorosis ósea:

FASE I - Trabéculas borrosas y de aspecto rugoso en la columna vertebral y la pelvis.

FASE II - Trabéculas confluentes que confieren al hueso un aspecto borroso y desestructurado. Los contornos óseos se hacen irregulares. Estas alteraciones son más acusadas en la pelvis, en la columna vertebral y en las costillas. La cavidad medular puede estrecharse y los ligamentos presentan una calcificación precoz.

FASE III - Los huesos aparecen como sombras blancas de aspecto mármoleo, sobre todo en la parte axial del esqueleto. Los contornos son poco definidos y en las extremidades se observan engrosamientos periósteos irregulares con calcificación de los ligamentos y de las inserciones musculares. La corteza de los huesos largos es gruesa y densa, y la cavidad medular está estrecha. También se observa calcificación de las membranas intraóseas.

El cuadro radiológico de la fluorosis endémica es casi idéntico al de la intoxicación industrial descrito en los sujetos que trabajan con criolita; la única diferencia reside en que los casos de fluorosis endémica rara vez presentan la Fase I, mientras que en su mayoría son comunes las alteraciones de las Fases II y III. En general, el aspecto radiológico es el siguiente:

Las alteraciones más significativas se observan en la columna vertebral, particularmente en las regiones cervicales y lumbar. Los cuerpos vertebrales, las apófisis

transversas y espinosas y los pedículos y las láminas presentan osteosclerosis y osteofitosis irregular.

Los signos radiológicos característicos son la presencia de "picos de loro" y el aspecto blanquecino deslustrado, como de yeso, de toda la columna vertebral. Los ligamentos intervertebrales aparecen calcificados. Las exóstosis irregulares invaden los agujeros intervertebrales y el conducto raquídeo. La osteosclerosis se manifiesta después en la pelvis, donde se observa además una calcificación de los ligamentos sacrociáticos mayor y menor. También se encuentran formaciones de hueso perióstico irregular a lo largo de los tendones y de las inserciones aponeuróticas y musculares, especialmente en las membranas interóseas del antebrazo y de la pierna, la línea áspera, la tuberosidad deltoidea, el borde inferior de las costillas, la inserción del tendón de Aquiles, el tubérculo tibial y el Trocánter mayor. Las radiografías del Tórax ponen de manifiesto el contraste entre el esqueleto de la caja Torácica, de color blanco marmóreo y los pulmones radiotranslúcidos. Las alteraciones del cráneo no son muy notables, aunque se observa un engrosamiento de la bóveda acompañada de esclerosis en la proximidad de las líneas de sutura. La silla turca y los senos nasales son normales y no se produce un estrechamiento apreciable de los agujeros de la base craneal.

Conviene mencionar que estas alteraciones radiológicas avanzadas se observan en zonas hiperendémicas, pero -

no se encuentran siempre en el conjunto de la población. El desarrollo de la fluorosis esquelética depende evidentemente de la duración y de la intensidad de la exposición al fluoruro natural presente en el agua y en el suelo y, posiblemente, de la presencia de partículas suspendidas en el agua potable. Aunque piense que las notables alteraciones radiológicas en las zonas endémicas podrían deberse a la mal nutrición, no se sabe con exactitud el papel que desempeña este factor en el desarrollo de la fluorosis ósea. Ciertos datos experimentales y clínicos hacen pensar que la mal nutrición puede predisponer al desarrollo de la fluorosis anquilosante, ya que en otras partes donde la concentración de fluoruro en el agua es casi la misma que la de las zonas endémicas es muy poco frecuente ese tipo de fluorosis. La descripción de estas alteraciones radiológicas avanzadas y desconcertantes falsea la interpretación de los efectos fisiológicos del fluoruro. No obstante, también se observa un aumento de la densidad ósea, con o sin condensación trabecular de aspecto de vidrio esmerilado, en el 10 - 15% de las personas que consumen agua potable con 8 ppm de fluoruro, pero estas alteraciones no guardan semejanza alguna con las alteraciones avanzadas descritas en los casos de exposición prolongada al polvo de criolita o de roca fosfática ni con las atribuidas a un exceso de fluoruro en el agua de consumo doméstico.

#### 6.3.4.- HISTOPATOLOGIA.

Entre los efectos producidos por la ingestión de

cantidades elevadas de fluoruro cabe citar la calcificación de los tendones, de los ligamentos y a veces de los músculos, así como una estimulación de la actividad osteoblástica. Algunos huesos tienden más que otros a producir exóstosis con más frecuencia que los huesos largos. No obstante, en los casos avanzados se afecta todo el esqueleto. La frecuencia de estas neoformaciones óseas en los puntos de inserción de los músculos y de los tendones parece sugerir que la rica vascularización de esas zonas es uno de los factores que influyen en el desarrollo de las lesiones. La formación de exóstosis no siempre está tan localizada; hay casos en que el tejido neoformado puede recubrir toda la superficie de un hueso, con el consiguiente aumento y global del espesor del mismo. Así pues, el riego sanguíneo no es único factor que influye en la formación de las exóstosis fluoróticas. En el esqueleto fluorótico, la intensa neoformación ósea suele ir acompañada de un aumento de la reabsorción. Aunque se ha sugerido que las exóstosis se forman para reforzar un tejido óseo que ha perdido resistencia, las descripciones de la fluorosis ósea crónica en el hombre, a pesar de ser poco numerosas, hacen pensar que existe una tendencia más acusada a la neoformación ósea que a la destrucción del hueso ya existente. Desde el punto de vista histológico, las exóstosis están constituidas por hueso primario inmaduro en el que la reposición secundaria de laminitas es mínima. La escasa mineralización que revela el cociente  $\text{Ca/N}$  se debe en parte a la presencia de un ancho ribete osteoide sin calcificar en el hueso fluorótico.

Se han señalado algunas semejanzas entre la fluorosis esquelética y diversas enfermedades óseas; así, por ejemplo, la densidad radiográfica de los huesos recuerda a la osteosclerosis; la existencia de anchos ribetes osteoides le dan un parecido con la osteomalacia; la coexistencia de neoformación y de destrucción óseas evoca la enfermedad de Paget; y, finalmente, la presencia de zonas de reabsorción, con frecuencia muy extensas, puede sugerir la osteoporosis. Aunque es evidente que los huesos fluoróticos pueden presentar síntomas comunes a cada uno de esos estados, la diferencia definitiva reside en su elevado contenido de fluoruro.

Cabe pues concluir que las alteraciones histopatológicas producidas por la fluorosis endémica sólo aparecen cuando las concentraciones de fluoruro absorbidas pasan de 1-4 ppm.

#### 6.3.5.- COMPOSICION QUIMICA DE LOS HUESOS FLUOROTICOS.

Los fluoruros se depositan sobre todo en el esqueleto. Se ha determinado el contenido de fluoruro en huesos de personas que ingieren agua con 0,1-0,4 ppm de flúor y la concentración ósea de fluoruro aumenta de una manera casi lineal, a una concentración dada de fluoruro depositado depende en gran parte de la eliminación urinaria; así pues, la determinación de las concentraciones de fluoruro en la orina en relación con la exposición puede ser muy útil para

evaluar el peligro que entraña para la salud la acumulación ósea de fluoruro. El fluoruro depositado en el esqueleto no queda irreversiblemente unido a éste en su totalidad, como lo demuestra el hecho de que se movilice cuando disminuye la ingestión.

El depósito de fluoruro en el hueso se efectúa -- fundamentalmente por dos mecanismos: intercambio del fluoruro con los iones hidroxilo en la superficie de los cristales y neoformación ósea consecutiva a las actividades osteoblástica y osteoclástica. Sin embargo, no se conoce con seguridad el mecanismo por el que el fluoruro ejerce sus efectos nocivos. Es probable que al principio se produzcan alteraciones en la composición química y en el depósito de las sales óseas en la matriz orgánica, posiblemente a través de una perturbación de las reacciones enzimáticas. Los fluoruros se depositan en forma de fluoruro de calcio al mismo tiempo que el fosfato cálcico del hueso; sin embargo, el hueso exostósico disminuye el carbonato y aumenta el magnesio, lo cual sugiere una sustitución del ión calcio de los grupos de Hidroxilo de Calcio de las sales óseas y una precipitación de fluoruro de magnesio sobre la matriz del hueso o en su interior.

No se admite ninguna relación entre la cantidad de fluoruro en el hueso y la de calcio o de fósforo, aunque la de fluoruro varía de 1 a 10 en términos relativos. Paralelamente el aumento de la concentración de fluoruro en las

cenizas (de 0,08 a 0,8%) se observa un ligero aumento del magnesio y una disminución del anhídrido carbónico. En cambio, el citrato disminuye apreciablemente al aumentar el fluoruro. El fluoruro se deposita principalmente en el hueso maduro a expensas de los iones sodio, potasio, magnesio, carbonato y citrato, que se supone están situados en la superficie de los cristales de apatito del hueso.

El aumento del magnesio que parece acompañar al depósito de fluoruro puede explicarse por su afinidad por éste. La disminución concomitante del citrato se debe probablemente a que el citrato se presente en la superficie cristalina que puede ser reemplazado por el fluoruro por un proceso de intercambio iónico.

#### 6.3.6.- DEFORMIDADES Y FLUOROSIS ANQUILOSANTE.

Este estado avanzado de intoxicación es consecuencia de una exposición del sujeto a la acción de 20-80 mg. diarios de ión fluoruro durante un período de 10-20 años. Estas exposiciones tan intensas suponen una concentración de fluoruro en el agua potable de 10 ppm por lo menos. Por otra parte, además del fluoruro absorbido con el agua se ingiere cierta cantidad con los vegetales cultivados en suelos ricos en ese ión y con los alimentos cocinados con agua muy fluorada. Así pues, no es de extrañar la frecuencia con que se encuentran casos de fluorosis anquilosante en las regiones endémicas.

Las deformidades que conducen a la invalidez se deben en parte a factores mecánicos y, en parte, a la inmovilización resultante del dolor y la paraplejía. Las más frecuentes son la cifosis, la anquilosis de las caderas y de las rodillas en flexión y la fijación del Tórax en posición de inspiración causada por la calcificación de los cartílagos. El cuadro de la fluorosis anquilosante avanzada se caracteriza por su uniformidad. Un sujeto tetrapléjico encorvado por la cifosis, con una pronunciada limitación de los movimientos de la columna vertebral y con contracturas de las rodillas y caderas constituye la imagen sombría que resulta del consumo excesivo de fluoruros. La gran rigidez de la columna vertebral hace que el cuerpo se mueva en bloque cada vez que se intenta enderezar alguna de sus partes.

#### 6.3.7.- COMPLICACIONES NEUROLÓGICAS DE LA FLUOROSIS.

Las complicaciones neurológicas sólo aparecen en los casos muy avanzados, tras la ingestión ininterrumpida de grandes cantidades de fluoruro durante veinte años o más años.

A pesar del aspecto radiológico alarmante, las alteraciones de la columna vertebral dan pocos síntomas; muchos enfermos sólo aquejan dolores vagos en la espalda y en las extremidades. Los síntomas de la lesión medular suelen aparecer lentamente y progresar de manera insidiosa.

En casos de comienzo brusco se encuentra un antecedente traumático que, en condiciones normales, no habría dejado secuelas.

Los síntomas pueden deberse a la lesión de una o varias raíces nerviosas o a la afectación de la médula espinal.

### 6.3.8.- MANIFESTACIONES RADICULARES.

Las principales manifestaciones son la atrofia muscular, las acroparestesias y el dolor localizado en las raíces nerviosas. Casi todos los enfermos aquejan dolor y acroparestesias entre los síntomas subjetivos, aunque sólo lo manifiestan cuando se les pregunta. Los síntomas más importantes son la astenia y la atrofia muscular, generalmente asimétricas y localizadas de preferencia en los pequeños músculos de una o de ambas manos. El mecanismo patogenético es probablemente el mismo de la espondilitis cervical, es decir la compresión de las raíces anteriores por el borde inferior de los agujeros de conjunción. La atrofia muscular puede deberse en parte a la inactividad. Las fasciculaciones y fibrilaciones musculares concomitantes han originado frecuentes confusiones diagnósticas con síndromes de la neuromotriz.

### 6.3.9.- MANIFESTACIONES MIELOPATICAS.

En todos los casos, el primer síntoma de afecta--

ción medular fue la debilidad en las extremidades inferiores, iniciadas por lo general en un lado. Las extremidades superiores acaban también afectándose tras un intervalo de tiempo variable, dando lugar a un cuadro de tetraplejía espástica. Con frecuencia se encuentran parestesias en algunas de las extremidades o en varias de ellas. El cuadro es semejante en muchos aspectos al de la mielopatía espondilítica. En general, los síntomas progresan con bastante rapidez dificultando y limitando cada vez más la actividad. Los signos de la mielopatía fluorótica se deben principalmente al estrechamiento del conducto raquídeo, o de los agujeros de conjunción, que origina compresiones en algún punto o en varios. La atrofia muscular no es una de las características dominantes en enfermos; sólo se observa en muy pocos casos y generalmente esta limitada a los músculos de la mano o del antebrazo, predominando en los primeros. Sólo en dos casos se observa fasciculaciones. No siempre es posible relacionar la localización de la atrofia muscular con los puntos de compresión. La atrofia de las manos tiende a ser intensa en los casos de compresión del último segmento cervical o del primero dorsal de la médula, a veces también lo es en las compresiones más altas, lo cual parece indicar que la compresión dificulta el riego sanguíneo en los segmentos inferiores del ensanchamiento cervical. El tono muscular de las extremidades esta generalmente aumentada, en gran parte a causa de la afectación de la neurona motriz superior pero también en muchos casos como resultando de las alteraciones musculares y óseas producidas por la fluoro---

sis. En casos avanzados la rigidez muscular es tan acusada que resulta imposible flexionar aisladamente un miembro sin que todo el esqueleto se mueva como un bloque; este fenómeno se debe en parte a la presencia de contracturas en las rodillas y las caderas.

En los pacientes neurológicos, presentan trastornos sensitivos de diversos tipos y localización. La pérdida de sensibilidad es parecida a la producida por una compresión tumoral. Todas las formas de la sensibilidad están alteradas por debajo de cierto nivel, generalmente en la proximidad del ombligo. La sensibilidad táctil epicrítica está menos afectada que las otras formas. Los haces posteriores están mucho más afectados que los espinotalámicos. En las extremidades superiores, las parestesias y los trastornos sensitivos se limitan a un solo dermatoma, mientras que en otros aparecen en forma de guante en ambas manos.

En general, los reflejos tendinosos están exaltados en las extremidades inferiores, aunque en los casos avanzados es difícil ponerlos de manifiesto por la contractura de la rodilla. En algunos casos se encuentran exaltados los reflejos profundos de las extremidades superiores, mientras que en otros están abolidos. En algunos casos se encuentra un reflejo invertido del supinador. También se encuentran trastornos de la micción como disuria o incontinencia urinaria. En los casos avanzados sobreviene gradualmente una paraplejía en flexión con espasmos flexores. Los mo-

vimientos activos y pasivos de la columna vertebral están restringidos y son dolorosos, y en casos se encuentra una deformidad cifósica.

Aunque se encuentran también otras manifestaciones neurológicas, tales como afectación del nervio auditivo, cefaleas y convulsiones de tipo tetánico, alteraciones electroencefalográficas y neuralgíaparestésica. Como la calcificación de los discos intervertebrales y de los ligamentos hace difícil alcanzar el espacio subaracnoideo, tanto por punción lumbar como cisternal, sólo en algunos casos es posible estudiar la composición y la circulación del líquido cefalorraquídeo. Las proteínas se encuentran aumentadas por encima de 200 mg./100 ml. La presión del líquido cefalorraquídeo es baja, lo que indica un bloqueo parcial del espacio subaracnoideo. Y en mínimos casos es posible realizar un estudio mielográfico. La mielopatía puede confundirse por su cuadro clínico con la espondilitis cervical, los tumores extra e intramedulares, la degeneración combinada subaguda de la médula, la siringomielia y los síndromes de la neurona motriz. Afortunadamente, las características clínicas y radiológicas de la fluorosis permiten establecer el diagnóstico con facilidad.

#### 6.4.- EFECTOS TOXICO CRONICOS SOBRE EL RIÑON.

Si bien parece indudable que la fluoración no entraña peligro alguno para las personas con una función re-

nal normal, no está absolutamente descartada la posibilidad de que el fluoruro puede agravar una enfermedad renal preexistente. La insuficiencia renal puede provocar una retención del fluoruro y, en consecuencia, un aumento de la concentración de éste en los tejidos con la consiguiente reducción del margen de seguridad.

#### 6.4.1.- ANATOMIA PATOLOGICA.

En el hombre no se han señalado nunca lesiones renales producidas inequívocamente por la exposición crónica a la acción del fluoruro.

Las alteraciones que más se acercan a una nefropatía son las que se observan en los que han trabajado con criolita; en efecto "la intoxicación por criolita produce alteraciones considerables en los huesos y en los ligamentos, pero no en los órganos; en estos últimos sólo se observan a lo sumo, alteraciones dudosas". En estos casos se presenta una nefritis intersticial crónica moderada que permite suponer una posible intervención etiológica del fluoruro. Los riñones tienen un tamaño normal y el examen microscópico demuestra que los glomérulos están bien conservados. Algunos túbulos están dilatados; en algunos sitios son "quisticos" y contienen un líquido seroso.

#### 6.4.2.- EFECTOS AGUDOS POR UNICA INGESTION DE DOSIS MASIVA.

Se han señalado no muchos casos de nefritis tóxi-

ca en personas intoxicadas por la ingestión accidental o de liberada de una fuerte dosis aislada de fluoruro. Los efectos que se observan principalmente (que, por cierto, difieren bastante del cuadro de las nefropatías crónicas) son: - a) congestión y tumefacción difusa de las células de los túbulos renales; b) hiperemia y degeneración grasa del epitelio tubular; c) hiperemia visceral aguda que no se limita sólo al riñón. Si el individuo sobrevive, la regeneración se produce durante el reestablecimiento. Como la ingestión de agua fluorada y suplementos no producen estos efectos agudos no insistiremos más sobre esta cuestión.

#### 6.4.3.- RELACION DOSIS - RESPUESTA.

La concentración límite de fluoruro en el agua — que produce alteraciones en algunos individuos es de aproximadamente 100 ppm, que en la práctica equivale a una dosis diaria de unos 100 mg./kg.; esta dosis es muy superior (quizá 10-30 veces) a la que reciben en los casos de ingestión de 3 a 4 ppm de fluoruro en el agua, provoca una fluorosis enquistante. En consumo de agua normal dosificada se observan alteraciones anatomopatológicas renales que se atribuyen a la acción del fluoruro. Las alteraciones anatomopatológicas observadas en los riñones son consideradas como propias de personas de edad avanzada, y no como efectos del fluoruro.

#### 6.4.4.- EFECTOS FUNCIONALES.

Se ha tratado de descubrir alteraciones funcionales causadas por la exposición crónica de fluoruro en diversos grupos de población: obreros de la industria de criolita, habitantes de zonas de fluorosis endémica y residentes en poblaciones que consumen agua fluorada. En los casos de obreros de fábricas de criolita apenas se encuentran síntomas relacionados con el riñón: a) aquejan sed extraordinaria en algunos casos; b) en la mayoría de los casos no se encuentra ni albúmina, ni azúcar en la orina; c) y otros presentan síntomas de nefritis crónica; d) en personas diabéticas se encuentra glucosuria.

La excreción urinaria de fluoruro no disminuye — apreciablemente en los niños con enfermedades renales, ni en los ancianos con enfermedades renales avanzadas. Sin embargo, estos resultados no excluyen la posibilidad de que el fluoruro aumenta en el suero con la consiguiente elevación de las concentraciones tisulares. Si el organismo está formando hueso, estos aumentos tienen por consecuencia un incremento del depósito óseo de fluoruro, mientras que en ausencia de osteogénesis puede ser todavía más acusado el aumento de la concentración de fluoruro en el suero y en los tejidos blandos.

#### 6.4.5.- AGUA FLUORADA, HEMODIALISIS Y OSTEOPATIAS.

La hemodiálisis regular, actualmente muy difundida permite seguir viviendo durante muchos años a gran núme-

ro de pacientes con insuficiencia renal parcial o completa. A este respecto ofrece interés la cuestión de la fluoración del agua, ya que en los riñones artificiales se suele utilizar agua del grifo y, el fluoruro que ésta contiene podría contribuir a las osteopatías que se observan en muchos pacientes sometidos a hemodiálisis.

Durante una diálisis con agua fluorada el paciente capta parte del fluoruro de ésta razón de 10-20 mg. por 6-14 horas de diálisis. Estas dosis no entrañan un peligro apreciable para un adulto con función renal normal, pues parte del fluoruro se deposita en el esqueleto y el resto se excreta rápidamente. En cambio, como en los pacientes sometidos a hemodiálisis la función renal suele estar abolida y la osteogénesis es deficiente el factor crítico en estos casos no es la dosis de fluoruro sino la concentración sérica de éste. La mayoría de los pacientes sometidos a diálisis con agua fluorada en el hospital en terapia con calcio y vitamina D. Las altas concentraciones de fluoruro que se encuentra en el suero de estos pacientes, hace pensar que el fluoruro agrava o acusa la osteopatía. Parece probable que la concentración sérica de fluoruro refleje la gravedad de la enfermedad ósea, pero que no sea su causa. No obstante, en el caso de los pacientes las altas concentraciones séricas de fluoruro podrían haber dificultado el tratamiento de la enfermedad ósea una vez aclarada. Por otra parte, como los efectos del fluoruro sobre el hueso tardan años en manifestarse, es preferible no hacer juicios prematuros y limi-

tarse a aconsejar que, siempre que por razones experimentales o económicas continúe utilizándose agua fluorada en la hemodiálisis, se vigile el estado de los huesos y las concentraciones séricas del fluoruro en los enfermos tratados.

#### 6.5.- EFECTOS TOXICOS SOBRE EL TIROIDES.

El problema de los efectos tóxicos de los fluoruros sobre el tircides es realmente muy complejo pues, mientras que hasta hace algún tiempo se utilizaba el fluoruro - como medicamento antitiroideo en la enfermedad de Graves-Bassedow (bocio oftálmico), actualmente se piensa que ese mismo fluoruro, absorbido de manera continua e incluso en cantidades excesivas, no ejerce ningún efecto nocivo en el tiroides.

##### 6.5.1.- TRATAMIENTO DE LA ENFERMEDAD DE GRAVES BASEDOW.

Entre los medicamentos antitiroideos utilizados, merece especial mención el yodo. El yodo es el medicamento antitiroideo más antiguo y todavía hoy ocupa el primer lugar en la preparación preoperatoria para estimular la involution de la glándula, el almacenamiento de coloide y la reducción del metabolismo basal; por otra parte, es indispensable para la prevención del bocio.

En el tratamiento de la enfermedad Graves-Basedow también se ha utilizado el flúor. La administración prolon-

gada de fluoruro sódico (50-100 mg./día) produce a veces una mejoría clínica y una disminución del metabolismo basal pero, como el efecto terapéutico es débil, inconstante y pasajero, aparte de que no está exento de riesgos esta forma de medicación ha sido abandonada.

El fluoruro carece de efecto en las personas normales. No revela ninguna alteración patológica y la captación de yodo radioactivo por el tiroides (en 24 horas), el metabolismo basal y la colessterina sérica no varían con el tratamiento y se mantiene dentro de los límites normales. En vista de ello, se considera improbable que el fluoruro tuviera efectos perjudiciales sobre el tiroides.

Todavía no se sabe por qué el fluoruro sódico ejerce un ligero efecto antitiroideo en los pacientes hipertiroideos y, es inactivo en los sujetos normales. Las tentativas de preparar medicamentos fluorados que compitieran con la tironina no han dado resultado alguno. La sustitución de uno o más átomos de yodo por átomos de flúor en la molécula de la tiroxina o de la tironina sólo produce sustancias carentes de actividad antitiroidea.

#### 6.5.2.- ANTAGONISMO YODO-FLUOR.

El tiroides no sólo tiene afinidad por el yodo si no también por otros miembros del grupo séptimo de la tabla periódica de los elementos. Esta afinidad ha sido confirma-

da en el caso del cloro y del bromo, pero no en el del flúor. No se ha encontrado relación alguna entre el contenido de flúor en el tiroides de los sujetos hipertiroideos, la cantidad de yodo contenida en dicha glándula, el metabolismo basal y la concentración de fluoruro en el agua potable.

Actualmente sabemos que el flúor no se acumula en el tiroides y que su presencia no reduce la captación tiroidea de yodo ni ejerce efecto alguno sobre la síntesis de la tiroxina.

El consumo de agua potable con fluoruro (natural o añadido) no deprime la función tiroidea ni altera la morfología ni la estructura histológica del tiroides. La función tiroidea no se resiente ni siquiera cuando se consume durante toda la vida un agua con 6 o 7 ppm de fluoruro.

El bocio endémico y la fluorosis endémica son dos entidades patológicas distintas. Así, puede existir fluorosis con o sin bocio, y viceversa. Cada enfermedad tiene su tratamiento específico: la fluorosis se evita eliminando el fluoruro del agua y el bocio administrando yodo. Ambas epidemias pueden coexistir cuando coinciden la falta de yodo y el exceso de fluoruro. La desaparición del bocio endémico y del cretinismo a consecuencia de la profilaxis yódica, que siempre ha resultado eficaz independientemente de la concentración de fluoruro en el agua.

En la actualidad, no obstante la ingestión creciente de fluoruro (a partir del agua o de la leche fluorada, en comprimidos, etc.), el bocio no ha reaparecido ni siquiera en la forma más fácil de provocar, es decir hipertrofia tiroidea neonatal.

El problema de los efectos tóxicos del fluoruro sobre el tiroides puede considerarse zanjado: no existe una toxicidad específica del fluoruro para esta glándula.

Esta afirmación se basa fundamentalmente en las siguientes observaciones:

El flúor no se acumula en la tiroides.

El flúor no influye en la captación del yodo por el tejido tiroideo.

Las alteraciones patológicas del tiroides no son más frecuentes en las regiones donde se consume agua fluorada (natural o artificialmente) que en los demás.

La administración de flúor no interfiere la acción profiláctica del yodo en el bocio endémico.

#### 6.6.- INTOXICACION GENERAL Y VICERAL.

Como las manifestaciones dentales y óseas de la fluorosis son fáciles de descubrir y constituyen una prueba segura de la enfermedad, suelen pasarse por alto otras anomalías físicas. Pueden presentarse en las personas que habi

tan en regiones con aguas ricas en fluoruro, entre ellos, - los siguientes: estreñimiento, forunculosis, urticaria, - dermatosis, alopecia y uñas quebradizas. Los fluoruros pueden provocar depresión y melancolía por su acción sobre el sistema nervioso central y afectar a ciertas glándulas endocrinas al actuar simultáneamente sobre el sistema nervioso central y sobre el vegetativo. También se pretende que el - trastorno del metabolismo del calcio, las alteraciones cutáneas y dentales y las uñas quebradizas se deben a una disfunción paratiroides y la hipotensión arterial, la astenia y la alteración de las gónadas con feminización a una disfunción suprarrenal. Así también se atribuye la urticaria, las cefaleas, las alteraciones electroencefalográficas y - otros muchos síntomas a reacciones alérgicas causadas por - el fluoruro.

También se han atribuido a los fluoruros otros muchos efectos biológicos. Aunque muchas de estas atribuciones son enteramente gratuitas, algunas son fruto de estudios detenidos y cuidadosos.

Para el problema de la intoxicación general, donde el agua contiene aproximadamente de 8 a 10 ppm de fluoruro. Se observa que no hay ningún indicio significativo de - retraso del desarrollo de anemia excesiva o de carencia nutritiva. Tampoco se encuentran signos de bocio ni de hipertiroidismo. El aparato cardiovascular no presenta anomalías. Por consiguiente, si se exceptúan las lesiones dentales, -

óseas y neurológicas, los estudios clínicos sobre la fluorosis en relación con la intoxicación general han sido en su mayor parte negativos.

#### 6.6.1.- SISTEMA HEMATOPOYETICO.

Se han observado alteraciones hemáticas en los casos de fluorosis. Se presenta en algunos casos anemia (posiblemente secundaria a un desequilibrio nutritivo), que se atribuyen a una obliteración parcial de los espacios medulares por la formación de hueso denso. La concentración de hemoglobina se comprende entre 8 y 15,5 g. por 100 ml. A este respecto conviene tener en cuenta la dificultad que supone separar los efectos específicos del fluoruro de los otros factores como la mal nutrición u otros desequilibrios nutritivos. Sobre la fluorosis industrial, en la que las ingestiones de fluoruro son mucho mayores, demuestran que tanto el recuento sanguíneo como las concentraciones de hemoglobina siguen siendo normales; por otra parte, la anemia no es una característica sobresaliente. No se han observado alteraciones significativas de los factores de la coagulación, pese a que experimentalmente se ha comprobado que los fluoruros inhiben la coagulación a concentraciones relativamente bajas y pueden resultar útiles como anticoagulantes. Todavía no se sabe con seguridad si esta acción la ejercen por inhibición de la protromboquinasa, por precipitación del calcio en forma de sales insolubles o por algún otro mecanismo.

### 6.6.2.- EFECTOS METABOLICOS.

El fluoruro ejerce un efecto inhibitor sobre muchos sistemas enzimáticos. Se ha supuesto que el fluoruro - ejerce el mismo efecto, en mayor o menor medida, sobre los procesos metabólicos en general. No obstante, como se ha de- mostrado la inhibición enzimática en las células y en los - líquidos orgánicos requiere concentraciones de fluoruro mu- cho mayores que las necesarias para inhibir las enzimas.

Teniendo en cuenta que la toxicidad del ión fluo- ruro para una serie de enzimas está universalmente reconoci- da, resulta sorprendente que apenas se conozcan otras mani- festaciones clínicas aparte de las anomalías dentales y - óseas.

### 6.6.3.- EFECTOS ENDOCRINOS.

Parece natural que la interferencia de agentes - químicos tengan efectos clínicos precoces y pronunciados en el sistema endocrino, donde las reacciones enzimáticas in- tervienen en el metabolismo intermediario y en la síntesis de hormonas muy sensibles. En consecuencia, se ha prestado gran atención a la influencia del fluoruro sobre la química hormonal y a las alteraciones clínicas que puede provocar - en las funciones endocrinas, en particular las tiroideas.

Tienen especial importancia los efectos de la -

fluorosis sobre la función reguladora de la concentración plasmática de calcio y de fósforo inorgánico que ejercen las paratiroides al influir sobre el depósito y la eliminación de esos elementos en el sistema óseo y sobre su excreción por el riñón. En la descripción de las alteraciones óseas producidas por la fluorosis, y el hiperparatiroidismo ejercen en el hueso un efecto semejante, y que el cuadro final puede ser una combinación de ambos procesos. Sin embargo, el diagnóstico diferencial se puede establecer fácilmente basándose en la historia clínica y en las concentraciones séricas de calcio, fósforo inorgánico y fosfatasa alcalina. Además, el examen radiológico revela una osteosclerosis pronunciada en los casos de fluorosis, mientras que en las afecciones paratiroides se observa descalcificación generalizada. Los signos característicos de osteosclerosis y de calcificación de los ligamentos que aparecen en las etapas avanzadas de la fluorosis crónica podrían indicar un trastorno en el metabolismo del calcio. En repetidas ocasiones se ha avanzado la hipótesis de un antagonismo entre el flúor y el calcio, especialmente en el terreno experimental pero la realidad es que apenas se han hecho estudios detallados sobre el metabolismo del calcio.

Aunque las acusadas y características alteraciones esqueléticas evocan un trastorno del metabolismo calcio, lo más probable es que se desarrollen con tal lentitud (a lo largo de 20 años o más) que no se reflejan en las pruebas corrientes de la función paratiroidea. No hay datos

acerca de efectos que pueden ejercer los fluoruros sobre —  
otros órganos endocrinos.

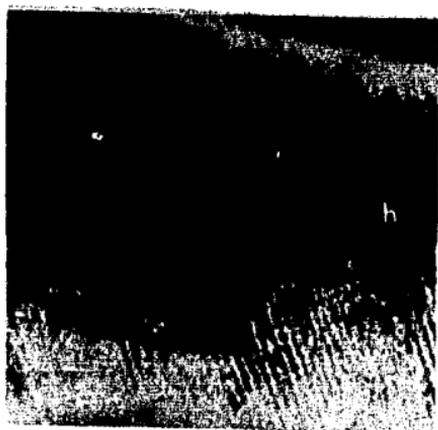
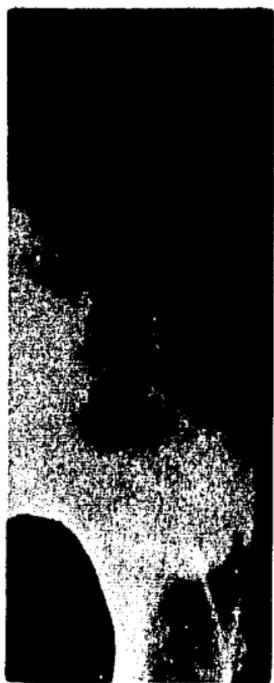
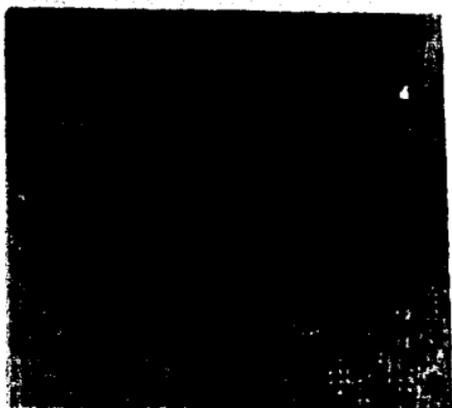
#### 6.6.4.- EFECTOS GENERALES.

Los efectos del fluoruro sobre el estado general de salud basándose en datos de mortalidad de comunidades — sin fluoruro y artificialmente fluoradas. No hay ninguna relación entre la mortalidad y la presencia de fluoruro en el agua potable. No se encuentran alteraciones patológicas o — fisiológicas significativas, a excepción de una incidencia elevada de la fluorosis dental.

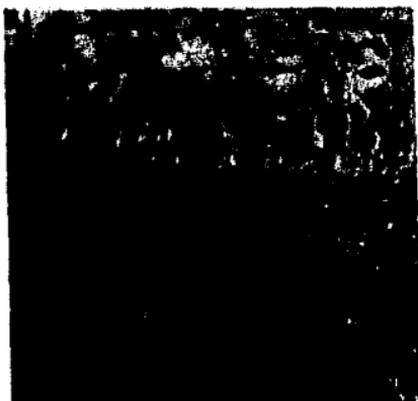
**A PARTIR DE**

**ESTA PAGINA**

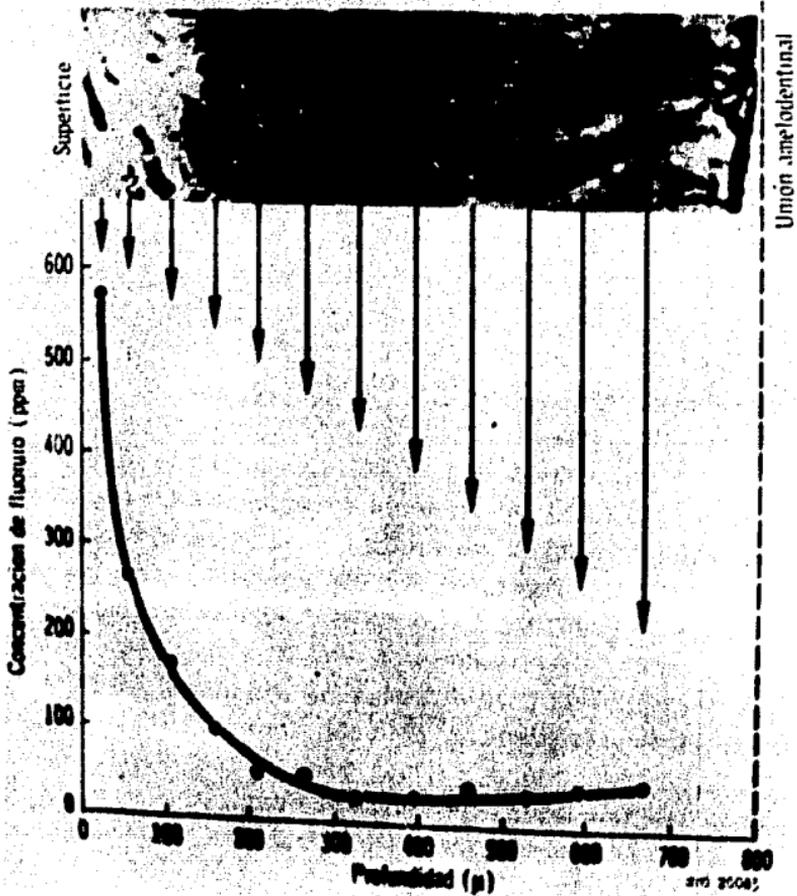
**FALLA  
DE  
ORIGEN**



ESMALTE MOTEADO EN LOS DIENTES HUMANOS. Y LA ESTRUCTURA DE LOS PRISMAS DEL ESMALTE Y DE LAS ESTRIAS TRANSVERSALES QUE INDICA -- UNA HIPOCALCIFICACION.



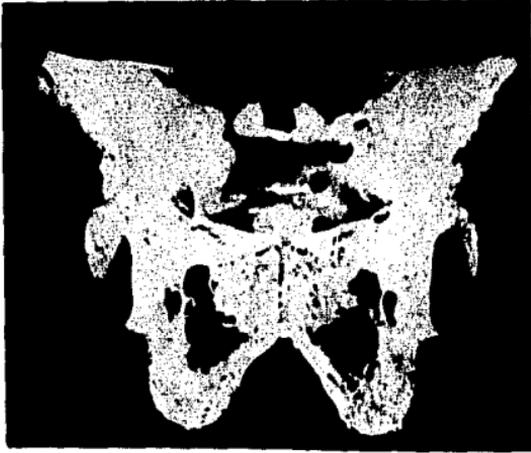
EFEECTO DEL FLUORURO SOBRE EL DESARROLLO DE LOS DIENTES DE RATA. EN LAS DOS FOTOGRAFIAS SUPERIORES SE VE EL DIENTE ANTES DE LA ADMINISTRACION EXCESIVA DE FLUORURO; Y EN LAS DOS INFERIORES SE MUESTRA UN RETRATO DE LA MINERALIZACION, POR LA MENOR CONFLUENCIA E INTENSIDAD DEL PRECIPITADO EN LA MATRIZ DEL ESMALTE.



DISTRIBUCION DEL FLUORURO EN EL ESMALTE HUMANO  
( CARA LABIAL DE UN INCISIVO SUPERIOR PERMANENTE ).



ESMALTE MOTEADO EN UNA NIÑA DE UNA REGION DE FLUOROSIS.



ASPECTO ANORMAL DE LA PELVIS Y NEOFORMACION IRREGULAR DE HUESO EN UN CASO DE FLUOROSIS. I VISTA FRONTAL, II VISTA LATERAL.



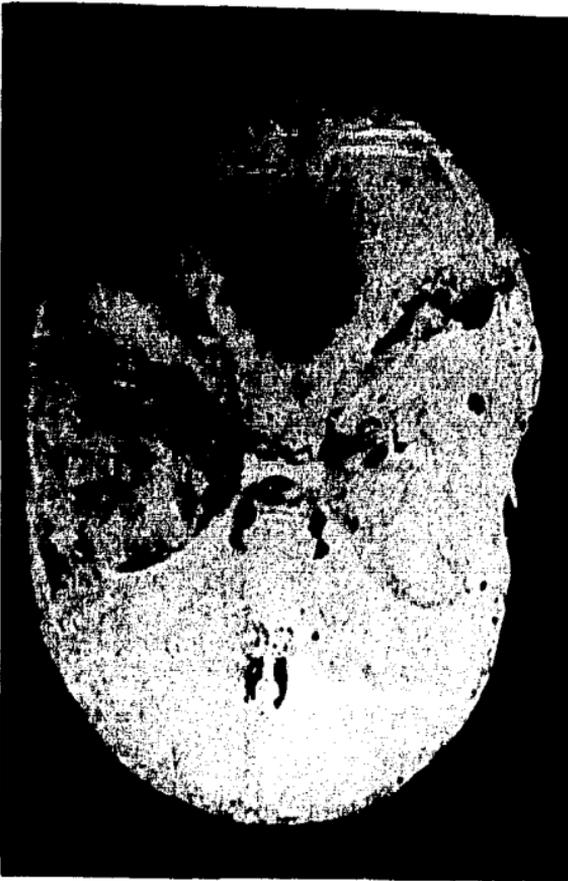
MANIFESTACIONES DE LA FLUOROSIS AVANZADA EN LOS HUESOS DEL ANTEBRAZO Y EL FEMUR; CON INTENSA CALCIFICACION DE LA MEMBRANA Y NEOFORMACION IRREGULAR DE TEJIDO OSEO.



VERTEBRAS DORSALES SOLDADAS, CON AGUJEROS DE CONJUNCION ESTRECHADOS Y OSTEOFITOS IRREGULARES.



VERTEBRA CERVICAL, CON ENORME EXOSTOSIS QUE SE PROYECTA EN EL CONDUCTO RAQUIDEO.



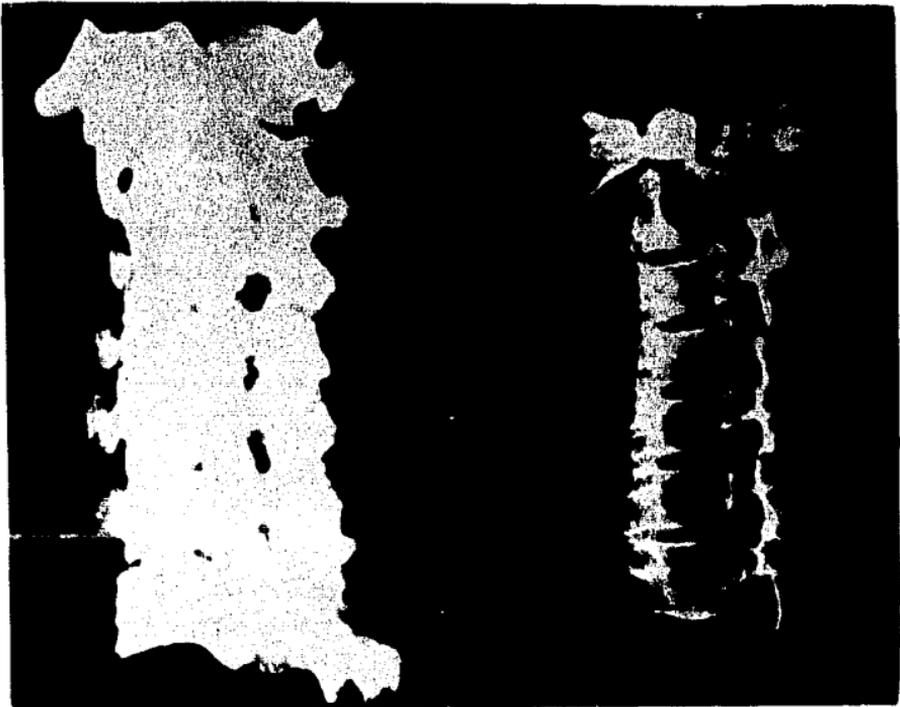
MANIFESTACIONES DE FLUOROSIS AVANZADA EN  
LOS HUESOS DEL CRANEO.



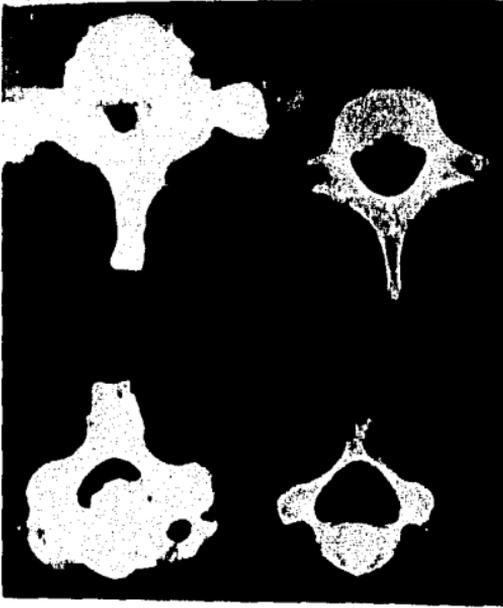
RADIOGRAFIA DE LA COLUMNA CERVICAL QUE MUESTRA LA PRONUNCIADA OSTEOSCLEROSIS.



RADIOGRAFIA POST-MORTEM DE LA COLUMNA CERVICAL EN UN CASO DE FLUOROSIS ( SUPERIOR ) Y EN UN SUJETO NORMAL ( INFERIOR ).



RADIOGRAFIA DE LA COLUMNA LUMBODORSAL  
QUE MUESTRA LA OSTEOSCLEROSIS Y LA --  
PRONUNCIADA OSTEOFITOSIS.



RADIOGRAFIAS POST-MORTEM DE VERTEBRAS  
 DORSALES Y CERVICALES FLUOROTICAS (IZ  
 QUIERDA) Y NORMALES ( DERECHA ).



RADIOGRAFIA DEL TORAX QUE MUESTRA EL CONTRASTE  
 ENTRE LAS COSTILLAS DE ASPECTO MARMOREO Y LA -  
 TRANSPARENCIA DE LOS CAMPOS PULMONARES.



PREPARACION HISTOPATOLOGICA DE UNA BIOPSIA  
OSEA QUE MUESTRA LA DISTRIBUCION LAMINAR -  
DESORDENADA.



ENFERMOS CON FLUOROSIS ENDEMICA AVANZADA CON INV  
LIDEZ Y DEFORMIDAD CIFOTICA PRODUCIDAS POR LA ---  
FLUOROSIS ANQUILOSANTE QUE SON MUY ACUSADAS.

## .- FLUORUROS E HIGIENE DENTAL.

Aunque algunos investigadores han señalado ya la baja frecuencia de la caries dental en poblaciones con esmalte moteado, hasta los estudios sistemáticos (realizados después de haberse descubierto que la causa de esta anomalía es el consumo excesivo de fluoruro) no se tiene una prueba definida de la forma de acción anti-caries del flúor. La bibliografía, en efecto, contiene múltiples alusiones a la acción protectora del fluoruro, presentando pruebas y datos convincentes.

Las condiciones en que aparece el esmalte moteado son definidas así:

El moteado sólo aparece cuando la dentadura está permanentemente expuesta durante el desarrollo y la calcificación a un exceso de fluoruro. Los dientes definitivos se afectan con más frecuencia e intensidad que los dientes temporales.

Por lo general, el moteado está causado por el consumo de agua excesivamente rica en fluoruro. En habitantes de zonas templadas, con una concentración de 1.0-1.1 ppm basta ya para provocar alteraciones perceptibles en el esmalte en desarrollo de los dientes definitivos. Esta concentración umbral da lugar a la aparición esporádica de manchas nacaradas cuyo color apenas difiere del resto del esmalte en un número limitado de los dientes del sujeto. Tales manchas son imperceptibles para el profano y no resultan antiestéticas. Sólo cuan-

do la concentración de fluoruro en el agua potable pasa de 1.4 - 1.6 ppm aparecen los primeros signos de una fluorosis dental más intensa: en algunos dientes de ciertos sujetos se observan entonces pequeñas manchas de color amarillo claro a pardo. Cuando el contenido de fluoruro excede de 2.0 ppm, en la gran mayoría de la población expuesta pueden verse manchas parduzcas de tamaño variable distribuidas en numerosos dientes. A partir de 2.5 ppm, el esmalte deja de ser liso y aparecen signos de hiperfluorosis dental grave, con zonas hipoplásicas y, con frecuencia, aparición de una coloración bastante oscura que se extiende a grandes zonas del esmalte de algunos dientes. Así pues, la intensidad del moteado es proporcional a la riqueza en fluoruro del agua; sin embargo, el paralelismo no es en modo alguno absoluto, ya que en el moteado no sólo influye la riqueza en flúor sino también la cantidad de fluoruro ingerida. Como el consumo de agua aumenta cuando la temperatura anual media es elevada, las pequeñas concentraciones de fluoruro son más perjudiciales para el esmalte en los climas calurosos que en zonas templadas. También son importantes a este respecto el modo de vida y los hábitos alimentarios; así, por ejemplo, se observa que el esmalte es más vulnerable en los casos de mal nutrición. En comparación con el fluoruro aportado por el agua, la influencia de los fluoruros contenidos en los alimentos sólidos es muy pequeña, aunque en circunstancias especiales pueden tener cierta importancia práctica.

Una modificación del agua de abastecimiento público (transformación del agua hiperfluorada en agua hipofluorada) entra

ña la desaparición del moteado dental en los niños nacidos - después de dicha modificación; sin embargo, el moteado del - esmalte ya formado no desaparece.

El moteado antiestético es el primer signo de una lesión pro- ducida por un aumento del consumo de fluoruro, pero sólo apa- rece en una fase tardía, cuando erupcionan los dientes afec- tados. Los ameloblastos productores del esmalte con las célu- las del organismo más sensibles a la acción del fluoruro. -- Otros tejidos, órganos y funciones sólo se afectan con con- centraciones de fluoruro notablemente superiores.

Una vez determinada la concentración umbral de -- fluoruro que ejerce efectos perjudiciales, se evalúa cuanti- tativamente el efecto protector contra la caries. Se puede - reproducir artificialmente las condiciones naturales favora- bles para la dentición (que se encuentran por azar en muchos lugares), enriqueciendo con ión fluoruro el agua potable hi- pofluorada hasta alcanzar la concentración óptima de fluoru- ro a la población por otros vehículos distintos del agua, es- pecialmente con el fin de proteger contra la caries dental a las colectividades que no disponen de conducciones de agua - potable.

Además de estas tentativas de aumentar el consumo de fluoruro hasta el nivel deseado, se hacen ensayos de apli- cación local de fluoruro, en vista de que se ha demostrado - que incluso el esmalte plenamente desarrollado puede retener el fluoruro del exterior y que éste también ejerce una ac--

ción protectora contra la caries. Estos tratamientos locales revisten dos formas: toques breves y repetidos con una solución de fluoruro (descritos como "aplicación tópica"), practicados por el dentista o un auxiliar, y empleo de pastas -- dentífricas y de colutorios a base de fluoruro.

En los siguientes párrafos se resumen las observaciones que conducen al enriquecimiento artificial del agua -- potable con fluoruro y, a continuación, se revisan los resultados que se han logrado con esta medida a fin de compararlos con los obtenidos por otros procedimientos de aplicación del fluoruro y tratar así de averiguar cuales son los mejores métodos de profilaxis fluorada de la caries dental.

## 7.1.- EFECTOS POR INGESTION DEL FLUORURO EN LA CARIES DENTAL.

### 7.1.1.- INGESTION DE FLUORURO POR EL AGUA.

Mientras que el antagonismo entre la riqueza en -- fluoruro del agua y la aparición de la caries se pone de manifiesto con gran regularidad, no se puede establecer ninguna relación entre la frecuencia de la caries y de la dureza del agua, factor que se ha considerado determinante en la -- aparición de la caries. En todos los intervalos de concentración de fluoruro se observan pequeñas desviaciones de la regla general; así pues, la frecuencia de la caries no está estrictamente en relación inversa a la concentración de fluorur

ro. Ya que influyen factores como mal nutrición, modo de vida, factores genéticos, etc.

Si se tiene también en cuenta la presencia de esmalte moteado, puede verse que existe una gama de concentraciones en la que no hay ningún peligro de hiperfluorosis dental, ni siquiera de un cambio mínimo del color de los dientes pero que sin embargo confiere una protección manifiesta contra la caries. Esta protección es casi tan grande como la que proporcionan concentraciones superiores de fluoruro, inclusive aquellas que provocan un moteado antiestético del esmalte. La gama de concentraciones protectoras va aproximadamente de 1,0 a 1,2 ppm de fluoruro en el agua.

En particular, se ha observado que el efecto protector sobre la dentición definitiva se manifiesta en los niños, y al parecer, se mantiene constante hasta que cesa la administración.

Es significativo el hecho de que el efecto protector del fluoruro pueda asociarse a otros factores para reducir la frecuencia de la caries. Por ejemplo, el agua rica en fluoruro protege a los dientes definitivos tanto por sí sola como en combinación con las restricciones alimentarias.

La acción protectora no se limita a los niños en edad escolar, sino que también se observa en los adolescentes. Por lo que el enriquecimiento artificial de agua potable con fluoruro:

- a) reduce casi en un 60% la intensidad de la caries;
- b) sextuplica el número de niños que llegan sin caries;
- c) reduce aproximadamente en un 95% el número de caries de las caras laterales de los incisivos superiores.

#### 7.1.1.1.- PROTECCION DENTAL EN ADULTOS.

Las analogías que se observan de frecuencia de la caries en los niños y adolescentes que viven en lugares donde el agua es fluorada y aguas naturales ricas en fluoruro corroboran la hipótesis de que el efecto protector de la fluoración sigue siendo el mismo a lo largo de los años, de igual modo que el de un agua naturalmente hiperfluorada. Interesa pues examinar datos disponibles sobre la protección contra la caries conferida a los adultos por el agua rica en fluoruro natural. La protección persiste al menos hasta pasada la edad en que las periodontopatías comienzan a representar un papel importante en la pérdida de dientes.

Sin embargo, merece destacarse el hecho de que la diferencia absoluta del número de dientes cariados o perdidos entre las personas "protegidas" y las "indefensas" disminuye con la edad, mientras que aumenta en lugares donde la ingestión de agua fluorada natural contiene altas concentraciones de fluoruro. Ahora bien, si el efecto protector se expresa en la forma usual (porcentaje de la frecuencia de la caries) hay una clara tendencia a la disminución con la edad.

### 7.1.1.2.- EFECTO SOBRE LA CARIES DE LOS DIENTES TEMPORALES.

A fin de excluir los dientes temporales perdidos - por caída natural, el número de dientes cariados y extraídos se expresa a veces en función al número de dientes temporales presentes. Sin embargo, teniendo en cuenta que ese número no sólo depende de la incidencia de la caries sino también de la calidad y la cantidad de la asistencia odontológica que recibe el niño, es evidente que no permite caracterizar de manera inequívoca la frecuencia global de la caries. Como entre el cambio de los incisivos y el de los caninos y molares pasa cierto tiempo, al comienzo de la edad escolar - pueden utilizarse los caninos y molares temporales para evaluar la frecuencia de la caries en la dentición temporal - (restante) valiéndose de la siguiente fórmula: número de molares y caninos temporales cariados, extraídos y obturados - en cada 100 niños examinados. Más exacto es hacer caso omiso de los dientes temporales perdidos cuando los definitivos ya han salido. La necesidad de determinar la frecuencia de la caries en los dientes temporales durante la edad escolar proviene de la dificultad de examinar una fracción representativa y no seleccionada. Otro índice útil, al menos a efectos comparativos, es el porcentaje de niños sin caries de los dientes temporales en los distintos grupos de edad examinados. También este número proporciona una imagen demasiado optimista de la situación real.

Respecto a la frecuencia de la caries en la dentición temporal y al efecto protector del flúor durante la edad escolar (en los casos de consumo de agua natural rica en fluoruro, se observa que los dientes temporales están sensiblemente menos protegidos que los dientes permanentes en el mismo individuo.

En el caso de la fluoración artificial del agua, el efecto protector parece ser mayor, como en el caso de los dientes definitivos, cuando la ingestión es continua durante largo tiempo, quizás desde el nacimiento. El efecto protector es menos pronunciado en la dentición temporal que en la definitiva, incluso cuando se consume agua enriquecida con fluoruro.

Todavía no está explicado el hecho de que los dientes temporales estén menos protegidos que los permanentes, incluso cuando la ingestión de una cantidad mayor u óptima de fluoruro es anterior a la concepción. Dos circunstancias podrían contribuir a explicarlo en parte: el hecho de que la diferenciación morfológica y el comienzo de la mineralización y la acción de "barrera" de la placenta que frena la entrada frente a una mayor cantidad de fluoruro en la circulación fetal. La barrera placentaria ya es eficaz ante las concentraciones de fluoruro que se encuentran en el agua y se ha observado que la ingestión de fluoruro por la madre durante el embarazo no influye sobre la frecuencia de la caries del niño; aunque no en todos los casos sucede lo mismo, en consecuencia, cabe pensar que la ingestión de fluoruro que

se considera óptima para la madre se encuentra sólo en el límite de eficacia para el feto.

Por otra parte, conviene también tener en cuenta que los dientes temporales de los niños de 6 a 8 años están a punto de terminar su existencia por lo que no son comparables a los dientes definitivos que inician la ayuda en los mismos niños. Es más adecuado compararlos con los dientes permanentes de los adultos de edad avanzada, que al menos ofrecen cierto paralelismo. Con todo, y los datos disponibles no se permite extraer conclusiones definitivas sobre la causa de las indiscutibles diferencias que se observan entre los dientes permanentes y los temporales desde el punto de vista del efecto protector.

#### 7.1.2.- EFECTOS DEL FLUORURO CON LA SAL.

La sal común es, después del agua, el vehículo más apropiado para asegurar una ingestión óptima de fluoruro. Enriquecida con yodo, se ha utilizado ya con éxito para prevenir el bocio. Un kg. de esta sal contiene 10 mg. de yoduro potásico y 200 mg. de fluoruro sódico, lo que corresponde a 90 mg. de flúor en forma de ión fluoruro. Como el consumo diario por adulto es de unos 7 g. de sal, el enriquecimiento aporta como máximo 0,63 mg. de fluoruro diarios y es de suponer que la ingestión de fluoruro con la sal es menor en los niños, particularmente en los lactantes.

Este enriquecimiento (pese a que para los adultos es inferior al óptimo en un 50% por lo menos) origina una disminución significativa de la frecuencia de la caries, expresada por el número de dientes cariados, extraídos y obturados, al cabo de 5 a 8 años de consumo con supervisión de esa sal como sal de mesa y de cocina. Esta reducción en cuanto a magnitud y distribución de la caries en las distintas superficies dentales, es semejante a la que se observa después de la fluoración del agua. La cuantía de la reducción en los niños y niñas varía entre el 8% y el 28% según la edad.

#### 7.1.3.- EFECTOS DEL FLUORURO CON LA HARINA.

En algunos países se ha empleado la harina como vehículo de administración de calcio, yodo y diversas vitaminas, y también se propone como excipiente del fluoruro. Se observa que el consumo de harina está menos expuesto a fluctuaciones que el de agua. La fluoración de la harina, como la de la sal, tiene la ventaja que exige una cantidad mucho menor de sustancia activa; además, en el caso de la producción en gran escala, las medidas de control son más sencillas que las requeridas por la fluoración del agua de abastecimiento público. No obstante, antes de recomendar la fluoración en gran escala de la harina o de cualquier otro producto alimenticio básico hay que proceder a una serie de investigaciones: establecimiento de un mapa de las variaciones del consumo en las diferentes regiones, determinación

de la absorción dental o general del fluoruro presente en los distintos vehículos y comprobación clínica del efecto preventivo de la caries.

#### 7.1.4.- EFECTOS DEL FLUORURO CON LA LECHE.

Tras la administración durante 3 años como mínimo de 1 mg. diario de fluoruro con la leche distribuída en los niños pequeños desde recién nacidos hasta los 14 años, se observa una disminución muy notable de la caries en los dientes multicúspides erupcionados (correspondiente a un 80% de disminución cariosa). El efecto protector es todavía patente 18 meses después de suspender la fluoración de la leche, aunque acusa una disminución del 50%. Por lo que la leche permite aumentar de manera apropiada el consumo de flúor.

#### 7.1.5.- EFECTOS DEL FLUORURO CON LOS COMPRIMIDOS.

La administración sistemática de comprimidos de fluoruro como medida de protección dental puede realizarse en gran escala, sobre todo durante la edad escolar, ya que en la escuela es posible distribuirlos y vigilar su ingestión bajo la supervisión del maestro. Por consiguiente, esta forma de administración está prácticamente limitada a los escolares y a los padres de familia, limitaciones ambas que menoscaban el efecto protector. No es sorprendente pues que los resultados del método, sean muy inferiores a los logrados con la fluoración del agua. No obstante, se indica que

el suplemento fluorado, incluso cuando no se inicia hasta la edad escolar, ejerce un efecto protector no sólo sobre los dientes que aún no han erupcionado sino también sobre los primeros molares que ya han hecho erupción al empezar a administrar los comprimidos. El efecto persiste durante varios años después de cesar la administración, aunque con menos intensidad menor de un 30%).

Cuando la administración de los comprimidos se inicia precozmente, los resultados son cuantitativamente mejores; por lo que se recomienda administrar estos comprimidos de ser posible desde el embarazo de la madre, hasta que el niño esta en edad escolar.

Por el temor de que los comprimidos puedan producir esmalte moteado, la dosis se mantiene muchos casos por debajo del nivel óptimo, lo que quizá explique al menos en parte la escasa intensidad del efecto protector. Existen diversas preparaciones de comprimidos, pastillas y gotas, en las que los fluoruros están combinados con vitaminas A y D, y también a veces con otros factores protectores. Estas asociaciones se introducen con la esperanza de que las familias colaboren mejor si se les ofrece preparados con una acción protectora muy notoria. El efecto anti-caries de tales preparaciones es probablemente del mismo orden que el de los comprimidos corrientes de fluoruro; ahora bien, para lograr un buen efecto protector sobre los dientes ya existentes es evidente que habrá que administrarlas de una manera que favorezca el contacto con las superficies dentales.

## 7.2.- EFECTOS DE LA ADMINISTRACION TOPICA DE FLUORURO SOBRE LA CARIES DENTAL.

Desde que se descubrió que el ión fluoruro reacciona rápidamente con los fosfatos de calcio, incluso con el apatito del esmalte dental, los especialistas se han esforzado en encontrar procedimientos eficaces para incorporar dicho ión a la superficie del esmalte del diente y erupcionado mediante aplicaciones tópicas. Con este tipo de tratamiento se espera mejorar la higiene dental, en primer lugar por sus efectos locales en la superficie del diente y, secundariamente, por la retención y la absorción de fluoruro.

Después de cada aplicación local siempre queda retenida cierta cantidad fluoruro, sobre todo cuando se utilizan concentraciones elevadas.

El efecto protector parece depender tanto del método de aplicación como de factores tales como el tiempo transcurrido desde la erupción, la limpieza y el secado de los dientes antes de la aplicación, el aporte de fluoruro procedente de otras fuentes, etc.

Los procedimientos ensayados son muy numerosos y van desde la aplicación manual (tópica) de soluciones bastante concentradas de fluoruro sódico en la superficie dental hasta el empleo de otros fluoruros en solución (por ejemplo, fluoruro estanoso), asociaciones fluoruro-ácido ortofosfóri-

co y monofluorofosfato sódico; también se ha recurrido a procedimientos bastante complicados, como la aplicación diaria de un gel de fluoruro con una férula especialmente adaptada a la arcada dental, o el uso de la electroforesis con el fin de acelerar el movimiento iónico. Así como métodos más sencillos, tales como el empleo de dentífricos y colutorios orales a base de fluoruro.

Los informes sobre el efecto protector de las aplicaciones tópicas, incluso cuando las técnicas son similares o idénticas, dejan traslucir considerables divergencias, que en parte reflejan las notorias dificultades que ofrece el registro clínico de la caries y, en parte, las pequeñas pero no menos importantes diferencias de las condiciones experimentales y los defectos de la evaluación cuantitativa del efecto protector.

En el niño, la pincelación cuidadosa y repetida de las superficies dentales con una solución de fluoruro sódico al 2% parece reducir la incidencia de la caries un 40% como máximo, durante el año siguiente, pero después apenas queda rastro del efecto protector. Los informes sobre la aplicación repetida o única de soluciones de fluoruro estanso dan resultados que varían entre cifras mucho mayores o mucho menores.

La combinación de fluoruro sódico con ácido fosfórico (con un PH próximo de 3,0) tiene por objeto obtener una

mayor incorporación del fluoruro al esmalte a un PH más bajo y, al mismo tiempo, contrarrestar con la gran concentración de iones fosfato y formación de fluoruro de calcio inestable. El optimismo de los informes iniciales se ha visto atenuado por los resultados más modestos obtenidos ulteriormente.

La incorporación de fluoruros a las pastas dentífricas facilita la aplicación diaria y casi automática de fluoruro, aunque evidentemente sólo se benefician de ella las personas que se cepillan los dientes con regularidad. El problema de la compatibilidad del fluoruro con los productos de limpieza generalmente utilizados en esas pastas ha originado ciertas dificultades. No obstante, los ensayos clínicos realizados con diferentes pastas dentífricas fluoradas (por lo general con 0,1% de flúor) dan reducciones del 20-30% de la caries en escolares; también se han publicado resultados todavía mejores, particularmente en los casos en que se vigila la limpieza diaria de los dientes.

Los datos cuantitativos sobre los efectos de las aplicaciones tópicas en el adulto y sobre la utilidad de las mismas en las regiones con concentraciones óptimas de fluoruro en el agua no pueden considerarse por ahora como definitivos.

Apenas se ha estudiado la posible reacción de los tejidos gingivales a la aplicación local de fluoruros. Ahora

bien, siempre que el PH de las soluciones empleadas no sea - tan bajo que produzca una irritación superficial, no parece que la aplicación tópica de preparaciones fluoradas (con un contenido de fluoruro de sodio hasta el 2%) suscite reacciones en las encías.

### 7.3.- EFECTOS SOBRE LA FORMA Y EL TAMAÑO DE LOS DIENTES.

Difícilmente podía pasar inadvertida la gran diferencia que ofrece el aspecto de los dientes en las regiones "hiperfluoradas" y los de las zonas pobres en flúor. En los primeros la dentadura presenta un brillo notable de tonalidad más amarillenta que azulada, las cúspides son más bajas y aplanadas y los surcos anchos y bien visibles. Cuando se introduce la fluoración se observa por primera vez una diferencia mensurable en la forma de los dientes: la disminución de la frecuencia de las fisuras profundas (pero sin carácter de caries; las llamadas "precariosas"), que se hace cada vez más acusada a medida que se prolonga el período de fluoración (sobre todo en los niños de 6-8 años, pero también en los de 12-14 años). Sin embargo, esa disminución es ya perceptible poco tiempo después de haberse iniciado la fluoración, es decir que también se manifiesta en los dientes ya diferenciados morfológicamente y cuya mineralización ha comenzado en un medio pobre en flúor, que sólo ha empezado a ser favorable en la fase final de la mineralización (el número de fisuras precariosas en los niños de 8 años desciende de 107,65% a 68,63% después de 12-22 meses de fluoración, pe

ro va hasta 24,04% al cabo de 9 años). La experiencia ulterior demuestra que la fluoración no ejerce, o apenas ejerce, una acción protectora poco apreciable de las superficies oclusales de los primeros molares que se diferencian morfológicamente.

La medición de la cúspide de Carabelli (quinta cúspide, perteneciente al primer molar superior) de valores superiores en los niños. Sin embargo, como esta diferencia no es significativa, parece poco probable que el mayor consumo de fluoruros pueda modificar las características dentales genéticas determinadas.

#### 7.4.- EFECTOS SOBRE LAS PERIODONTOPATIAS.

El polifacético antagonismo que existe entre la caries dental y las periodontopatías plantea una cuestión de especial importancia: ¿afecta desfavorablemente al periodoncio, por la administración de fluoruro?. El flúor no afecta en absoluto el periodoncio e incluso puede ser beneficioso. El consumo continuo de agua hiperfluorada durante la infancia no provoca ni mantiene la inflamación de las encías; el periodoncio de adolescentes que viven en zonas "hiperfluoradas" está en mejor estado que el de los residentes en lugares pobres en fluoruro, a juzgar tanto por el número de dientes afectados por individuo como por el porcentaje de sujetos con bolsas perodontales.

En resumen, los datos obtenidos de distintas personas permiten excluir definitivamente la hipótesis de que el mayor consumo de fluoruro tiene un efecto nocivo en el periodoncio. La disminución del número de dientes perdidos en todas las edades a consecuencia de la menor frecuencia de la caries debe ejercer lógicamente una influencia favorable tanto sobre la posición de los dientes restantes como sobre la carga que soportan y, por consiguiente, también sobre el periodoncio. Esto explica probablemente la menor frecuencia de bolsas parodontales observadas en las zonas ricas en fluoruro, aunque también conviene señalar que la administración de fluoruro evita o reduce la osteoporosis de los tabiques alveolares.

#### 7.5.- EFECTOS SOBRE LA CAIDA DE LOS DIENTES TEMPORALES Y SOBRE LA ERUPCION DE LOS PERMANENTES.

Los niños de 12 a 14 años en zonas con agua hiperfluorada, el número de dientes permanentes por individuo, es menor que en los residentes en lugares con aguas pobres en fluoruro. La diferencia es significativa para un contenido de fluoruro de 2,5 ppm, pero no para un contenido inferior (2,3 - 1,9 ppm) que, sin embargo, confiere ya un alto grado de protección contra la caries. En consecuencia, se excluye la posibilidad de que esta diferencia puede resultar de la menor frecuencia de caries en los dientes temporales. Ulteriormente el "retraso aparente de la erupción" de ciertos —

dientes definitivos y, por ende, el retraso de la caída de los dientes temporales no depende directamente de la concentración de fluoruro en el agua potable sino de la frecuencia de la caries de los molares temporales. Los molares temporales y los premolares permanentes son prácticamente los únicos dientes afectados por este retraso en la exfoliación o en la erupción, respectivamente.

No existe un retraso general de la erupción de los dientes permanentes. En cambio, el flúor parece frenar la caída prematura de los molares causadas por la erupción precoz de los premolares permanentes. La fluoración no parece influir en la erupción de los dientes temporales.

#### 7.6.- EFECTOS SOBRE LAS ANOMALIAS ORTODONTICAS.

Cuando la ingestión de fluoruro con el agua es suficiente, las migraciones e inclinaciones anormales de los dientes temporales y permanentes son menos frecuentes que cuando se consume agua pobre en fluoruro. En consecuencia, también desciende la proporción de anomalías de la oclusión. La frecuencia de la mal oclusión disminuye después de 8 años de fluoración de 37,51% a 29,54% en los niños de 6 a 8 años y, de 55,83% a 46,32% en los de 12 a 14 años. Con la ausencia de la fluoración, la proporción de niños de 6 a 8 años que han perdido el segundo molar temporal son por lo menos del 6,2% y en el 3,4% de los casos se asocia a una mal oclusión. Después de la fluoración, las proporciones respectivas descienden a 2,9% y 0,4%. El 14% de los casos de malocclusión

antes de la fluoración coincide con la pérdida de uno o varios segundos molares temporales, mientras que esa proporción es sólo del 2% al cabo de 8 a 5 años de mínimo de adoptar medidas de fluoración. En los niños mayores, la pérdida del primer molar permanente tiene gran importancia en la etiología de las anomalías de posición de los dientes.

La existencia de una relación causal entre las diferencias de frecuencia de caries y la fluoración parece tan to más improbable cuanto que se ha observado que la mayor ingestión de fluoruro no afecta ni al crecimiento ni a las proporciones de los huesos faciales. No obstante, también es cierto que se observan ciertas diferencias en la frecuencia de la oclusión distal y la oclusión mesial, donde se consume agua con una ppm de fluoruro.

## 8.- CONCLUSIONES.

Actualmente está demostrado que la ingestión de una cierta cantidad de fluoruro- especialmente cuando tiene un carácter continuo desde la primera infancia- confiere una protección considerable tanto a los dientes temporales como a los dientes permanentes contra la caries, sin ejercer la menor influencia nociva sobre el periodoncio. El mejor procedimiento para asegurar un consumo adecuado de fluoruro es la fluoración del agua potable, medida de protección colectiva, de la que se benefician todos los que utilizan agua fluorada de abastecimiento para beber o cocinar. En las zonas templadas (y a condición de que la nutrición sea satisfactoria) se recomienda el enriquecimiento del agua con flúor hasta una concentración de 1,0 - 1,2 ppm, mientras que en las regiones más cálidas conviene utilizar una concentración menor.

La experiencia adquirida hasta la fecha indica que el agua potable fluorada es el mejor vehículo de que se dispone para la fluoración, ya que ningún otro asegura una ingestión de fluoruro óptima y permanente. En las zonas que carecen de un sistema central de abastecimiento de agua, la mejor solución actualmente disponible parece ser el enriquecimiento de la sal de cocina. Otro posible vehículo es la harina, cuyo consumo en algunos países es tan constante como el de agua o el de la sal común. No obstante, el uso de la sal y de la harina fluorada requiere ciertas precauciones que son innecesarias cuando se opta por la fluoración del agua -

(peligro de introducción en zonas ricas en fluoruro).

El empleo de leche fluorada ofrece menos garantías por las grandes variaciones del consumo y la frecuente intervención de pequeñas lecherías e incluso de granjas, difíciles de vigilar, en la distribución de la leche.

Tampoco se puede esperar gran cosa de la administración continua y en gran escala de comprimidos de fluoruro o preparados similares, ya que requiere de un esfuerzo del sujeto por lo que podría discontinuarse el uso de éstos. Ahora bien, si su administración es continua, puede resultar factible este método por medio de la ayuda de los padres de familia o de las escuelas y maternidades; por otra parte, la distribución de comprimidos de fluoruro vitamínicos o no, que se considera puede ser el mejor método para lograr resultados benéficos sobre los dientes ya que es un poco más fácil de controlar su administración, ingiriendo las tabletas con agua, leche o masticadas después del desayuno o antes de las comidas. Esta administración se lleva a cabo desde el embarazo y posteriormente al niño desde su nacimiento (las tabletas disueltas o molidas en la leche, jugos o té) hasta los 14 años de mínimo para lograr buenos resultados. Casi se puede asegurar que sería uno de los métodos más efectivos sobre la caries y satisface a las necesidades de cualquier tipo de población.

Los métodos de aplicación local de fluoruro tam--

bién parecen prometedores en cuanto a su eficacia para prevenir a la caries dental, pero tiene el inconveniente de requerir un esfuerzo por parte del sujeto y los servicios de personal profesional. Por esta razón, aun cuando hubiese cooperación del sujeto sería más difícil de controlar, por lo que hoy se perfila una clara tendencia hacia el uso de pastas dentífricas y de colutorios fluorados.

Puesto que la caries resulta de la acción recíproca entre el diente, las bacterias (placa dental) y el tipo de alimentación, su prevención solo se puede lograr por varios medios que deben llevarse a cabo todos o por lo menos la mayoría al mismo tiempo; por lo consiguiente estos métodos se enumeran a continuación:

- 1.- Higiene Bucal- Suprimir diariamente y con cuidado las placas que se encuentran adheridas a los dientes y demás tejidos bucales; por diferentes métodos de higiene bucal, usando un cepillo dental adecuado en consistencia, tamaño y calidad. Usando el hilo dental, colutorios y pastas dentífricas adecuadas y de preferencia fluorados.
- 2.- Dieta Adecuada- Eliminar la sacarosa de la dieta. Para evitar una destrucción temprana de los dientes y un aumento de la actividad bacteriana.
- 3.- Incorporar los fluoruros-tanto a la dieta, como a la superficie del órgano del esmalte. Esto se puede llevar a cabo

fluorando el agua, la leche, la sal o la harina; por medio de comprimidos fluorados administrando una tableta de un miligramo diariamente, a su vez por la administración de alimentos naturales ricos en flúor. La aplicación tópica de diversos compuestos de flúor es muy importante, para brindar una protección exterior del esmalte, tomando en cuenta que las aplicaciones deben ser periódicas, no permitiendo que se retrasen o se supriman éstas; desde la erupción de los primeros dientes temporales, hasta la edad de 14 años.

La notable eficacia del fluoruro para prevenir la caries dental por un mecanismo que todavía no está totalmente aclarado justifica toda clase de esfuerzos en materia de investigación pura y aplicada así como en búsqueda de nuevos métodos que puedan emplearse últimamente y sin peligro para mejorar la higiene dental, que es parte integrante de la salud humana.

Enfocandonos más al campo Odontológico y a la situación que se vive en nuestro país, por ser un país subdesarrollado, es de importancia mencionar que es difícil llevar a cabo un sistema de fluoración. Como en el caso del agua fluorada que es uno de los mejores medios de fluoración; no es posible llevarlo en todas las comunidades, ya que una parte importante de las aguas no es potable y libre de agentes que resultan ser tóxicos.

Hay otros medios de fluoración importantes como son la sal y harinas fluoradas, aunque este medio es proble-

mático, ya que se tiene que eliminar el fluoruro de la sal y harina fluorada, en lugares en que hay fluorosis ya que aumentaría el daño.

Por lo que considero que lo mejor sería llevar a cabo una terapia múltiple: en algunas zonas llevar la fluoración del agua, de la sal o harinas. Que puede ser combinada con otros métodos o usarse por separado, estos métodos son: - las tabletas y vitaminas fluoradas; colutorios y dentífricos fluorados; goma de mascar e hilo dental fluorado, y aplicaciones tópicas de flúor cada 6 meses.

Los métodos mencionados son de gran valía ya que son fáciles de requerirse y controlar, evitando dosificaciones excesivas.

Creo que lo más importante y que falla con regularidad es la falta de educación bucal a nivel de grupos e interpersonal. En la cual la población tenga una información de los medios protectores bucales con que se cuentan en la actualidad y como y en que cantidad se utilizan estos medicamentos, como ya se mencionó aunado a una educación autoproliférica adecuada y la revisión periódica del Odontólogo.

Creo que todo lo mucho o poco que pudiera mencionar es insuficiente como para llegar a una conclusión específica, es la que se estandarise un nivel de fluoración general en la población y de la cual todos resulten beneficiados, ya que todas las poblaciones cuentan con diferentes características

ecológicas y humanas.

Por lo que prefiero simplemente dar una breve información acerca del efecto del flúor en el ser humano, como se vio en los capítulos anteriores. Y que cada Odontólogo que se interese en esta rama preventiva, lo aplique a conveniencia - de cada grupo o persona, según las necesidades que se presenten y con los elementos que se cuenten para llevarlo a cabo.

9.- BIBLIOGRAFIA.

A. Bervizar  
 "Diccionario Enciclopédico Universal"  
 Ed. Crepsa; Barcelona 103 (España).

A.J.P.L., Groenvelo  
 "Preventive Odontology"  
Dental Abstracts  
 Diciembre-1976,  
 Vol. 21, No. 12, p. 717.

Aterson, Knaa Borge  
 "Fivoridation Water"  
Dental Abstracts  
 Junio-1976  
 Vol. 21, No. 6, pp. 344-347.

Profesor B. Cohen  
 "Las Epidemias de la Caries"  
IPSO 3a. Edición  
 pp. 240.

Cron/Amour D. Ana, B.H.  
 National Healt Federation  
 "Cancer Scare Refuted Fluoridation"  
Dental Abstracts  
 Noviembre-1975  
 Vol. 20, No. 11, p. 658.

Doller, Bernard  
 "Federation St. Greenfield"  
Dental Abstracts  
 Mayo-1976  
 Vol. 21, No. 5, pp. 275-277.

Ingion, Ingeri, Jarviven, Vordu, Tuompo; and  
Ruhonen, Mauri.

"Institute of Dentistry"

Dental Abstracts

Mayo-1979

Vol. 21, No. 5, pp. 243 y 244.

Lackobsen/Jon.

"Oral Diagnosis"

Dental Abstracts

Abril-1976

Vol. 21, No. 4, pp. 211-213.

J. Maier Franz

"Fluoración del Agua Potable"

Organización Mundial de la Salud

Publicidad Científica No. 203.

J. Moss Stephen

"Fluoruros. Actualización para la Práctica Dental"

Academia Americana Odontopediátrica

Katz. S.

"Odontología Preventiva"

P. Adler W.A. Armstrong.

"Fluoruros y Salud"

Organización Mundial de la Salud

(Ginebra-1972).

Philip A. Trask

"Ucla School of Dentistry"

Dental Abstracts

Febrero-1976

Vol. 21, No. 2, pp. 91 y 92.

P. Farreres Valentí Fozman Ciril,  
 García San Miguel Juan  
"Medicina Interna"  
 Tomo I y II  
 Editorial Morin S.A.  
 Barcelona-Gogotá-Buenos Aires-México  
 Puerto Rico.

Philip L. Sowis,  
"Systems of Dental Identification"  
Dental Abstracts  
 Agosto-1976  
 Vol. 21, No. 9, p. 532.

Real, F. John, and W. P. Roch  
"Dental University of Brimingham"  
Dental Abstracts  
 Octubre-1976  
 Vol. 21, No. 10, pp. 595-597.

R.S. Levine  
"Oral Medicine"  
 University of Manchester  
Dental Abstracts  
 Septiembre-1976  
 Vol.21, No. 9, p. 532.

Russel B. Scobie  
"Water Fluoridation"  
Dental Abstracts  
 Marzo-1976,  
 Vol. 21, No. 3, pp. 153-156.

Senden R.A.  
"Forsyth Dental Center"  
Dental Abstracts  
 Enero-1976  
 Vol. 20, No. 1, pp. 21 y.22.

Dr. Sidney B. Sinn  
"Odontología Pediátrica"  
4a. Edición (Interamericana)

Whirra Ker, D.F. Le Welynd  
Jones R.W.  
"Dental School"  
Dental Abstracts  
Julio-1976  
Vol. 21, No. 7, pp. 408 y 409.