

# ANALISIS DE LA CONCENTRACION DE FLUORURO DE SODIO Y YODO Y LA DETERMINACION DE LA CALIDAD DE UNA SAL DE CONSUMO HUMANO DISPONIBLE EN EL MERCADO GUATEMALTECO

Tesis Presentada por:



## CIRUJANO DENTISTA

Guatemala, octubre de 1998.

09  
T(689)  
c. 4

II

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

DECANO	DR. DANILO ARROYAVE RITTSCHER
VOCAL PRIMERO	DR. EDUARDO ABRIL GALVEZ
VOCAL SEGUNDO	DR. LUIS BARILLAS VASQUEZ
VOCAL TERCERO	DR. CESAR MENDIZABAL GALINDO
VOCAL CUARTO	BR. GUILLERMO MARTINI GALINDO
VOCAL QUINTO	BR. ALEJANDRO RENDON TERRAZA
SECRETARIO	DR. CARLOS ALVARADO CEREZO

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PUBLICO**

DECANO	DR. DANILO ARROYAVE RITTSCHER
VOCAL PRIMERO	DR. EDUARDO ABRIL GALVEZ
VOCAL SEGUNDO	DR. RONALD MARIANO PONCE DE LEON
VOCAL TERCERO	DR. RODOLFO AGUIRRE CONTRERAS
SECRETARIO	DR. CARLOS ALVARADO CEREZO

**DEDICO ESTE ACTO**

- A DIOS** Por ser mi Guía, mi Luz y mi Salvador.
- A MIS PADRES** Nery Barrios y Martha de Barrios  
Por ser el regalo de Dios aquí en la tierra, por la mejor herencia que me han dado, la cual fue dada a base de sacrificios y amor. Que Nuestro Dios los bendiga. Los quiero mucho.
- A MI HERMANA** Celene Anayansky  
Por su apoyo incondicional y por ser tan ESPECIAL, te quiero.
- A MI NOVIO** Edgar Estrada Salazar  
Por brindarme su apoyo y comprensión en todo momento, pero sobretodo por su amor. Te amo.
- A MIS TIOS** Mario y Arnely  
Juan José y Lidia  
Por su apoyo y por su cariño.
- A MIS PRIMOS** Nelson, Roberto, Mariela, Jimmy y Mario Eduardo  
con mucho cariño.
- A MIS ABUELITAS** Hilda y Angela  
con mucho cariño.
- A MIS AMIGOS** Dorita, Boris, Hory, Yadira, Marta Julia, Lucy  
Gracias por compartir su amistad.
- A LAS FAMILIAS** Estrada Salazar  
Véliz Vargas  
Un agradecimiento muy especial por su apoyo y su cariño.

**TESIS QUE DEDICO**

**A GUATEMALA**

**A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**A LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA, en especial a**

**Departamento de Odontología Socio Preventiva**

**Departamento de Educación Estomatológica**

**A MIS CATEDRATICOS E INSTRUCTORES, en especial a**

**DR. RICARDO SANCHEZ AVILA**

**DRA. MIRIAM SAMAYOA SOSA**

**DR. BENJAMIN GUZMAN RODRIGUEZ**

**DR. MARCELO MORALES ALDANA**

**DR. HORACIO MENDIA ALARCON**

**DR. JULIO GUZMAN MEZA**

**DR. LUIS VILLAGRAN RODRIGUEZ**

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado **ANALISIS DE LA CONCENTRACION DE FLUORURO DE SODIO Y YODO Y LA CALIDAD DE UNA SAL DE CONSUMO HUMANO DISPONIBLE EN EL MERCADO GUATEMALTECO**, conforme lo demandan los estatutos de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar al título de

**CIRUJANO DENTISTA**

Aprovecho para expresar mi agradecimiento a mis asesores Dr. Ronald Mariano Ponce de León y Dr. Rodolfo Aguirre Contreras, quienes con paciencia y dedicación me brindaron su ayuda, así como a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para culminar felizmente mi carrera, y vosotros distinguidos miembros del Honorable Tribunal Examinador, aceptad mi más alta muestra de consideración y respeto.

HE DICHO.

VI  
INDICE

	No. PAGINA
SUMARIO . . . . .	1
INTRODUCCION . . . . .	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA . . . . .	3
JUSTIFICACION . . . . .	4
OBJETIVOS . . . . .	5
REVISION DE LITERATURA . . . . .	6
METODOLOGIA . . . . .	33
DEFINICION DE VARIABLES . . . . .	33
INDICADORES DE LAS VARIABLES . . . . .	33
MUESTRA . . . . .	34
PROCEDIMIENTOS . . . . .	35
RECURSOS . . . . .	36
DISCUSION DE RESULTADOS . . . . .	39
CONCLUSIONES . . . . .	44
RECOMENDACIONES . . . . .	45
BIBLIOGRAFIA . . . . .	46
ANEXOS . . . . .	49

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
Biblioteca Central

## SUMARIO

El presente trabajo de investigación presenta los resultados de los análisis efectuados a una sal de consumo humano, distribuida en el mercado Guatemalteco, que indica contener fluoruro de sodio a una concentración de 250 mg/kg, y yodo a una concentración de 30-100 mg/kg.

Para su realización, se llevaron a cabo los siguientes análisis químicos:

- a. Presencia y concentración de flúor y yodo mediante el método del electrodo del ión específico.
- b. Granulometría mediante el método de tamizaje.
- c. Humedad mediante el método gravimétrico.
- d. Pureza mediante el método volumétrico.

Luego de adquiridas las muestras de sal, se enviaron a los siguientes laboratorios e instituciones: Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos; LUCAM, del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social; Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos; Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA), obteniendo los siguientes resultados:

- Se encontró que en el 90% de las muestras analizadas, el contenido del ión flúor está en un rango de 0.22 a 34.8 ppm.
- La presencia del ión yodo fue encontrada en la totalidad de las muestras analizadas; obteniendo un rango de  $2.91 \times 10^{-6}$  a 54.6ppm mediante el método del electrodo específico; y 82.5 ppm mediante el método colorimétrico.
- La sal presentó un promedio de 98.6% de promedio de pureza.
- Al determinar el grado de humedad, se obtuvo que el 100% de las muestras tienen un grado de humedad muy bajo, (menor de 0.5%).
- Las muestras de sal, en cuanto a granulometría, presentan las características de una sal MOLIDA, ya que el 99.03% de sus granos pasa por el tamiz de 0.83mm y el 0.06% pasa por el tamiz de 0.18mm.

### INTRODUCCION

La prevalencia de caries dental y enfermedad periodontal, en la población guatemalteca, así como la existencia de bocio en algunas regiones del territorio nacional son factores importantes a considerar para el establecimiento de programas preventivos dirigidos a la disminución y/o erradicación de dichas enfermedades.

Es por eso que algunos países de Europa y Latino América, han tomado medidas de prevención para tratar de disminuir y/o erradicar la incidencia de estas enfermedades, siendo uno de estos métodos, la fortificación de la sal de consumo humano, con flúor y yodo.

En el mercado guatemalteco apareció una sal de consumo humano, que indica en su etiqueta estar fortificada con flúor y yodo, en el presente trabajo de investigación, se llevaron a cabo una serie de análisis para determinar si realmente presenta y contiene dichos micronutrientes, así como determinar si la calidad, en cuanto a pureza, humedad, granulometría, es adecuada para ser utilizada como vehículo para flúor y yodo.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se han realizado varios intentos para tratar de disminuir la incidencia de enfermedades que afectan la población guatemalteca, como los son la caries dental y el bocio, siendo uno de estos intentos, la fortificación de la sal de consumo humano, con flúor y yodo.

Como consecuencia existe una ley general de fortificación de alimentos; la cual entre uno de sus reglamentos obliga a la adición de yodo a la sal de consumo humano; en cuanto al reglamento para la adición de flúor, aun no ha sido aprobado; siendo este uno de los argumentos para no realizar la fortificación de la sal de consumo con flúor.

Otra de las razones para no adicionar flúor a la sal de consumo humano, es no contar con el equipo necesario, ya que el coste es muy elevado.

En el mercado guatemalteco, apareció una sal de consumo humano que posee un número de registro sanitario, y en su etiqueta indica contener:

- Fluoruro de sodio a una concentración de 250 mg/kg.
- Yodo, a una concentración de 30-100 mg/kg

Para que pueda consumirse con seguridad, la sal indicada es indispensable saber si cumple o no con ciertos requisitos, por lo que se plantean las siguientes interrogantes de investigación:

En relación al contenido de micronutrientes:

- Contiene fluoruro de sodio?
- Si lo contiene, en que cantidad?
- Contiene yodo?
- En qué concentración lo contiene?

En relación a la calidad:

- Cuál el grado de humedad de la sal?
- Qué granulometría presenta la sal?
- Cuál es el grado de pureza de la sal?

### JUSTIFICACION

Es fundamental, que habiendo aparecido una sal de consumo humano, que en su etiqueta indicada estar fortificada con flúor y yodo, y no habiendo un reglamento aprobado que garantice los controles, en cuanto a calidad de sal y concentración de fluoruro, es necesario hacer un estudio para determinar y comprobar si dicha sal cumple con las normas establecidas, para ser consumida con seguridad y con niveles necesarios para prevención de caries dental.

### OBJETIVO GENERAL

- Determinar la presencia y concentración de fluoruro de sodio y yodo, y además la calidad de esta sal disponible en el mercado guatemalteco.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.- Determinar mediante el método del electrodo específico, la presencia de flúor.
- 2.- Determinar, mediante el método del electrodo específico, la concentración de flúor.
- 3.- Determinar, mediante el método del electrodo específico, la presencia de yodo.
- 4.- Determinar, mediante el método del electrodo específico, la concentración de yodo.
- 5.- Mediante el método volumétrico, determinar el grado de pureza de la sal.
- 6.- Determinar el grado de humedad de la sal, por medio del método gravimétrico.
- 7.- Mediante el método del tamizado, determinar la granulometría de la sal.

## 1.- REVISION DE LITERATURA

### 1.1 CARIES DENTAL:(4:16)

#### 1.1.1 DEFINICION.

Es un proceso patológico y localizado de origen externo, que se inicia después de la erupción, determina un reblandecimiento del tejido duro del diente y evoluciona hacia la formación de una cavidad.

Es una enfermedad microbiana de los tejidos calcificados de los dientes, que se caracteriza por la desmineralización de la porción inorgánica y la destrucción de la sustancia orgánica del diente. Es la enfermedad crónica del diente más frecuente que afecta a la raza humana.

#### 1.1.2 Etiología de la caries dental.

No existe una opinión universalmente aceptada de ella, sin embargo, dos importantes teorías han evolucionado a través de años de investigación y observación.

- Teoría acidógena o teoría química-parasitaria de Miller.
- Teoría proteolítica.
- Teoría proteólisis-quelación, es recién propuesta.

##### 1.1.2.1 Teoría Acidógena.

Leber y Rotenstein, 1,867, informaron el descubrimiento de microorganismos en las lesiones cariosas y sugirieron que la caries dental se debía a la actividad de las bacterias productoras de ácido. Underwood y Milles, 1,881, encontraron microorganismos en la dentina cariosa y manifestaron que la caries se debía principalmente a las bacterias que afectaban a la porción orgánica del diente, al liberar ácido y disolver los elementos inorgánicos.

##### a.- Papel de los carbohidratos.

Se cree que los carbohidratos que se forman con rapidez son los responsables de la pérdida de la resistencia a la caries. Los hidratos de carbono cariogénos son de origen dietético debido a que la saliva humana no contaminada solo contiene cantidades mínimas, sin importar el nivel de azúcar sanguíneo. Los carbohidratos salivales se unen con las proteínas y otros compuestos y no están disponibles para la degradación microbiana. La cariogenicidad de un carbohidrato de la dieta varía con la frecuencia de la

ingestión, la forma física, composición química, vía de administración y la presencia de otros constituyentes de la comida. Los carbohidratos sólidos, pegajosos, son más productores de caries que los que se consumen en forma de líquidos. Los hidratos de carbono presentes en las comidas detergentes son menos dañinos a los dientes que las mismas sustancias presentes en las comidas suaves retentivas. La placa bacteriana fermenta con menos facilidad a los polisacáridos que a los monosacáridos y a los disacáridos.

#### b.- Papel de los microorganismos.

Goabdy, 1,900, aisló un bacilo grampositivo de la dentina cariosa y lo denominó *B.necrodentalis*. Clarke, 1,924, describió una nueva especie de estreptococo *S. mutans*, el cual, invariablemente se aislaba de las lesiones cariosas en los dientes. Bunting, 1,928, estableció que la correlación de *L.acidophilus* y la caries dental, es tan precisa que, en opinión de este grupo, la presencia o ausencia de *L.acidophilus* en la boca constituye un criterio definitivo de la actividad de la caries dental que es más exacta que lo que pueda ser cualquier estimación clínica. Además, se notó que había cese espontáneo de la caries, que coincidía con la desaparición del microorganismo de la boca, ya sea por control profiláctico, terapéutico, dietético. Florestano, 1942 cultivó gérmenes provenientes de la saliva de las personas con caries y sin caries, y estudió su potencial acidógeno. Se aislaron estreptococos y estafilococos acidúricos en ambos grupos. Su producción de ácido y su presencia en grandes cantidades sugirieron un papel en la caries dental igual a la de los lactobacilos. Las pruebas indican que diversos gérmenes como los estreptococos y lactobacilos, están íntimamente ligados con la caries dental. Existe la posibilidad de que uno o más microorganismos estén implicados en la iniciación de la caries, mientras que otros pueden influenciar en el progreso de la enfermedad. También existen pruebas sólidas que diversas interacciones dietobacterianas están implicadas en la caries coronal y de la superficie radicular, y pueden representar dos enfermedades diferentes desde el punto de vista ecológico y microbiológico.

#### c.-Papel de los ácidos.

Se desconoce el mecanismo exacto de la degradación de los carbohidratos para formar ácidos en la cavidad bucal por la acción bacteriana. Probablemente ocurre por rotura enzimática del azúcar y los ácidos formados son ácido láctico y también otros como el butírico.

#### d.- Papel de la placa dental.

Es una estructura de importancia vital, como un factor

constituyente al menos a la iniciación de la lesión cariosa. G.V. Black, 1,899, describió el proceso carioso así, la placa gelatinosa del hongo carioso es una película delgada transparente, que por lo regular escapa a la observación, y la cual solo se revela mediante una búsqueda cuidadosa. No es la masa gruesa de materia alba que tan frecuentemente se encuentra sobre los dientes, ni el material de color blanco gomoso que se conoce como sarro, el que con frecuencia abunda en caso de fiebre y que a menudo se presenta en la boca en pequeñas cantidades en ausencia de fiebre. La placa dental tiene una composición química y física, variables, pero por lo general consiste en componentes salivales, mucina, células epiteliales descamadas y microorganismos. De manera característica se forma en las superficies dentales que no se limpian en forma constante y aparece como una película delgada, tenaz, que se puede acumular en un grado perceptible en 24 a 48 horas. Un componente importante de la placa dental es la película adquirida, que se forma justo antes o en forma concomitante con la colonización bacteriana y puede facilitar la formación de la placa. Esta placa es una glucoproteína que se deriva de la saliva y es absorbida a las superficies dentales. No depende de las bacterias, pero puede servir como un nutriente para los microorganismos de la placa.

#### D.1. Papel de los polisacáridos en la placa: (4)

- a. son pegajosos y retentivos, promueven la adherencia y agregados de bacterias a la placa.
- b. almacenan energía para las bacterias.
- c. tienen toxinas que inducen inflamación.

En 1 mg. de placa, pueden existir 200 mil millones de microorganismos de aproximadamente 40 especies diferentes. Entre las especies de bacterias más comunes está el estreptococo mutans; el cual es considerado como el más cariogénico, por 3 factores principales: - promoción de la formación de la placa gruesa. - gran capacidad acidógena. - es el más contribuyente a iniciar la caries en las superficies lisas. Los estados de formación de la placa son: a. las glucoproteínas salivales son absorbidas sobre el esmalte dental y forman la película. b. la película es colonizada por las bacterias. c. crecimiento y maduración de la placa.

#### 1.1.2.2 Teoría Proteolítica:(16)

Se han acrecentado las pruebas de que la porción orgánica del diente puede jugar un importante papel en el proceso carioso. Está demostrado que ciertas estructuras del esmalte están formadas de material orgánico, como las láminas y las vainas de los bastones del esmalte, así como éstas láminas podían ser importantes en el progreso de la caries dental, ya que sirven como vía para los microorganismos a través del esmalte. Gottlieb (1,946), junto a Diamond y Applebaum, postularon que la caries esencialmente es un proceso proteolítico: los microorganismos invaden las vías orgánicas y las destruyen en su avance. Admitieron que la

formación del ácido, acompaña a la proteólisis: entre menor cantidad de láminas estén afectadas, mayor número de vainas de los bastones del esmalte están lesionadas. Gottlieb, sostuvo que la pigmentación amarilla era característica de la caries, y que este se debía a la producción de pigmento por gérmenes proteolíticos. Las variaciones menores en las estructuras orgánicas e inorgánicas del diente posiblemente son importantes para determinar el patrón y el grado de progreso de la caries temprana. De este modo, la caries puede penetrar ya sea a través de los bastones del esmalte o a lo largo de las áreas que están entre ellos; puede haber extensión a lo largo de varios bastones o puede afectar a segmentos de numerosos bastones.

### 1.1.2.3 Teoría de la Proteólisis-Quelación:(16)

Quelación es un proceso que afecta a un ión metálico hasta una sustancia compleja mediante una unión covalente coordinada que da como resultado un compuesto muy estable, poco disociado o débilmente ionizado. La teoría propuesta por Schaltz, establece que el ataque bacteriano del esmalte, iniciado por los microorganismos queratinolíticos, consiste en un trastorno de las proteínas y otros componentes orgánicos del esmalte, principalmente de la queratina.

Esta produce sustancias que pueden formar quelatos solubles con el componente mineralizado del diente y por lo tanto descalifica el esmalte en un pH neutro e incluso alcalino. Entre los compuestos orgánicos del esmalte, además de la queratina, están: mucopolisacáridos, lípidos, citrato, que pueden ser susceptibles al ataque bacteriano y actúan como quelantes.

### 1.1.3 Factores que contribuyen a la caries dental: (16)

En la Universidad de Michigan (1947), hubo una conferencia acerca de los mecanismos de la caries dental y de las técnicas de control; haciendo una evaluación concisa acerca del conocimiento que se tiene de ciertos aspectos de la caries; señalando varios factores indirectos que pueden influir en la etiología de la caries, y son los siguientes:

#### A. Diente

- A.1 composición
- A.2 características morfológicas
- A.3 posición

#### B. Saliva

- B.1 composición inorgánica orgánica
- B.2 pH
- B.3 cantidad
- B.4 viscosidad
- B.5 factores antibacterianos

#### C. Dieta

- C.1 factores físicos calidad de la dieta
- C.2 factores locales contenido de carbohidratos contenido de

vitaminas contenido de flúor.

La presencia de impurezas y defectos en los cristales de la apatita, es la causa más importante para el favorecimiento de la solubilidad del esmalte. El desarrollo de caries en la corona de una pieza dentaria, puede iniciarse en el esmalte de una superficie lisa, o en el fondo de las fisuras. (5).

## 2.- PREVENCIÓN DE LA CARIES DENTAL (4)(16)

### 2.1 Prevención:

Es la suma total de esfuerzos que se destina para promover, mantener y/o restaurar la salud del individuo, a través de la promoción, mantenimiento y/o restitución de su salud oral.

El control de la caries dental presenta uno de los mayores desafíos que debe enfrentar en la actualidad la profesión dental. Kauffman estableció que el ideal supremo de la profesión dental debería ser eliminar la necesidad de su propia existencia. Hay métodos para producir una reducción sustancial en la caries dental, teniendo en cuenta que el paciente puede ser educado en forma apropiada. Los métodos más prometedores del control de la caries se pueden clasificar en 3 tipos generales:

- a. medidas químicas
  - b. medidas nutricionales
  - c. medidas mecánicas
- a. **Medidas químicas:** se han propuesto un gran número de sustancias químicas con el propósito de controlar la caries dental, las cuales incluyen: . las que alteran la superficie o la estructura del diente; dentro de las cuales el principal es el flúor; . sustancias que interfieren con la degradación de los carbohidratos mediante alteraciones enzimáticas; . sustancias que interfieren con el crecimiento bacteriano y el metabolismo.
- b. **Medidas nutricionales:** en base a un programa de prevención masivo es imposible obtener el control de la caries dental por medios nutricionales o dietéticos y, por ésta razón relativamente no es importante este aspecto en la odontología preventiva de salud pública, en contraste con la fluoruración de los abastecimientos de agua. Sin embargo para el dentista es útil entender la importancia de controlar la caries en el paciente individual por el empleo de medidas dietéticas. En muchas personas, en particular las que sufren de caries excesiva, el dentista debe utilizar todos los medios que tiene disponibles para preservar la dentición. La principal medida nutricional para el control de la caries dental es la restricción de la ingesta de carbohidratos refinados.

c. **Medidas mecánicas:** se refiere a procedimientos diseñados en forma específica para y con el objeto de retirar la placa de las superficies dentales. Existen numerosos medios de limpiar los dientes en forma mecánica, revisados y clasificados por Hine:

1. profilaxia dental realizada por el dentista;
2. cepillado dental;
3. enjuague de la boca;
4. uso de hilo dental;
5. incorporación de comidas detergentes en la dieta.

## 2.2 Odontología Preventiva: (4)(7)

Significa adquirir una nueva "escala de valores dentales" donde el valor más alto lo obtendrá el mantenimiento de la salud bucal y la odontología restauradora será considerada una parte importante y necesaria pero no exclusiva y esencial de la práctica odontológica.

Es deber del odontólogo, conocer y emplear al máximo, las cualidades de un medio preventivo, como el ión fluoruro en sus múltiples combinaciones y compuestos. La administración sistémica de fluoruro es una de las medidas preventivas más eficaces en el control de la caries dental.

## 2.3 Prevención Primaria en Odontología: (4)

### 2.3.1 Fluoruros

#### a. Sistemáticos:

- Agregado de flúor al agua
- Agregado de flúor a la sal
- Agregado de flúor a la leche
- Suplementos o complementos de flúor

#### b. Tópicos

- Agregado de flúor a materiales dentales
- Agregado de flúor a pastas dentales
- Geles o soluciones
- Enjuagatorios de flúor

#### c. Otros sistemas preventivos:

- Sellante de fosas y fisuras
- Control de placa dentro bacteriana
- Control de dieta

- Agentes antimicrobianos
- Vacuna anticaries.

### 2.3.2 Lista de Medicamentos de uso Odontológico que Contienen Flúor, Disponibles en las Farmacias de Guatemala. (8)

- Complementos Prenatales de vitaminas y minerales
- Complementos vitamínicos de uso pediátrico
- Compuesto conteniendo Calcio y Flúor
- Compuesto conteniendo Fluoruro de Sodio exclusivamente

Se menciona en la literatura que una buena fisioterapia dental (cepillado y uso de hilo dental) produce una disminución de las caries dental en un 100%, si desarrollamos una buena promoción de éste hábito a nivel de padres de familia, docentes y niños. (10)

### 3. FLUOR

Está considerado como el elemento más liviano y reactivo de la serie de los halógenos, se encuentra como gas, a temperatura y presión normal. Por ser tan reactivo y electronegativo, se le encuentra unido a elementos muy electropositivos, formando lo que se conoce como sales de flúor o fluoruros. (10)

Constituye el 0.077% de la corteza terrestre y por ésta razón se clasificó como el 13 entre los elementos en orden de abundancia.

Se han usado compuestos fluorurados para diversos fines:

- Agentes preventivos de la caries dental. (fluoruro de sodio)
- Anestésicos generales. (fluoretane)
- Bactericidas. (fluoracetato de sodio)
- Fungicidas. (fenol)

El aspecto físico de los fluoruros más usados en Odontología, fluoruro de sodio y estañoso, es el de un polvo blanco inodoro, soluble en el agua e insoluble en alcohol. (8)

El flúor es un componente normal e indispensable del organismo humano; y si bien no constituye un alimento sino que un elemento "traza" o "imponderable". Es indispensable y su falta absoluta es perniciosa para la salud. Se le encuentra en mayor proporción en los huesos y dientes, por lo cual, puede decirse, que es un buscador de tejido duro, por su afinidad con los minerales que lo componen. En el esqueleto y los dientes, se encuentra el 95% del flúor incorporado al organismo.

En el esmalte dentario, donde la mayor proporción, está en la superficie. la cantidad incorporada, puede presentar grandes

variaciones, de acuerdo a la mayor o menor disponibilidad del ión flúor. La dentina contiene más o menos 200 a 300 ppm., encontrándose la mayor concentración en las proximidades de la pulpa, a través de cuya circulación se realiza el suministro; conteniendo los tejidos pulpares una concentración aproximada de 100 a 600 ppm, que depende de la disponibilidad. En el cemento, que es el tejido dentario que contiene más flúor, puede encontrarse 4500 ppm. (1)

Casi no hay alimento o fuente de agua que no contenga al menos pequeñas trazas de flúor, incluso el mismo aire que respiramos contiene partes por millón. A lo que a salud oral se refiere, la ingesta óptima de flúor a concentraciones adecuadas durante la formación de dientes, tienen una profunda repercusión sobre el desarrollo de las caries dental en años subsiguientes.

La acción de flúor sobre la reducción de la caries, es:

- La incorporación al esmalte del ión flúor, hace que este ión sea insoluble frente a los ácidos, mediante la formación de cristales más grandes y con menos imperfecciones, estabilizando las uniones, y presentando menos superficies por unidad de volumen, susceptibles de ser disuelto.
- El esmalte tendrá menos contenidos de carbonatos, lo cual reduciría también la solubilidad.
- Al producirse la reprecipitación de carbonatos, lo cual reduciría también la solubilidad.
- Inhibe ciertos procesos metabólicos de la bacteria responsable de formar la caries dental. (7)

#### 4. FLUORURACION

Es el procedimiento, en el cual el agregado de flúor es agregado a la sal de consumo; en la proporción adecuada, puede lograr efecto cariostático.

##### 4.1 Posibles vías de acceso para la incorporación del flúor a los dientes.

- \* **Endógena:** Provee el flúor para ser incorporado a los tejidos duros, en todas las fases de formación de la corona, (preeruptivo).
- \* **Exógena:** Incorporación del flúor a la superficie libre del esmalte, en los dientes ya erupcionados.
- \* **Mixta:** El flúor puede abordar la superficie del esmalte antes

y después de su erupción. Es la que se consigue por medio de la fluoruración; que provee el flúor para ser incorporado a la totalidad del diente, desde las etapas de crecimiento y calcificación, y luego, una vez formada la corona, permite que haya incorporación superficial, durante la etapa preeruptiva, y una complementaria, después de erupcionado el diente.

Varios compuestos fluorurados fueron sometidos a pruebas clínicas y de laboratorio, para determinar su mayor o menor eficacia en la prevención de caries; los que han mostrado tener una efectiva acción de caries; los que han mostrado tener una efectiva acción cariopreventiva son:

- \* **Fluoruro de Sodio (NaF):** Su efectividad para reducir la solubilidad del esmalte, se atribuye a la combinación fluor-estaño. La concentración óptima para obtener el máximo efecto cariostático es de 8%, aplicado en forma tópica por 4 minutos.
- \* **Flúor fosfato acidulado (APF):** El ácido baja el Ph, facilitando la reacción excesiva del mismo.
- \* **Monofluor fosfato de sodio (MFP):** Se usa casi exclusivamente en pastas dentrificas. La fluorapatita parece ser el único producto de reacción sin formarse fluoruro de calcio. (1)

Para la fluoruración de la sal de consumo, se utilizan los siguientes compuestos de flúor:

- \* **Fluoruro de Calcio (CaF<sub>2</sub>):** Tiene grado de pureza de 85, 95 y 100%, siendo de 95% el recomendable para la fluoruración de la sal. Viene en forma de polvo, en el 75% tiene un tamaño que pasa la malla 325. Su solubilidad teórica es del 0.0018%, es tóxico, aun cuando es el menos tóxico de los productos del flúor.
- \* **Fluoruro de Sodio (NaF):** Pureza variable del 97 al 98%; viene en tres tamaños de grano: polvo, granular fino y granular grueso. Solubilidad de 4.05% a 25 grados centígrados.
- \* **Silicofluoruro de Sodio (Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>):** Con pureza del 99%, viene en forma granular o polvo, solubilidad del 0.76% a 25 grados centígrados y varía con la temperatura del agua.
- \* **Fluoruro de potasio (KF):** Pureza del 98%, viene en forma de cristales, solubilidad de 100% a 25 grados centígrados.
- \* **Silicofluoruro de magnesio (MgSiF<sub>6</sub>-6H<sub>2</sub>O):** No ha sido usado hasta la fecha. Su pureza comercial es de 98% y solubilidad de 64.8% a 25 grados centígrados.

Todos son tóxicos, deben ser manipulados con precaución, empacados en bolsas de papel de plástico, selladas y exteriormente

traer cinco bolsas de papel multiplástico tipo Kraft, de 340 libras por remesa. Las bolsas deben venir rotuladas, indicando los antidotos recomendados y además el nombre del fabricante, país de origen, partida y fecha de empaque.

### 5. Sal: (17)

Es un sólido cristalino soluble en agua; transparente e inodoro; químicamente formado por la combinación de dos elementos: Na y Cl; conocido por ello como cloruro de sodio, NaCl. Es un compuesto químico obtenido a partir de ácidos orgánicos o inorgánicos, por sustitución de uno o más átomos metálicos. La sal común se obtiene de yacimientos naturales de roca sólida y por evaporación del agua de mar, lagos, playas y salmueras subterráneas. En Guatemala en un alto porcentaje se obtiene por el proceso de evaporación del agua, a lo que se le llama Sal Solar.

Se entiende por sal de calidad alimentaria el producto que consiste predominantemente en cloruro de sodio. Se obtiene del mar, depósitos subterráneos de sal mineral o de salmuera natural.

- Composición esencial y factores de calidad:

\* **Características generales:** La sal deberá presentarse en forma de cristales blancos, la granulación deberá ser uniforme.

\* **Aspecto:** Cristales, de acuerdo con el tipo de sal; color blanco; olor inodoro, sabor salino.

\* **Clasificación:** La sal para consumo humano de acuerdo con sus características de pureza y granulometría, será clasificada en:

- **Sal común o sal gruesa:** Producto no procesado cuyos cristales deberán pasar en un 90% o más por el tamiz No. 8 (2.36 mm).

- **Sal molida:** Producto obtenido por la molienda de sal común o sal gruesa cuyos cristales deberán pasar en un 95% o más, por un tamiz No. 18 (1.00 mm).

- **Sal refinada:** Producto procesado para eliminar sales higroscópicas de magnesio y calcio, impurezas orgánicas, arena, tierra, y fragmentos de concha; los cristales deberán pasar por el tamiz No. 60 (0.25 mm).

Cualquiera de los tipos anteriores, puede catalogarse como sal para la industria alimenticia.

\* Características físicas y químicas: ver cuadro No. 1  
CUADRO No. 1

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS**

TIPO característica	COMUN gruesa	MOLIDA	REFINADA
	Minimo 90% pasa por un tamiz No. 8 (2.36 mm)	Minimo 90% pasa por un tamiz No. 18 (1.00 mm)	100% pasa por un tamiz No.20 (0.85 mm) minimo 25% pasa por un tamiz No. 60 (0.25 mm)
% Humedad a 150 grados centígrados máximo	3.0	1.0	0.5
% Insoluble en Agua (1) Máximo	0.1	0.1	0.1
% NaCl (1) Mínimo (1)	97.0	97.0	99.5
% Antihu- mectante máximo	2.0	2.0	2.0

I- (2) mg			
Mínimo	33.0	33.0	32.0
Máximo	50.0	50.0	50.0

F- (2) mg/Kg			
Mínimo	225	225	225
Máximo	275	275	275

- (1) Excluido el antihumectante
- (2) La sal destinada a la industria alimenticia puede estar libre de este requisito.

Fuente: Historia y legislación del programa de fluoruración de la sal de Costa Rica. Dr. Roberto Gazel  
 Memoria. I Curso de formación de líderes en programa de fluoruración de sal. 16-21 Sep. 1991  
 Programa Fluoruración de la sal, San José, Costa Rica.

#### 5.1 Normas para elaboración de sal de calidad para el consumo humano (6)

Estas normas tienen por objeto establecer las características y requisitos de la calidad de la sal en su extracción, procesamiento, refinación, y enriquecimiento con productos, para ser utilizada como ingredientes de los alimentos que se destinan tanto a la venta directa al consumidor, como a la industria alimenticia. Se aplica también a la sal utilizada como vehículo de aditivos alimentarios y nutrientes.

#### 5.2 Formas de producir sal en Guatemala: (6)

El clima es el factor más importante en la producción de sal. Las regiones costeras de clima seco (bajo grado de humedad relativa) o con estación seca definida (período lluvioso corto y bien delimitado), son las mejores productoras de sal marina. Además del clima, las salineras requieren de áreas planas, bajas y naturaleza arcillosa, condiciones que se dan asociadas a golfos y esteros, por lo que las regiones naturales para la producción de sal sean fundamentalmente las costas del Pacífico, ya que estas reúnen las condiciones citadas. De la cual aproximadamente el 80% se destina a uso de consumo humano y el 20% entre consumo animal e industrial.

#### 5.3 Sal tradicional: (6)

El productor guatemalteco utiliza procedimientos artesanales en

todo el proceso de producción, recolección, almacenaje y comercialización de la sal. Las salineras pueden abastecerse de agua de diferentes fuentes: mar, esteros, lagunetas, pozos naturales o artificiales de agua salobre. El mar, fuente más concentrada y estable con valor de 3.0 a 3.5 Be' (\*), casi no es aprovechado, pues el agua tendría que tomarse más allá de la línea de oleaje para que no contenga arena que arruine las bombas de succión.

Por ello los productores aprovechan al máximo el régimen de mareas y cuando se producen las mareas máximas introducen miles de metros de agua con gradajes entre 1.5 y 2.5 Be', a un estanque o pileta construido sobre terrenos arcillosos y poco absorbentes, generalmente situado en un nivel relativamente más elevado que el resto de la salinera. Otros se ayudan con bombas de poca cabeza y más caudal a llevar agua al estanque donde el agua reposa hasta 45 días obteniendo un gradaje de 3 a 4 Be'.

Del estanque el agua con 4 o 5 Be' pasa a los asoleadores, que son cunetas construidas en tierra de 2-4 metros de ancho por 50-100 metros de largo y con una profundidad inicial de llenado de entre 25 y 30 cms. cada asoleadero tiene su gradaje (el cual es medido diariamente) de uso, y cada vez que lo supera, su agua es pasada al siguiente, mediante un sistema de compuertas sencillas aprovechando el desnivel o utilizando bombeo. En cada asoleadero se obtiene 1 Be' por día y conforme aumentan los grados y la profundidad, es menor. De tal manera que en aproximadamente 15 días se obtiene salmuera de "punto" (entre 18 y 22 Be'). La salmuera con estos gradajes, es trasladada a los depósitos de grado o directamente en los patios de cristalización. Estos últimos están contruidos de ladrillo rojo de barro cocido (la mayoría), de cemento y últimamente están usando el nylon negro grueso, en una salinera utilizan un patio construido de madera de Guayacán. Los patios tienen aproximadamente una superficie de 100 mts. cuadrados cada uno y se parcelan en cristalizadores de 3 x 3 mts. y con una altura para recibir de 2 a 3 cms. de salmuera. En estos el agua de "punto" se deposita por gravedad, por bombeo o cubeteada desde las 5 a 6 de la mañana; a las 11 de la mañana y a la 1 de la tarde se verifica la cristalización y se hace una labor de "quebrado" que consiste en romper la capa superficial de cristales de sal para que asienten y el agua residual se siga evaporando y formándose más cristales (la precipitación ocurre entre los 24 y 27 Be') La recolección se efectúa entre las 4 y 5 de la tarde, llevando la sal a una esquina del cristalizador con un azadón de madera con bordes de caucho; de ahí es depositada en cubos de madera o en canastos que se colocan sobre madera, para que escurra el agua, que puede aprovecharse el día siguiente.

Los patios deben lavarse de substancias no precipitables que entorpecen la cristalización, cada 10-12 días y resalarse con salmuera por 2 días para volver a obtener sal. Este proceso de cosecha de sal tarda aproximadamente 100 días hábiles del año, (\*) grados Baume.

entre principios de noviembre y principios de mayo siguiente.

Una vez escurrida la sal, es llevada a la bodega, que puede ser rancho sin paredes o bien una construcción rústica de madera, donde la sal en bruto termina de escurrir, y a la vez donde se muele (si es que se hace), y se envasa en sacos de yute o plásticos para luego cargarse en los camiones que llegan a comprar y distribuida en la industria, en las haciendas ganaderas, depósitos, empacadoras o directamente a los mercados.

#### 5.4 Sal cocida: (6)

Esta se produce aún en Taxisco, Santa Rosa. (sal marina). En San Mateo Ixtatán, Huehuetenango o en Sacapulas, el Quiché emplea una técnica de cristalización que consiste en cocer la salmuera, empleando para los efectos grandes recipientes metálicos, y fuego de leña mangle, encino, ciprés o pino. La sal producida es más fina, blanca y limpia. Su producción anual representa el 1% de la producción anual, aunque tiende a desaparecer por el alto costo del proceso y por la prohibición existente de la tala de mangle y otras especies.

#### 5.5 Sal de Nylon:(6)

Se produce en todas las playas del litoral del Pacífico y constituye una forma de producir sal, que se inició a mediados de la década de los años 80 y vino a revolucionar el proceso y comercialización de la sal, al acelerar la producción, reducir costos, requerir de menos relación de área entre asoleadores y cristalizadores y producir una sal más fina y blanca.

Las salineras de nylon se fabrican nivelando el suelo arenoso en bancos a nivel, con sus declives. Sobre éstos se ubican lienzos de tela plástica y se sujetan con estacas y objetos pesados para usarlos como concentradores y cristalizadores. Los asoleadores y concentradores pueden usar plástico negro delgado y los cristalizadores o patios de la tela plástica gruesa. No tiene prensas y uno de los asoleadores, el más elevado actúa con reserva de agua salada.

Este tipo de salinas al utilizar una superficie impermeable y negra, impide fuga y pérdida de salmuera, no le entra agua del subsuelo e incrementa o acelera la velocidad de concentración, entre 3-5 días se obtiene los 18 Be' para dar inicio a la cristalización.

Una de sus desventajas, es el constante deterioro de la tela plástica, la cual tiene prácticamente que cambiarse anualmente.

Su producción anual es de aproximadamente 275,000 quintales y representa el 18.3% de la producción nacional.

### 5.6 Sal combinada:(6)

Esta es una mezcla entre la tradicional y la de nylon, que consiste, inicialmente en recorrer el agua en estanques con superficies de tierra, para luego hacer un recorrido en superficie de nylon para acelerar su evaporación y cristalización. La producción anual es de 1,210,000 quintales y representa el 80.7% de la producción nacional.

### 5.7 Calidad de la sal:(6)

La sal en el comercio guatemalteco no es de calidad superior: presenta mucha humedad, contiene muchas impurezas y sustancias insolubles (incluyendo trozos visibles de arena). La sal para el consumidor final se presenta en los mercados en "cartuchos" de papel periódico o en bolsas plásticas sin rotular. En tiendas y supermercados en bolsas etiquetadas de 1 libra o menos, y en ocasiones se dice que esta "yodada", sin embargo la realidad es otra. Estas presentaciones de sal son de grano relativamente grueso y no es suficientemente blanca, mostrando ciertos granos de coloración o "percudido" y evidencia de su humedad, condiciones que muestran la falta de supervización que se le da a su producción y comercialización.

### 5.8 Utilización como vehículo:(6)

Cuando la sal se emplea como vehículo de aditivos alimentarios y nutrientes por razones tecnológicas o se salud publica se utilizará sal de calidad alimentaria.

## 6. ANTECEDENTES DE LA FLUORURACION DE LA SAL EN GUATEMALA (15)

La fluoruración de la sal ha demostrado desde sus inicios en Suiza, en los años cincuenta, que es una medida eficaz de bajo costo para prevenir la caries dental en forma masiva.

En latinoamérica, Medellín, Colombia, fue la pionera en este campo. Durante la XXVI Reunión del Consejo Directivo de la OPS, de octubre de 1979, en su resolución XXXIX sobre fluoruración de la sal, estableció: "Recomendar a los gobiernos miembros en el desarrollo de programas de fluoruración de la sal, con carácter sustitutivo y transitorio, como complemento a los programas de fluoruración del agua. A partir de 1986, se han desarrollado programas de fluoruración de la sal, en varios países, como resultado de la Primera Reunión de Expertos, sobre fluoruración y yodación de la sal de consumo humano, realizado en la Antigua Guatemala, Guatemala, bajo los auspicios de la OPS, Fundación Kellog y el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). En este evento, lo cual es altamente válido para esta propuesta "quedó, muy claro que la existencia de las deficiencia nutricionales de yodo y flúor, y consecuentemente la alta prevalencia del bocio, cretinismo y enfermedades

dentoperiodontales, pone de manifiesto que extensos sectores de la población de estos continentes continúan marginados de los beneficios sociales, lo que obliga a considerar como prioritarios estos problemas de salud, mediante la fortificación de la sal.

Recientemente, la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el apoyo de la Organización de Facultades, Escuelas y Departamento de Odontología de Latino América (OFEDO), realizó en octubre de 1991, en la ciudad de Antigua Guatemala, un taller para analizar la problemática de la utilización de la sal de consumo humano como vehículo de micronutrientes esenciales (yodo y flúor), para la promoción de la salud y prevención del bocio endémico y las enfermedades dentoperiodontales. En dicha reunión, se propusieron los siguientes objetivos:

- \*.- Identificar, analizar y discutir la problemática del uso de la sal de consumo humano fortificado con yodo y flúor, para la prevención del bocio y enfermedades dentoperiodontales.
- \*.- Conformar una comisión interinstitucional y multidisciplinaria que se encargue de establecer y ejecutar un programa de fluoruración de la sal de consumo humano en Guatemala.

Esta comisión está integrada por representantes de las siguientes instituciones, Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Departamento de Salud Bucal del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP).

Dicha comisión ha venido trabajando en la elaboración de la ley General de Enriquecimiento de Alimentos (decreto No.44-92), la cual fue aprobada el 24 de noviembre de 1992. El reglamento para la Fortificación de la Sal con Yodo y actualmente se encuentra realizando investigaciones básicas que den apoyo al programa de fluoruración de la sal a nivel nacional.

## **7. EXPERIENCIA DE LA FLUORURACION DE LA SAL EN OTROS PAISES: (6)**

### **7.1 Experiencia en Colombia:**

En Antioquia, Colombia, bajo los auspicios de la OPS/OMS se realizó una investigación para comprobar la efectividad de la sal como vehículo para transportes de fluoruro a la población. El estudio se realizó en cuatro pequeñas comunidades del departamento de la Antioquia, utilizando un tipo diferente de fluoruro de calcio en otro, flúor en el agua y una comunidad fue seleccionada como control. Después de siete años de fluoruración de la sal de mesa, sirve satisfactoriamente como vehículo para la administración de fluoruros, ya que da de un 60% a 65% de protección contra la caries dental. Este nivel de prevención se obtuvo agregando 200 mg. del ión fluoruro a cada kilogramo de sal de mesa.

### 7.2 Experiencia en Suiza:

En Suiza, el 75% de la sal doméstica preempacada está fluorurada, ejerce un efecto de la caries, cuando es agregado a la sal doméstica o a leche.

### 7.3 Experiencia en España:

El Dr. J.J. Vines informa haber realizado un estudio en una institución cerrada y que resume como sigue: " la sal fluorurada se manifiesta en su resultado tan válida como la flúor profilaxis a través del agua siempre y cuando pueda controlarse la administración de sal y garantizar un aporte de flúor dentro de las necesidades individuales fisiológicas (1-2 mg. de flúor al día)".

### 7.4 Experiencia en Hungría:

El Dr. Karol y Toth, realizaron estudios de la aplicación práctica en los cuales concluyeron: verifican que la fluoruración de la sal de mesa constituye un método conveniente para la profilaxis de la caries dental. Se han obtenido resultados considerables mejores con la dosis de 250 mg. de F/kg. de sal que los que se reparten en Suiza con 90 mg. de F/kg. de sal.

### 7.5 Experiencia en Costa Rica:

Se realizó un estudio sobre la fluoruración de la sal en abril de 1987, dando inicio a la adición de flúor a la sal, lo cual la colocó en el primer país de América y el tercero en el mundo en aplicar dicha medida en forma masiva a la población. Una de las principales causas que motivaron la aprobación de esta moción fue el hecho del fracaso del programa de fluoruración de las aguas. Este programa solo beneficiaba a una parte de la población y en caso hubiera seguido adelante se hacía muy difícil poder implementarlo al resto de la población, principalmente a las zonas rurales, ya que esta medida exigía una red completa de acueductos a nivel nacional con los controles respectivos que demanda un programa de ésta naturaleza.

El programa de fluoruración de sal en Costa Rica, se realizó después de haber hecho diferentes tipos de estudio que permitieron tener un diagnóstico de la situación del país en diferentes campos.

## 8. RECOMENDACIONES DE LA FLUORURACION DE LA SAL EN OTROS PAISES: (6)

La OPS recomendó la fluoruración de la sal en México donde más del 90% de la población padece de enfermedades bucales y menos del 7% de la población puede pagar un servicio odontológico privado, por ésta razón hay que prevenir las enfermedades bucales empleando métodos de beneficio colectivo. La fluoruración de sal en México

se inició en 1972, con un producto que contenía 20 mg. de yodato de potasio/kg, 0.80% de sódico aluminato de sodio y 0.20 mg. de fluoruro de sodio.

A partir de 1986, se han desarrollado programas de fluoruración en varios países como resultado de la primer reunión de expertos sobre la fluoruración y yodatación de la sal de consumo humano, realizado en la Antigua Guatemala, bajo los auspicios de OPS, la Fundación Kelloggs y el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (Costa Rica, México, Colombia, Perú y Jamaica son un ejemplo de dicha resolución). En este evento quedo muy claro que la existencia de las deficiencias nutricionales de yodo y flúor y consecuentemente alta prevalencia de bocio, cretinismo y enfermedades dentoperiodontales, pone de manifiesto que extensos sectores de la población del continente continúan marginados de los beneficios sociales, lo que obliga a considerar como prioritario estos problemas de salud, mediante la fortificación de la sal.

#### **8.1 Ventajas de la fluoruración de la sal con relación a otros métodos:**

- a. El esmalte moteado es menos propenso a ocurrir con fluoruración óptima de sal, que con fluoruración óptima de agua.
- b. La fluoruración de la sal doméstica es de menor costo que la fluoruración del agua.
- c. La fluoruración de sal implica la mayor cobertura en los habitantes de Guatemala, lo cual no ocurre con la fluoruración del agua potable, que está limitada a la ciudad capital.
- d. La fluoruración de las aguas de consumo están sujetas a la voluntad de cada administración edilicia, en el caso de la fluoruración de la sal, obedece a una ley de la República y a las normas y reglamentos específicos.
- e. Toda agua producida debe ser fluorurada a pesar de que únicamente un 2 a 3% es ingerida (el resto tiene otros usos). De la sal producida debe fluorurarse únicamente la de consumo humano.
- f. En la fluoruración del agua, las entidades participantes son numerosas, en la fluoruración de la sal mínimas.
- g. La ejecución del programa de fluoruración del agua es compleja, en la sal simple.

#### **8.2 Desventajas de la fluoruración de la sal con relación a otros métodos:**

- a. La fluoruración de la sal, presenta más problemas de homogeneización de las mezclas, que la fluoruración del agua.

- b. La absorción de los fluoruros en el organismo es menor cuando se combina con alimentos (sal fluorurada), que cuando se ingiere al agua de bebida. Aunque dependerá del compuesto utilizado en la sal.
- c. Con la fluoruración del agua se obtiene hasta un 68% de prevención de la caries, a diferencia de un 50% que se obtiene con la fluoruración de la sal.

#### **EQUIPOS EMPLEADOS EN LA FLUORURACION DE LA SAL EN COSTA RICA**

##### **o. Para producciones pequeñas:**

Equipos de mezcla intensiva por batidas individualizadas de capacidad de 1 a 5 toneladas por hora.

##### **o. Para grandes producciones:**

Equipos de mezcla intensiva de alta velocidad y empuje hacia adelante, en producción continua para el primer caso se emplean por lo general mezclas en seco, aunque también pueden ser en solución. También se pueden preparar premezclas con la misma sal, para facilitar la mezcla final. Para el segundo caso, se agregan los productos de enriquecimientos en solución.

#### **- Puntos de aplicación de los productos de enriquecimiento**

La mejor solución es aplicar los productos de enriquecimiento al producto final.

En el caso de emplearse el proceso por batidas individualizadas, la situación se simplifica, ya que estos productos se agregan a la sal terminada, adicionando a un volumen o peso determinado, las cantidades exactas requeridas para obtener la dosis recomendada un procediendo al mezclado intensivo por un periodo de tiempo que garantice una mezcla lo más homogénea posible, ya que se trata de mezclas de productos granulares de diferente granulometría y peso específico.

Debe procederse de inmediato al embolsado, preferiblemente a los pesos o volúmenes recomendados para la comercialización.

En el caso de agregado en solución, en caso de grandes producciones, debe seleccionarse y estudiarse cuidadosamente el punto de aplicación, preferiblemente a la sal terminada, y mezclarse con equipos de mezcla intensiva de empuje hacia adelante. Cuando se seleccionan otros sitios intermedios anteriores, por lo general se presentan problemas por pérdidas de los productos de enriquecimiento, mezcla inadecuada, obstrucciones en las boquillas de aplicación, etc.

REPUBLICA DE GUATEMALA  
SECRETARÍA DE ECONOMÍA

- **Procesos usados en la fluoruración de la sal doméstica:**

La adición de fluoruro a la sal de consumo doméstico puede hacerse sea en solución empleando productos de flúor de alta solubilidad, tales como fluoruro de potasio o el silicofluoruro de sodio, silicofluoruro de sodio o fluoruro de calcio.

Cuál de los procesos de emplea y con qué sales del flúor depende de condiciones especiales tales como el tipo de planta con que se cuenta, el personal técnico y profesional que se tenga a disposición, y el tipo y calidad de la sal que se produce, los sistemas de control operacional establecidos, las facilidades en cuanto a personal, laboratorios y otros con que se cuenten los organismos oficiales de control y seguimiento de la medida, otros programas de enriquecimiento de la sal.

En los países altamente industrializados y con un alto nivel de educación y servicios técnicos, desde el punto de vista de seguridad y costos, probablemente la mejor solución sea mediante plantas centralizadas, de gran capacidad y de operación continua.

En los países con menos mano de obra especializada y pocos recursos de servicios técnicos y económicos, por lo general países pequeños, se debe pensar en plantas y equipos más simples y en procesos por batidas individualizadas, empleando equipos de mezcla intensiva de efectividad comprobada y estableciendo los controles necesarios para evitar sobredosificaciones y tomando todas las medidas recomendables por la protección de los trabajadores.

En la planificación de estas plantas se debe dar consideración cuidadosa a la necesidad de tener un conocimiento preciso a cerca de las características de los compuestos a mezclar y que incluyen:

- \* granulometría (tamaño de los granos)
- \* propiedad de flujo
- \* solubilidad de los aditivos en el agua
- \* toxicidad de los aditivos

La legislación sobre los productos dietéticos requiere que:

- \* los productos conserven sus propiedades
- \* que la mezcla resultante se mantenga homogénea hasta llegar al consumidor final.

Además, el consumidor desea tener un producto con buenas propiedades de flujo, en un recipiente conveniente, y que pueda ser usado tanto en la mesa como en la cocina.

Debe tenerse presente que no todos los casos o situaciones son iguales y que por lo tanto debe realizarse un cuidadoso estudio de las condiciones particulares que se presentan para llegar a proponer e implantar la solución más adecuada.

La fluoruración de la sal es una medida económica y debe ser considerada hoy en día por los países de América Latina como la medida más viable para llevar el fluoruro a grandes poblaciones y/o a nivel nacional. Esta ofrece grandes ventajas respecto a la fluoruración del agua si se consideran los costos de instalación, mantenimiento de equipos, materiales y cobertura.

Para llevar a cabo la fluoruración de la sal, sea por vía seca o vía húmeda se requiere del equipo específico: equipos de mezcla intensiva de alta velocidad y empuje en la fluoruración continua para grandes producciones y con los mezcladores de batidas individualizadas para pequeñas producciones. Debido a esto los costos varían de país a país dependiendo de la técnica seleccionada y del equipo de producción de sal con que cuenten las empresas salineras.

Como se debe considerar la calidad y características que debe presentar la sal para ser considerada apta para la fluoruración y yodización en cuanto a granulometría, humedad, pureza, etc., los equipos diferirán de una planta salinera a otra.

#### - Clasificación de los equipos:

Los equipos que actualmente son utilizados para llevar a cabo la fluoruración de la sal pueden clasificarse en dos, según el sistema de producción:

- \* fluoruración de operación continua
- \* fluoruración por batidas individualizadas

#### a.- Fluoruración de operación continua:

Para grandes producciones se utilizarán equipos de mezcla intensiva de alta velocidad y empuje hacia adelante, para producciones de sal fluorurada a grandes escalas. El proceso de producción que realiza este equipo, comprende las siguientes etapas:

- evaporación de una solución concentrada de cloruro de sodio,
- cristalización del cloruro de sodio,
- concentración de la mezcla sal salmuera,
- separación de la mezcla acuosa de sal en sus partes sólidas (sal) y líquida (salmuera), por medio de centrifugas de tipo de presión o empuje hacia adelante,
- agregado de la solución de fluoruro de potasio y yoduro de potasio al flujo continuo de sal,
- mezclado continuo de los componentes en un mezclador intenso,
- secado de la mezcla húmeda en un secador,
- agregado de un agente antiaglutinante,
- transporte de la mezcla a un recipiente intermedio,
- empaquetado de la sal fluorurada y yodada.

### b.- Fluoruración por batidas individualizadas:

Para pequeñas producciones se utilizan equipos de mezcla intensiva por batidas individualizadas, de capacidad de 1 a 5 toneladas por hora, para producciones de sal a pequeña escala. se le llama también "conos mezcladores". Estos aparatos están equipados para realizar la fluoruración en seco y en húmedo, y es necesario considerar las condiciones atmosféricas de cada país, a la hora de considerar la opción.

En general, los equipos que podrían considerarse como parte del proceso de fluoruración de la sal, son:

- tanque para la preparación de las soluciones de KF;
- las bombas para trasiego de las soluciones preparadas si los tanques de dosificación van a estar en otro local diferente al de preparar las soluciones;
- tanques para contener las soluciones a dosificar;
- equipo de boquillas o de tubo perforado para la aplicación sea por goteo o atomización;
- bombas dosificadoras de la solución;
- romana para pesado de la sal si el proceso es continuo, con ajuste automático de la dosificación de las bombas de acuerdo a la cantidad de sal que está pasando por la banda transportadora;
- equipos para análisis de laboratorio;
- equipos para rotular;
- equipos para el empaclado del producto;

Conforme se vayan desarrollando los diferentes programas de fluoruración, se definirán mejor los aspectos técnicos propiamente dichos del proceso de la producción de sal fluorurada, así como la ingeniería de los equipos a utilizar.

### 9. YODO: (18)

Halógeno que existe en escamas o placas de color negro azulado, con brillo metálico, olor y sabor fuertes característicos y vapor corrosivo de color violeta. Símbolo químico es I; su número atómico es 53; peso atómico es 126,9045; su forma natural es I. El yodo es soluble en alcohol, bisulfuro de carbono, éter, cloroformo y otros solventes orgánicos, pero no en agua. El organismo contiene normalmente 20 a 30 mg de yodo; distribuidos así: 50% en músculos; 20% en tiroides; 10% en piel y 6% en huesos. Es esencial en hormonas tiroideas y su deficiencia puede provocar BOCIO. En zonas pobres en yodo, se le agrega al agua potable y sal de mesa. Se usa en el tratamiento de hipertiroidismo, como antiséptico tópico, y como antídoto en el envenenamiento por alcaloides; y sus sales se usan en medios de contraste.

El yodo radiactivo se usa en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades tiroideas. En odontología se usa en tintura para

aplicaciones tópicas en las mucosas como antiséptico y en soluciones reveladoras.

### 9.1 Bocio:(16)(18)

Agrandamiento de la glándula tiroides. A pesar del significativo progreso logrado en las últimas décadas en el control del bocio endémico, ésta deficiencia nutricional todavía persiste como un problema serio de salud pública en algunos países de las Américas. Aún en aquellos que han tenido éxito en reducir su prevalencia global a niveles inferiores a los considerados como problema de salud pública, existen focos con prevalencias elevadas y en algunos amenaza la posibilidad de una recurrencia del problema, si las medidas de seguimiento y de control de los programas no se ejecutan adecuadamente. La causa más importante del bocio endémico, es el bajo contenido de yodo en los alimentos y en consecuencia, la insuficiente ingesta alimentaria de este micronutriente esencial. Se sabe de la existencia de diversos factores bociógenos, ambientales y alimentarios, los cuales pueden causar bocio bajo ciertas condiciones. Sin embargo, para propósitos prácticos, el factor etiológico básico, es una deficiencia de yodo en la dieta, la cual se observa con mayor frecuencia en poblaciones que dependen de la producción local de alimentos de tierras pobres en yodo. El bocio endémico no constituye solamente un problema estético, ya que está asociado epidemiológicamente con el cretinismo endémico, la sordomudez y el retardo mental, así como con incrementos de las tasas de mortalidad perinatal, de bajo peso al nacer y de retardo en el desarrollo infantil. Aún en las formas leves de deficiencia de yodo puede parecer hipotiroidismo clínico y formas moderadas de mixedema, así como desarrollo mental significativamente menor. Los niños nacidos de madres con deficiencia de yodo pueden tener grados variables de retardo mental, desde las formas leves hasta difíciles de reconocer, hasta el cretinismo marcado. La prevalencia e incidencia de alteraciones patológicas de la glándula tiroides de tipo neoplásico y de nódulos hiperfuncionales autónomos, es también mayor en personas con bocio endémico de larga duración.

En áreas en donde el consumo de alimentos con bociógenos es un factor importante, las medidas adicionales para disminuir dicho consumo pueden ser también necesarias.

### 9.2 PREVENCIÓN DEL BOCIO:(11)

El procedimiento más efectivo y económico de la prevención del bocio endémico es la fortificación de la sal con yodo, proceso conocido como YODACION O YODIZACION, utilizando ya sea yoduro o yodato de sodio o de potasio.

La prevención del bocio endémico radica principalmente en el aumento de la ingesta de yodo, por la población que vive en las

áreas bociosas. Cuando la cantidad de yodo aumenta hasta llegar al requerimiento mínimo estimado, 100- 150mg/día adulto, hay disminución en la prevalencia del bocio.

- Los dos enfoques conocidos para aumentar la ingesta de yodo son:
- a. administración de compuestos yodados por vía oral;
  - b. su adición a los alimentos, especialmente la sal de consumo humano.

### 9.3 YODACION DE LA SAL COMUN:(11)

El procedimiento más efectivo y económico de la prevención del bocio endémico es la fortificación de la sal con yodo (yodación o yodización), usando, ya sea, yoduro o yodato de sodio o de potasio. La yodación de la sal es especialmente efectiva, es simple y no produce reacciones químicas adversas. El objetivo es agregar una pequeña proporción, predeterminada del compuesto, de tal manera que se mezcle uniforme y permanentemente con la sal y así provea una cantidad no menor de 150 mg. y no mayor de 100 mg/persona/día. Con base en las evaluaciones periódicas de los procesos e impactos de los programas, deben efectuarse ajustes necesarios para optimizar la efectividad de la yodación.

Para establecer programas de yodación de la sal, no solamente se necesita de legislación y regulaciones apropiadas, sino la provisión de financiamiento adecuado y de apoyo administrativo, técnico y operacional requerido para la producción y mercadeo de la sal yodada, para la educación popular y para el establecimiento de sistemas eficientes de control de diversos niveles del proceso.

Guatemala fue uno de los primeros países en América Latina y el primero en Centroamérica, en disminuir la prevalencia del bocio endémico a niveles que no significan un problema de salud pública. Siendo en 1954 emitida la ley de yodación de la sal, la cual es reglamentada en 1955. Tiene cobertura nacional y incluye toda sal para consumo humano. La yodación de la sal se inició en 1959 utilizando yodato de potasio, con un nivel de enriquecimiento de 60 a 100 ppm.

### 9.4 Procedimiento para la yodación de la sal:(11)

En Guatemala, el procedimiento de yodación empleado es el mezclado en seco, con una mezcla de yodato de potasio con carbonato de calcio en proporción de 1:9.

La Asociación Nacional de Salineros es responsable de la yodación de la sal y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de la supervisión. Existe una comisión coordinadora del programa de yodación de la sal, constituida por los Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social, Finanzas, Economía, el INCAP y la Asociación de Salineros de Guatemala.

**SISTEMAS, TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE YODACION FLUORURACION Y CONTROLES RESPECTIVOS DE LA SAL EN AMERICA LATINA, RECOMENDOS EN EL INFORME CONSOLIDADO DE LOS GRUPOS DE DISCUSION DE LA " I REUNION DE EXPERTOS DE YODACION Y FLUORURACION DE LA SAL DE CONSUMO HUMANO"**

En lo que respecta a los sistemas, técnicas y procedimientos para la yodo\_fluoruración de la sal, existen varias formas que a su vez dependen de factores locales propios de cada país.

Como parte de ello, a los gobiernos deben ofrecerse recomendaciones orientadas adecuadamente al contexto nacional de que se trate y conteniendo detalles que permitan con claridad formular y ejecutar el programa de fortificación de la sal deseado.

Ellas deben incluir, entre otras las siguientes:

- Otorgar permisos a los productores de sal sólo cuando se comprueba capacidad y/o factibilidad de fortificarla con flúor y yodo. Además, deberán proveerse todas las facilidades necesarias, tanto de organización como de tecnología de producción, fortificación, orientadas a las características y posibilidades locales.
- El personal que se asigne para la preparación de la premezcla y las soluciones respectivas, debe poseer suficientes conocimientos y dominar la tecnología pertinente.
- En todos los casos y a todos los niveles y etapas del proceso se deben establecer los mecanismos necesarios de seguridad ocupacional.
- Hacer recomendaciones específicas sobre las sales utilizadas para la fortificación y algunas de las características que éstas ofrecen. Entre ellas las siguientes:
  - 1.- el yodato de potasio (KIO<sub>3</sub>) es más estable que el yoduro de potasio (KI); sin embargo este último es más soluble que el primero;
  - 2.- el empleo de estas sales está condicionado por el proceso de fortificación (seco o húmedo). Se recomienda el yodato de potasio cuando se usa la vía seca, aún cuando se indica el yoduro de potasio debidamente estabilizado y en sales alcalinas (o neutras). en este sentido, OMS recomienda el yodato de potasio por considerarlo más estable aún cuando es el más alto en precio.
  3. No existe problema alguno en cuanto al tipo de sal para fortificarla con yodo,, ya sea utilizando tanto yoduro o yodato de potasio.

4. En cuanto a la sal de yodo a usarse, debe considerarse siempre su costo, su solubilidad, su estabilidad y el proceso de fortificación empleado.
5. El fluoruro de sodio, por su parte, obliga a fluorurar por vía seca.
6. El aluminio no interfiere con la biodisponibilidad de flúor, debido a las pequeñas cantidades que se usan para la fortificación de la sal. Por la misma razón tampoco interfiere en el proceso análisis que se utilice.
7. En cuanto sales de flúor, el fluoruro de sodio es menos soluble (4%) que el fluoruro de potasio (100%) y a su vez, el fluorsilicato de magnesio es más soluble que el fluoruro de sodio y además es menos oneroso.
8. Para fluorurar es húmedo, debe optarse por la sal de flúor más soluble.
9. En el caso de la fluoruración existe problema cuando se emplea sal gruesa o cruda, por su tamaño, humedad y contaminación. En este caso debe usarse un antiaglomerante a efecto de evitar la segregación. Por ello es preferible utilizar sal REFINADA, a fin de asegurar homogeneidad y evitar la segregación e interferencia con otros iones. La sal refinada es el producto que contiene inicialmente la materia prima, llevada a un grado fino de granulación. Esta puede lograrse tanto por medio mecánicos como por evaporación de alto vacío.

#### 10. **MÉTODOS PARA LA PREPARACION DE LAS MUESTRAS PARA EL ANALISIS DE FLUOR Y YODO (13)**

- 10.1 **Métodos directos:** se usa en muestras acuosas, como agua, orinas, sal, en las cuales no se requiere un tratamiento previo de la muestra.
- 10.2 **Método de destilación:** ha sido usado, pero por su complejidad esta siendo desplazado por la difusión. Consiste en separar el flúor del resto de la muestra mediante calentamiento con ácido, seguido por la destilación del flúor con ácido fluorhídrico y ayudado con una corriente de nitrógeno, para reducir el volumen final del destilado. El flúor se recoge en una solución de hidróxido de sodio.
- 10.3 **Método de difusión:** se utiliza en muestras que contengan concentraciones de flúor menores de 10 micromoles, tales como saliva, sangre, plasma, alimentos. Se basa en la liberación de flúor como ácido fluorhídrico, el cual es luego atrapado por

hidróxido de sodio, depositándose en la tapa del frasco de difusión. Para que se efectúela difusión la muestra es acidificada y dejada en reposo a una cierta temperatura por determinado tiempo. 10.4 Método de fusión: consiste en eliminar la materia orgánica de la muestra, fijando previamente el flúor durante la etapa de incinerado. Es importante que el fijador (generalmente óxido de magnesio), tenga un contenido bajo de flúor, de lo contrario se debe de realizar un tratamiento especial de purificación, previo al análisis.

## **11. TECNICAS PARA LA DETECCION DE FLUOR:(13)**

- 11.1 **Técnicas Potenciométricas:** durante la última década el electrodo del ión específico empezó a ser el instrumento más popular para el análisis del flúor, gracias a ventajas como: bajo costo de instrumentación, mantenimiento simple y económico, respuesta rápida, precisión y exactitud excelente y buena sensibilidad.
- 11.2 **Métodos colorimétricos:** se basa en la decoloración resultante de la reacción del flúor con complejos coloreados de éstos metales, y colorantes orgánicos. El grado de cambio de color puede ser evaluado por comparación con estándares visuales o por espectrofotometría.
- 11.3 **Técnicas volumétricas:** existen varias, una de ellas se basa en la titulación del flúor, ya separado del resto de la muestra con  $\text{Th}(\text{No}_3)$ , usando alizarina como indicador del punto final. Es una técnica cuya sensibilidad es de 0.5 a 1 mg. de flúor, y esta grandemente influenciada por el valor del pH.
- 11.4 **Cromatografía iónica:** consiste en inyectar al cromatógrafo la muestra en forma acuosa y luego interpretar las señales que de él se deriven.

## 12. METODOLOGIA

### 12.1 DEFINICION DE VARIABLES:

- 12.1.1 **Calidad de la sal de consumo humano:** características o condiciones que debe poseer la sal, en cuanto a pureza, humedad, granulometría; para poder ser consumida. Deberá ser en forma de cristales blancos, inolora, sabor salino. Estas características varían de acuerdo al tipo de sal: común, molida o refinada.
- 12.1.2 **Concentración de micronutrientes:** cantidad de flúor y yodo expresado en ppm (mg/kg de peso).
- 12.1.3 **Calidad de la sal para ser fortificada:** características que debe cumplir, en cuanto a pureza, humedad, granulometría, según las normas establecidas.

### 12.2 INDICADORES DE LA VARIABLES:

12.2.1 Para determinar la calidad de la sal de consumo humano

12.2.1.1 La pureza, deberá medirse mediante el método volumétrico:

- a. sal común o gruesa: deberá tener un 97% de cloruro de sodio, como mínimo en base seca.
- b. sal molida: deberá tener un 97% de cloruro de sodio, como mínimo en base seca.
- c. sal refinada: deberá tener un 99.5% de cloruro de sodio, como mínimo en base seca.

12.2.1.2 La humedad, se medirá mediante método gravimétrico:

- a. sal común o gruesa: deberá tener un 3% de humedad a 150°C, máximo.
- b. sal molida: deberá tener un 1% de humedad, a 150°C, máximo.
- c. sal refinada: deberá tener un 0.5% de humedad a 150°C, máximo.

12.2.1.3 Granulometría: mediante método de tamices:

- a. sal común o gruesa: producto no procesado cuyos cristales deberán pasar en un 90% o más por el tamiz #8, (2.36 mm.)

- b. sal molida: producto obtenido por la molienda de sal común o gruesa, cuyos cristales deberán pasar en un 95% o mas por un tamiz #18(1.00 mm).
- c. sal refinada: producto procesado para eliminar sales higroscópicas de magnesio y calcio, impurezas orgánicas, arena, tierra y segmentos de concha; los cristales deberán pasar totalmente por el tamiz #20 (0.85 mm) y el 25% como mínimo deberá pasar por el tamiz #60 (0.25 mm).

12.2.2 Para la concentración de micronutrientes:

12.2.2.1 Concentración de flúor: determinación de la presencia del ión flúor, por el método del ión específico. De acuerdo al reglamento presentado para su aprobación, la dosis recomendada, en base a estudios efectuados para Guatemala, por la Facultad de Odontología, es de 225 a 300mgs. de una sal de fluoruro, expresado como ión flúor por 1000grs. de sal.

12.2.2.2 Concentración de yodo: determinación de la presencia del ión yodo, por el método del ión específico. La dosis recomendada por el reglamento es de 60 a 100 ppm de yodato de potasio.

12.2.3 Calidad de la sal para poder ser fortificada: Deberá ser una sal, refinada, con un 0.5% de humedad, un 99.5% de cloruro de sodio.

13. **METODO PARA LA EXTRACCION DE MUESTRAS DE SAL PARA LABORATORIO:**(3)

3.1 El número de muestras que se deberá retirar para el análisis físico-químico, se indica en la tabla siguiente:

muestras de hasta 1 kg.	# de envases a retirar
2 -25	2
36-150	3
151-1200	5
1201-3500	8
3501 o más	13

13.2 De cada envase seleccionado de acuerdo a la tabla anterior, se extraerá una porción de sal no menor de 200 gr. que constituirán las muestras simples.

13.3 Independientemente de las porciones de sal extraídas anteriormente, se extraerán porciones de sal, las cuales se

mezclarán y constituirán las muestras compuestas de aproximadamente 600 gr.

- 13.4 Las muestras simples y compuestas serán divididas en 3 partes iguales, (controlador, interesado, dirimencia).
- 13.5 El remanente de la sal de cada uno de los envases muestreados, formaran una muestra simple, que será dividida en 3 partes iguales, (controlador, interesado, dirimencia).
- 13.6 El lote se considera aceptable si el promedio de dos análisis consecutivos, en las muestras simples, cumple con cada uno de los requisitos especificados por la Norma para la Sal de Consumo Humano, para el flúor y yodo. Para las muestras compuestas, se considera aceptable si cada uno de los análisis realizados cumple con los requisitos indicados por la Norma para la Sal de Consumo Humano.

Para fines de la presente investigación será utilizado el método de muestreo directo.

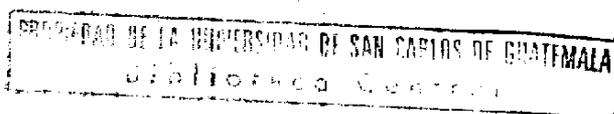
En el mercado guatemalteco, existen dos centros de distribución de una sal de consumo humano, fortificada con flúor y yodo, los cuales se encuentran ubicados de la siguiente forma:

- 14.1 Palín, Escuintla, cuenta con una producción aproximada de 50 a 100 quintales, en época de producción. Es el encargado de distribuir a tiendas, en el mismo lugar, y a otro centro de distribución. De aquí se obtuvieron 10 bolsas de una libra.
- 14.2 Stop Market, localizado en la calle Martí, zona 6, de la ciudad capital y otro en Morazán, el Progreso; los dos son los encargados de vender por cantidades menores. Se obtuvieron 25 bolsas de una libra.

## 15. PROCEDIMIENTO:

Una vez obtenidas las muestras de sal, y con la autorización previamente obtenida en los diferentes laboratorios, se procedió a realizar los respectivos análisis, de la siguiente manera:

- 15.1 Laboratorio de bromatología del INCIENSA, San José, Costa Rica, se utilizas 20 bolsas de sal de una libra cada una;
  - 15.1.1 Análisis de la presencia y concentración de flúor mediante el metodo del electrodo especifico.
  - 15.1.2 Análisis de la presencia y concentración de yodo mediante el metodo del electrodo especifico.
- 15.2 Laboratorio del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos; se utilizaron 3



bolsas de sal de una libra cada una;

- 15.2.1 Análisis de granulometría, mediante el método del tamizaje.
- 15.2.2 Determinación del contenido de humedad, mediante el método gravimétrico.
- 15.2.3 Determinación del grado de pureza, mediante el método volumétrico.
- 15.3 Laboratorio de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos, se utilizaron 5 bolsas de una libra cada una;
  - 15.3.1 Determinación de presencia y concentración de flúor y yodo, mediante el método del electrodo específico. Los análisis se realizaron por la estudiante, con la asesoría del doctor Ricardo Sánchez, catedrático del Departamento de Educación Odontológica de la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos.
- 15.4 Ministerio de Salud: se envió una bolsa de una libra para determinar presencia y concentración de yodo, específicamente. Las técnicas y equipo, se describen detalladamente más adelante.
- 15.5 Los resultados obtenidos se anotaron en el instrumento de recolección de datos respectivo. (Ver anexos) 15.6 Recabados los datos, se procedió a tabularlos, para posteriormente analizarlos y graficarlos, y poder así, emitir las conclusiones de la investigación.

## 16. RECURSOS:

- 16.1 Humanos:
  - 16.1.1 Investigador
  - 16.1.2 Asesores
  - 16.1.3 Técnicos de laboratorio:
    - INCIENSA, San José, Costa Rica
    - Facultad de Ingeniería de Universidad de San Carlos
    - Facultad de Farmacia de Universidad de San Carlos
    - Ministerio de Salud
- 16.2 Materiales:
  - 16.2.1 Lapiceros
  - 16.2.2 Fichas para recolección de datos.
  - 16.2.3 Laboratorios químicos
    - INCIENSA, San José, Costa Rica
    - Facultad de Ingeniería de Universidad de San Carlos
    - Facultad de Farmacia de Universidad de San Carlos
    - Ministerio de Salud
  - 16.2.4 Fondos económicos:
    - Viaje a Costa Rica
    - Compra de muestras de sal de una libra (35)

16.2.5 Equipo de laboratorio: se describe detalladamente más adelante.

## 17. MATERIALES Y TECNICAS:

### 17.1 ANALISIS GRANULOMETRICO: (2)

Consiste en separar y clasificar por tamaños los granos. Existen dos tipos de analisis: por sedimentación y por tamices; en el presente trabajo se utilizará el método de tamices.

## 18. MEDICIONES DE YODO

Las mediciones tanto de yodo como de fluoruro se están realizando por medio de la técnica del electrodo de ión específico. El uso de esta técnica implica la medición de diferencia de potencial (mV), debidas a diferencias en la concentración de iones yoduro y fluoruro que se están midiendo.

Cuando se están realizando mediciones de yoduro y fluoruro por la técnica del electrodo de ión específico, se hace necesario usar el siguiente equipo de laboratorio:

- potenciómetro o analizador de iones
- electrodo de ión específico para fluoruro.
- electrodo de ión específico para yoduro.
- electrodo de referencia.

### 18.1 Equipos de Medición

- Potenciómetros o analizadores de iones. En Costa Rica se usan los siguientes:
  - Ionalyzer Orion Research modelo 409.
  - Ionalyzer Orion Research modelo 407 A. - Ph / ion meter Corning modelo 811.
  - Ph / ion meter Fisher modelo 525.
  - Ion analyzer corning modelo 255.
- Electrodo usados
  - Para ion fluoruro:
    - corning # catálogo 476042.
    - orion # catálogo 94 09000.
  - Para ión yoduro:
    - corning # catálogo 476127.
    - orion # catálogo 945300.

- Referencia:  
  corning # catálogo 476370.  
  orion # catálogo 900100.

- Electrodo de Referencia

En la mayoría de los métodos electroanalíticos, es conveniente que uno de los electrodos posea un potencial que sea constante e independiente del transcurso del análisis. Tal electrodo o semi-pila recibe el nombre de electrodo de referencia; empleando este en el sistema, todas las variaciones del comportamiento de la pila se pueden atribuir a la otro semi-pila, que recibe el nombre de electrodo específico.

19. **PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE FLUOR Y YODO Y EVALUACION DE CALIDAD DE LA SAL DE CONSUMO (3)**
  - 19.1 **Determinación de flúor** (ver anexo 25)
  20. **EVALUACION DE LA CALIDAD DE SAL PARA CONSUMO**  
(ver anexo 26)
  - 20.1 **Determinación del contenido de humedad en sal** (Método gravimétrico) (ver anexo 26.1)
  - 20.2. **Determinación de sustancias insolubles en la sal**  
(Método gravimétrico) (ver anexo 26.2)
  - 20.3. **Determinación de la pureza de la sal:**  
(Método volumétrico) (ver anexo 26.3)
  - 20.4. **Determinación del contenido de sulfato en sal.**  
(Método gravimétrico) (ver anexo 26.4)
  - 20.5. **Determinación del contenido de calcio** (método volumétrico)  
(ver anexo 26.5)
  - 20.6. **Determinación del contenido de magnesio en sal**  
(Método volumétrico) (ver anexo 26.6)
-

## PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

## PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

Después de haber realizado los análisis de las muestras de sal, en los diferentes laboratorios, se obtuvieron los siguientes resultados:

## 1. PRESENCIA Y CONCENTRACION DE FLUOR:

De las 11 muestras analizadas, 10 de ellas presentaron el ión flúor.

En los análisis para determinar la concentración de flúor, presentaron mucha variabilidad, encontrándose en un rango que va desde 0.22 ppm hasta 34.8 ppm.

CUADRO No 1

Concentración del ión Flúor, expresado en ppm de 11 muestras de una sal disponible en el mercado guatemalteco

MUESTRA	INGENIERIA	INCIENSA	FARMACIA
M1	34.8		
M2	4.8		
M3	5.6		
M4		30	
M5		3.5	
M6		4.8	
M7			4.45
M8			9.34
M9			N.R
M10			0.9
M11			0.22

N.R no representa

En el cuadro No.1 se observa una gran variabilidad de los resultados, la cual puede deberse a varias razones, entre las cuales se mencionan:

- a. La compañía que produce y distribuye la sal en estudio, no cuenta con un equipo, técnicas ni personal adecuado para dosificar el flúor.

- b. Debido a que en la etiqueta de la sal en estudio, no presenta datos como: fecha de empaquetamiento ni fecha de vencimiento, no puede determinarse el tiempo de almacenamiento, el cual al ser muy prolongado, produce segregación del flúor.

## 2.- PRESENCIA Y CONCENTRACION DE YODO:

Se encontró presencia de yodo en la totalidad de las muestras analizadas.

La concentración de yodo, determinada mediante el método del electrodo del ión específico mostró mucha variabilidad, encontrándose en un rango que va desde  $2.91 \times 10^{-5}$  ppm hasta 54.6 ppm. No así, mediante el método colorimétrico, en el cual se obtuvo un resultado de 62.5 ppm.

### CUADRO No.2

Concentración de ión Yodo, expresado en ppm de 6 muestras de una sal disponible en el mercado guatemalteco

MUESTRA	INGENIERIA	LUCAM (Ministerio de Salud Pública)
M1	$3 \times 10^{-5}$	54.6
M2	$3.4 \times 10^{-5}$	
M3	$2.91 \times 10^{-5}$	

En el cuadro No. 2, se observa una variabilidad de los resultados, que pudo deberse a:

- a. Es posible que la compañía que produce y distribuye ésta sal, no cuente con un equipo, técnicas ni personal adecuado, para dosificar el yodo a la sal.
- b. Debido a que en la etiqueta, la sal no presenta fecha de empaquetamiento ni fecha de vencimiento, no puede ser determinado el tiempo de almacenamiento, el cual al ser muy prolongado, puede producir segregación del yodo.

### 3. CALIDAD DE LA SAL:

#### 3.1 Pureza:

Luego de realizados los análisis de la sal se obtuvieron los siguientes resultados:

**CUADRO No.3**

Grado de pureza de las muestras de una sal disponible en el mercado guatemalteco, expresado en % de Cloruro de Sodio (NaCl)

PARAMETRO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	X	D.S
% PUREZA	97.41	99.37	99.27	98.68	1.1

Fuente: datos obtenidos de análisis realizados en el Centro de Investigaciones de la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

En el cuadro No. 3, se indica un promedio de 98.68 y una desviación estándar de 1.1, lo que expresa que en su totalidad, las muestras presentan un grado de pureza ideal, para una sal molida, y poder así, ser fortificada con micronutrientes.

#### 3.2 Humedad:

Luego de realizados los análisis de la sal, se determinaron los siguientes resultados:

**CUADRO No.4**

Grado de Humedad de las muestras analizadas, expresado en Porcentaje (%)

PARAMETRO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	X	D.S
% HUMEDAD	0.38	0.26	0.30	0.31	0.13

Fuente: datos obtenidos de los análisis realizados en el Centro de Investigaciones de la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

De acuerdo a los resultados presentados, en el cuadro No.4, se obtuvo un promedio de 0.31 y una desviación estándar de 0.13, lo que expresa que aproximadamente un 80% de las muestras tienen un grado de humedad muy bajo, (0.5% para poder ser fortificada con flúor y yodo).

### 3.3 Granulometría:

Después de realizados los análisis, se obtuvieron los siguiente resultados:

**CUADRO No.5**

**Granulometría, expresado en % de granos que pasa por un tamiz en milímetros**

TAMIZ EN MM	% QUE PASA MUESTRA 1 (PALIN)	% QUE PASA MUESTRA 2 (STOP)	% QUE PASA MUESTRA 3 (STOP)
0.83	99.03	98.6	98.6
0.59	72.4	69.9	66.4
0.42	36.5	32.7	30.3
0.29	8.4	7.9	5.4
0.25	3.4	3.2	1.9
0.22	0.5	0.6	0.14
0.18	0.3	0.3	0.06

Fuente: datos obtenidos de los análisis realizados en el Centro de Investigaciones de la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

En el cuadro No.5, se expresan los datos obtenidos de las muestras en estudio, las cuales deberá considerarse como una sal MOLIDA, ya que el 99.03% pasa por el tamiz de 0.83 mm y el 0.06% pasa por el tamiz de 0.18 mm. (Norma: mínimo 90% pasa por un tamiz de 1 mm. para la sal molida)

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

### CONCLUSIONES

1. Luego de análisis pertinentes se encontró que 10 de las 11 muestras contenían el ión flúor.
2. La concentración de flúor encontrada es diferente a la indicada en el empaque, siendo más baja a la que se está recomendando.
3. La concentración del flúor no es homogénea en las muestras de sal.
4. La totalidad de las muestras contenían el ión yodo, encontrándose concentraciones más bajas a lo ideal.
5. En cuanto a calidad de la sal (humedad, pureza, granulometría), las muestras analizadas cumplen con las características de una sal MOLIDA, la cual cumple con los requisitos para ser utilizada como vehículo para micronutrientes como flúor y yodo.

## RECOMENDACIONES

Las recomendaciones de este estudio se hacen a diversos niveles:

1. Para el Ministerio de Salud:
  - a. Que investigue las razones por las cuales circula en el mercado guatemalteco una sal que no cumple con lo indicado en su empaque, aún teniendo un número de registro.
  - b. Deberá realizar controles y programas de seguimiento y vigilancia de la fortificación de alimentos con micronutrientes.
2. Para la Facultad de Odontología:
  - a. Deberá estar atenta al apareamiento de alimentos, productos o sustancias que indican contener fluoruros, para la prevención de caries dental, y llevar a cabo análisis para certificar que la población los consuma con seguridad.
3. Para el productor de la sal en estudio:
  - a. Supervisar métodos de fluoruración y yodación de la sal, y si no los tiene, buscar métodos adecuados.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Borgarello, Luisa T. de. Flúor. p. 63-72.-- En Revista de la Facultad de Odontología : Universidad Nacional de Cordova. -- Vol. 2, no. 1 y 2. 1979.
- 2.- Crespo, V. C. Mecánica de los suelos y Cimentaciones. - 4a. ed. Mexico. Ed. Limusa, Cap.3, p. 45-58.
- 3.- Gómez Salgado, J., R. Quiroz. Procedimiento para análisis de evaluación de la calidad de la sal de consumo. Programa de fluoruración de la sal de Costa Rica, 1992, Manual Técnico No. 1, p. 21, 25, 34-44.
- 4.- Gudiño Fernández, S. L. La caries dental y los fluoruros Curso de formación de líderes en programas de fluoruración de la Sal. 2o. -- Memoria. - - San Jose, -Costa Rica: Programa de fluoruración de la Sal, 4-10 Oct., 1992. p. 56-57.
- 5.- León, Romero. Experiencia sobre la puesta en práctica del programa de yodación de la sal en Guatemala. Informe final, Primera reunión de expertos sobre fluoruración y yodación de la sal de consumo humano, Antigua Guatemala, Guatemala, 17-21 Nov. 1992. p. 339.
- 6.- León, J. C. Estudio sobre la calidad de la sal de consumo humano producida en las salineras de la Costa Pacífica durante el año 1994. Tesis (Cirujano Dentista) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1996. p. 12-18; 22-24; 34-40; 42.
- 7.- López Hoenez, J. J. Grado de prevención de caries dentaria en dentición primaria y mixta, debida a la ingestión de fluoruro en agua de bebida. Tesis (Cirujano Dentista), Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Odontología, 1984, p. 4, 6-10, 15-17.
- 8.- Mejicanos Gonzales, H. R. Cuantificación del contenido de fluoruros libres en los compuestos que se encuentran en el mercado de Guatemala y que empuñan prevenir la caries dental. Tesis (Cirujano Dentista), Guatemala Universidad de San Carlos,



Facultad de Odontología, 1986, p. 84.

- 9.- Montero, O. Flúor vs. caries. En: II Seminario Nacional Programa Fluoruración de la Sal Doméstica. Ministerio de Salud INCIENSA, OPS, Fundación W. - K. Kellogg, Punta Leona, Puntarenas, Costa Rica. 8-10 Dic. 1989, p. 25.
- 10.- Nassar Jacobo, J. J. Políticas en prevención y salud oral y estudio epidemiológicos en Tierra Blanca y Llano Grande Cartago. En II Seminario Nacional Programa Fluoruración de la Sal Doméstica. 8-10 Dic. 1989, Punta Leona, Puntarenas, Costa Rica, p. 88.
- 11.- Noguera, A.; F. Viteri; C. H. , J. O. Mora. Situación actual del hocio endémico y los programas respectivos en América Latina. En: Informe final Primera Reunión de Expertos Sobre Fluoruración y Yodación de la Sal de Consumo Humano, Antigua Guatemala, - Guatemala, 17-21 Nov. 1992 p. 37-52.
- 12.- Quillet. Diccionario Enciclopédico. 12a. ed. Cumbre, - Tomo III, Tomo VI, Tomo VII, Tomo X, p. 181, 180, 270, 271.
- 13.- Quiroz Rojas, S. Metodología de análisis de flúor a niveles de concentración baja (alimentos, sangre, saliva). En: II Curso de formación de líderes en programas de fluoruración de la sal. Programa Fluoruración de la Sal, San José, Costa Rica, 4-10 Oct. 1992, p. 95-98.
- 14.- Ramos Saenz-Pardo, G., Doble fortificación de la sal yodo-fluor. En: Memoria, II curso de formación de líderes en programas de la fluoruración de la sal San José, Costa Rica, 4-10 de oct. 1992 p. 43-45.
- 15.- Sánchez Avila, R.; R. Ponce; R. León, N. Aquino; E. - Sánchez; R. Cifuentes; [et. al.] Ponencia para el XXV congreso odontológico de la Federación Odontológica de Centro América y Panamá. FOCAP; Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Odontología, Comisión Nacional para la fortificación de la sal de consumo humano flúor, 1993; Guatemala, p. 4-7.



- 16.- Shafer, W. G. Tratado de Patología Bucal, 4a.ed. Mexico Nueva Editorial Interamericana, 1986, Cap. 7. p. 415-482.
- 17.- Soto, I. Determinación de la calidad de sal que consumen las personas por día en grupos familiares que residen permanentemente en el municipio de Tecpan, Guatemala, Chimaltenango. Tesis (Cirujano Dentista) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1994, p. 5
- 18.- Stanley, J. Diccionario Ilustrado de Odontología. Buenos Aires, 1992, Medica Panamericana. p. 1222-1223.

Vo. Bo.

FMM



23. ANEXOS:

## 23.1 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS

23.1.1 FICHA PARA DETERMINAR PRESENCIA Y CONCENTRACION DE FLUOR Y YODO EN MUESTRAS DE SAL DE CONSUMO HUMANO.

Nombre del producto: \_\_\_\_\_

Lugar de adquisición de la muestra: \_\_\_\_\_

Presencia de flúor: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Concentración de flúor: \_\_\_\_\_

Presencia de yodo: SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

Concentración de yodo: \_\_\_\_\_

## Instructivo para llenar la ficha:

Nombre del producto: se anotará el nombre que aparece en la etiqueta de la bolsa.

Lugar de adquisición de la muestra: anotar en cual centro de distribución fue adquirida.

Presencia de flúor: se marcará con "X" en la casilla de SI o NO.

Concentración de flúor: se anotará el porcentaje de concentración.

Presencia de yodo: se anotará con "X", en la casilla de SI o No.

Concentración de yodo: se anotará la concentración aproximada de yodo.

**23.1.2 FICHA PARA DETERMINAR GRANULOMETRIA DE UNA SAL DE CONSUMO HUMANO.**

Nombre del producto: \_\_\_\_\_

Lugar de adquisición: \_\_\_\_\_

TAMIZ #	peso retenido grs.	%individual
20		
30		
40		
50		
60		
80		
100		
fondo		

Instructivo para llenar la ficha:

Nombre del producto: se anotará el nombre del producto que aparece en la etiqueta.

Lugar de adquisición: se anotará en cual centro de distribución fue adquirida.

Peso retenido en grs.: según el # de tamiz, así será el peso retenido, el cual se irá anotando por tamiz.

% individual: de la misma forma que el peso retenido.

**23.1.3 FICHA PARA DETERMINAR CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA SAL**

Nombre del producto: \_\_\_\_\_

Lugar de adquisición: \_\_\_\_\_

Contenido de humedad: \_\_\_\_\_

**Instructivo para llenar la ficha:**

Nombre del producto: se anotará el nombre indicado en la etiqueta.

Lugar de adquisición: se anotará en cual centro de distribución fue adquirida.

Contenido de humedad: anotará en números el % de contenido de humedad de la muestra.



## 24. MATERIALES Y TECNICAS

### GRANULOMETRIA

#### 24.1 Equipo:

- Juego de tamices con mallas de los #20, 30, 40, 50, 60, 80 y 100, recipiente con fondo y tapadera.
- Balanzas
- Horno a temperatura controlada
- Brocha
- Bandejas y cápsulas
- rodillo o pison de madera

#### 24.2 Preparación de la muestra:

- se seca la muestra en una bandeja al horno,
- después de deja enfriar, se pulveriza rodillando los grumos con el cilindro de madera sobre una superficie plana y lisa,
- se pesa la muestra con la bandeja, anotando el peso obtenido.

#### 24.3 Tamizado de la muestra:

- se coloca el juego de tamices en orden progresivo, del tamiz #20 al #100, con el recipiente de fondo, abajo. Se vacía el material sobre los tamices y se coloca la tapadera;
- se agita todo el juego de tamices horizontalmente con movimientos de rotación y verticalmente con golpes ocasionales. El tiempo de agitado depende de la cantidad de finos de la muestra, pero por lo general no debe ser menor de 15 minutos. Esta operación se facilita empleado el agitador mecánico de laboratorio;
- se quita la tapadera y se separa la malla, vaciando la fracción de la muestra que ha sido retenida en la malla sobre un papel limpio. A las partículas que han quedado trabadas entre los hilos de la malla, no hay que forzar las a pasar a través de la misma; inviertase el tamiz y con ayuda de una brocha o cepillo de alambre, despréndalas y depositelas sobre el papel;
- se pesa cuidadosamente la fracción de la muestra obtenida en el paso anterior, y se pone en una bandeja o cápsula. Se guarda esta fracción de muestra hasta el final de la prueba, para poder repetir las pesadas en caso de error;
- se hacen las pesadas de las fracciones que pasan por cada tamiz, comenzando con el recipiente de fondo. Todos los pesos que pasan son acumulativos.

#### 24.4 Cálculo:

- se suman los pesos que pasan por cada malla y se verifica este total con el peso de la muestra que se colocó originalmente en el juego de tamices. Si el error es mayor

a 1%, entonces repetir cada fracción. Si el error es menor a 1%, se corrige acorde a la fracción más grande;

- se determinan los porcentajes del material que pasa por cada malla en relación al peso seco de la muestra original;
- con estos datos se gráfica la curva granulométrica en un papel semilogarítmico: en las ordenadas con escala aritmética, se anotan los porcentajes de material que pasa por las distintas mallas y en las abscisas con escala logarítmica, se anotan las aberturas de las mallas, las cuales hipotéticamente corresponden al diámetro de las partículas.

Diámetro efectivo ( $D_{10}$ ): diámetro por el cual pasa el 10% de las partículas de una muestra y se determina gráficamente en la curva granulométrica.

Coefficiente de Uniformidad:  $C_u = D_{60}/D_{10}$  donde:  $C_u$ = coeficiente de uniformidad

$D_{10}$ = diámetro efectivo

$D_{60}$ = diámetro por el cual pasa el 60% de partículas, y se determina gráficamente en la curva granulométrica.

Coefficiente de graduación:  $C_g = D_{30}/D_{10} \times D_{60}$

donde:  $C_g$ = coeficiente de graduación

$D_{30}$ = diámetro por el cual pasa el 30% de partículas y se determina gráficamente en la curva granulométrica.

## 25. DETERMINACION DE FLUOR

### 25.1 Aparatos

- Medidor de pH / analizador de iones
- Electrodo específico de ión flúor y de referencia.
- Baño María.
- Termómetro de .00 50 grados C.
- Agitador magnético.
- Balanza analítica de 0.0001 g. de precisión.
- Cristalería de plástico.
- Balones aforados de 1000 y 100 ml.
- Pipetas vilométricas de 1, 2, 3, 5, 10, 25, y 50 ml.

### \* Reactivos:

- Agua destilada.
- Acido acético glacial.
- Cloruro de sodio.
- Hidróxido de sodio
- Citrato de sodio.
- Fluoruro de sodio.
- Reactivo TISAB.

\* Preparación:

Se vierten 500 ml. de agua destilada en un beaker de un litro de capacidad, se agregan 57 ml. de ácido acético glacial, 58 g. de cloruro de sodio y 12 g. de citrato de sodio. Se mezcla hasta disolución completa y se enfría. Se introduce en la solución el electrodo medidor de pH, se agrega lentamente hidróxido de sodio 5 M hasta que el pH este entre 5.0 y 5.5 se vierte la solución enfriada en un balón aforado de 1000 ml y se afora con agua destilada. Se conserva la solución en un lugar fresco y oscuro.

\* Preparación de la curva patrón:

Preparar un estándar patrón de 1000 ppm a partir de fluoruro de sodio, de pureza conocida. Haciendo diluciones sucesivas se preparan los estándares de trabajo, los cuales pueden tener las siguientes concentraciones: 1, 3, 5, 8 y 10 ppm. La curva patrón se debe construir por lo menos usando 5 puntos. A todos los estándares se les debe usar un volumen igual de TISAB.

\* Preparación de la Muestra:

Se pesan 5 g. de muestra en un balón de 200 ml. y se disuelve con agua destilada. Llenar con agua hasta la marca de aforo. Transferir un volumen de la muestra (25 o 50 ml) a un beaker plástico y agregar un volumen igual de TISAB. Introducir los electrodos en la muestra (electrodo de ion pasados 3 minutos. Antes de leer las muestras, los electrodos ya han sido acondicionados y se ha leído la curva estandar. La concentración de flúor en la muestra se calcula mediante interpolación en la curva de calibración o curva patrón (estándares de fluoruro de 1,3,5,8 y 10 ppm).

\* Obtención de los resultados:

El contenido de flúor en la muestra, se obtiene de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{mg/kg de fluoruro} = (\text{mg/kg de F- leídos de curva}) \times 40$$

**25.2.- Determinación de Yodo:**

\* Aparatos:

- Medidor de pH/analizados de iones.
- Electrodo específico de ion yoduro y de referencia -
- Agitador magnético.

\* Reactivos:

- Agua destilada.
- Nitrato de sodio.
- Yoduro de potasio.

- ISA (regulador de fuerza iónica).

\* Preparación:

Prepare una solución 5 M de nitrato de sodio, disolviendo 42.5 g. de nitrato de sodio en 100 ml. de agua destilada (ISA).

\* Preparación de la curva patrón:

Preparar un estándar patrón de 1000 ppm a partir de yoduro de potasio de pureza conocida. Haciendo diluciones sucesivas se preparan los estándares de trabajo, los cuales pueden tener las concentraciones de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, y 3.0 ppm. La curva patrón debe construirse por lo menos usando 5 puntos. A todos los estándares se les debe agregar ISA en una relación de 1:5.

\* Preparación de la Muestra:

Se pesan 5 g. de sal en un balón de 200 ml. y se disuelve con agua destilada. Llevar a volumen con agua destilada hasta la marca de aforo. Transferir un volumen de 50 ml. de muestra en un beaker de 100 ml. y adicionar 1 ml. de ISA. Introducir los electrodos en la muestra, agitar bien y leer después de pasados 3 minutos. Antes de leer las muestras, los electrodos ya han sido acondicionados y se ha leído la curva de trabajo. La concentración de yoduro en la muestra se calcula mediante interpolación en la curva de calibración o curva de trabajo (estándares de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 3.0 ppm).

\* Obtención de los resultados:

El contenido de yodo en la muestra, se obtiene de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{mg/kg de yodo} = (\text{mg/kg de I- leídos de curva}) \times 40$$

## 26. EVALUACION DE LA CALIDAD DE SAL PARA CONSUMO

### 26.1 Determinación del contenido de humedad en sal (Método gravimétrico)

- Preparación de la sal para el ensayo:

Si la muestra es muy gruesa, se tritura de manera que pase por el tamiz 841 u(#20), pero de tal forma que la mayor parte sea retenida por el tamiz 177 u(#80). Se mezcla íntimamente y se guardan en frascos bien herméticos.

\* Aparatos necesarios:

- Balanza analítica de precisión que aprecie 0.1 mg.
- Erlenmeyer de 250 ml.
- Embudo pequeño.
- Estufa con regulador de temperatura.

\* Procedimiento operativo:

Se colocan alrededor de 10 mg. de la muestra en un erlemeyer de 250 ml previamente seco y tarado. Se pesa el matraz con la muestra, se esparce este en fondo del matraz agitando suavemente y se coloca un pequeño embudo en el cuello del mismo. Se calienta el matraz a 250 grados centígrados durante un período de una hora cada uno, agitando a intervalos el matraz para que la muestra se seque uniformemente, hasta que dos pasadas consecutivas no difieran en más de 5 mg.

\* Obtención de Resultados:

El contenido de humedad en la muestra de sal, se obtiene de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ HUMEDAD} = (G2 - G1) \times 100/G$$

En la que:

- G1 = peso del erlemeyer vacío, gramos.
- G2 = peso del erlemeyer con la muestra de sal.
- G = peso de la muestra

**26.2. Determinación de sustancias insolubles en la sal**  
(Método gravimétrico)

- Preparación de la Muestra:

Si la muestra es muy gruesa, se tritura de manera que pase por el tamiz 841 u(#20), pero de tal forma que sea retenida por el tamiz de 177 u(#80) se mezcla íntimamente y se guarda en frascos bien herméticos.

\* Aparatos:

- Beacker de 600 ml.
- Crisoles sinterizados.
- Horno con regulador de temperatura.
- Balanza analítica de precisión. 0.0001g.

\* Procedimiento operativo:

Se disuelven 100 g. de la muestra en 500 ml de agua destilada. Se filtra a través de un crisol sinterizado, previamente secado a 110 grados centígrados y tarado. El residuo se lava varias veces con agua y se seca el crisol con su contenido a 110 grados centígrados, hasta obtener peso constante.

\* Obtención de resultados:

El contenido de sustancias insolubles en el agua, con referencia a la muestra seca, se obtiene de acuerdo a la

siguiente fórmula:

$$\% \text{ Sustancias insolubles en el agua} = (G2 - G1) \times 100/G$$

En la que:

- G1 = peso del crisol vacío, gramos.  
 G2 = peso del crisol con el residuo, gramos.  
 G = peso de la muestra seca, gramo.

**26.3. Determinación de la pureza de la sal:**  
 (metodo volumetrico)

- Preparación de la sal para el ensayo:

Si la muestra es muy gruesa, se tritura de manera que pase por el tamiz 841 u(#20), pero de tal forma que la mayor parte sea retenida por el tamiz de 177 u(#80). Se mezcla íntimamente y se guarda en frascos bien herméticos.

\* Aparatos:

- Balanza analítica de precisión que aprecia 0.1 mg.
- Balón aforado de 1000 ml.
- Bureta graduada de 50 ml.
- Pipeta volumétrica de 25 ml.

\* Reactivos necesarios:

- Solución de nitrato de plata 0.1 N.
- Solución de cromato de potasio al 5%.

\* Procedimiento operativo;

Se pesan con exactitud alrededor de 10 g. de la muestra se disuelven en agua destilada y se diluye a 1000 ml. Se toma una alícuota de 25 ml. y se titula con la solución de nitrato de plata usando, como indicador, 1 ml de solución al 5% de cromato de potasio.

\* Obtención de Resultados:

El contenido de cloruro de sodio en la sal, se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cloruro de Sodio} = 5.845 \times V \times N/G$$

En la que:

V = volúmen de solución de nitrato de plata empleado en la titulación en ml.

N = normalidad de la solución de nitrato de plata

G = peso en gramos de la muestra seca, contenida en la alícuota tomada.

#### 28.4. Determinación del contenido de sulfato en sal. (Método gravimétrico)

##### - Principios del método:

El método consiste en la determinación de los sulfatos contenidos en la muestra de sal común, mediante precipitación de los mismos al estado de sulfato de bario.

##### \* Aparatos:

- Balón aforado de 200 ml.
- Beaker de 400 ml.
- Baño María.
- Papel filtro cuantitativo de cenizas conocido.
- Embudo de vidrio.
- Piseta.
- Crisoles de porcelana.
- Estufa, con regulador de temperatura.
- Mufla con regulador de temperatura.
- Desecador con cloruro de calcio anhidro.
- Balanza analítica de precisión que aprecie 0.1 mg.

##### \* Reactivos Necesarios

- Solución de ácido clorhídrico 0.25 N.
- Solución de cloruro de bario, al 10%.
- Acido clorhídrico concentrado ( $d = 1.19$ ).

##### \* Preparación de la muestra:

Deberá pasar por un tamiz 841 u(#20), pero de tal manera que la mayor parte sea retenida por uno 177 u(#80). Se mezcla íntimamente y se guarda en frascos bien herméticos.

##### \* Procedimiento Operativo:

Se disuelven 40 g. de sal ya tamizada en aproximadamente 160 ml. de solución 0.25 N de ácido clorhídrico se hierve durante 5 minutos, se enfría y se diluye a 200 ml con agua destilada. Si hay sustancias insolubles, se filtra la solución antes de usarse. Se transfieren 100 ml de esta solución a un beaker de 400 ml y se diluyen a 250 ml con agua destilada, se hierve y se agrega en ligero exceso de la solución caliente de cloruro de bario al 10% gota a gota y agitando constantemente. Se concentra la solución calentando suavemente y finalmente se evapora a sequedad en baño maría. Con una varilla de vidrio se tritura el residuo

parcialmente seco para facilitar la eliminación del ácido libre. Se lava el precipitado por decantación con pequeñas porciones de filtro ayudándose con el chorro de una piseta con agua caliente y con un gendarme de hule se desprende el precipitado que pudiera haber quedado a las paredes del vaso.

Se lava con pequeñas porciones de agua caliente, hasta que el filtrado no indique reacción de bario con solución diluida de ácido sulfúrico y se continúan los lavados hasta la eliminación total de los cloruros. Se coloca el papel con el precipitado en un crisol de porcelana previamente tarado y se seca en la estufa. Luego se calcina incrementando gradualmente la temperatura hasta que la carbonización sea completa, entonces se eleva la temperatura a 700 grados centígrados durante 1 hora o hasta obtener peso constante, se enfría en un desecador y se pesa.

**\* Obtención de Resultados:**

El contenido de sulfatos con referencia a la muestra seca, se obtiene por la siguiente fórmula:

$$\% \text{SO}_4 = \frac{41.15 \times G_1}{G}$$

En la que:

G<sub>1</sub> = peso del precipitado de bario en gramos.

G = peso en gramos de la muestra en parte alícuota tomada

**26.5. Determinación del contenido de calcio (Método volumétrico)**

**Principio del Método:**

El método consiste en la determinación del calcio contenido en la muestra de sal común, mediante titulación con solución valorada de permanganato de potasio.

**\* Aparatos:**

- Balón aforado de 200 ml.
- Beaker de 400 ml.
- Embudo de vidrio.
- Papel de filtro cuantitativo.- Bureta graduada de 50 ml.
- Piseta.

**\* Reactivos necesarios:**

- Solución de ácido clorhídrico, 0.25N.
- Solución de ácido oxálico, al 10%.
- Solución indicadora de anaranjado de metilo. Se prepara disolviendo 0.5 g. de anaranjado de metilo /Lt.
- Hidrógeno de amonio concentrado (d = 0.90).

- Solución de oxalato de amonio al 1%.
- Solución de ácido clorhídrico (1+1). Se prepara mezclando un volumen HCL (d = 1.19) con volumen de agua. Volumen H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (d = 1.84) con ocho vol. de agua. 3.8 solución de permanganato de potasio, 0.05 N.

\* Preparación de la muestra:

Debe pasar por un tamiz 841 u(#20), pero debe ser retenido por uno 177 u(#80). Se mezcla íntimamente y se guarda en frascos bien herméticos.

\* Procedimiento Operatorio:

Se disuelve 40 g de sal ya tamizada en aproximadamente 160 ml. de solución 0.25 N de ácido clorhídrico, se hierve durante 5 minutos, se enfría y se diluye a 200 ml. con agua destilada. Si hay sustancias solubles, se filtra la solución antes de usarse. Se transfieren 100 ml. de esta solución a un beaker de 400 ml y se diluyen aproximadamente a 200 ml. con agua destilada. Se agregan 10 ml de la solución de ácido oxálico al 10% y unas gotas de la solución indicadora de anaranjado de metilo, se calienta a una temperatura de 70 a 80 grados c. y se neutraliza, mientras está caliente por adición gota a gota y con agitación constante, de hidróxido de amonio concentrado agregando 1 ml de exceso, se agita y se deja en reposo durante 3 horas. Se decanta el líquido sobrenadante a través de papel filtro. Se efectúa un ensayo en el filtrado para determinar la presencia de calcio con gotas de la solución de oxalato de amonio y se lava en el mismo beaker con 10 ml de solución de oxalato de amonio al 1%, decantando a través del papel filtro. Los filtrados y lavados combinados, pueden reservarse para la determinación de magnesio. Se disuelve el precipitado sobre el papel con ácido clorhídrico (1+1) y caliente, usando el mismo beaker recibir la solución y se diluye hasta un volumen de 100ml, se agrega un poco más de la solución ácido oxálico y se precipita. Se deja en reposo durante 3 horas y se filtra, se lava con agua caliente hasta ausencia completa de oxalatos en el filtrado. Se baja el precipitado con el chorro de la piseta, rompiendo con una varilla de vidrio el fondo del papel filtro, luego se disuelve con ácido sulfúrico diluido (1+8) y caliente, los pocos cristales de oxalato de calcio que pudieran haber quedado adherido al filtro. Se lava este nuevamente con agua y después de añadir más ácido sulfúrico, se calienta a una temperatura de 70 y 80 grados c. y se titula con la solución de permanganato de potasio 0.05 N hasta la aparición de un color rosado pálido. Luego se introduce el papel de filtro y si desaparece este color se agrega cuidadosamente gota a gota la solución de permanganato. La coloración rosada final deberá persistir por lo menos durante 30 segundos.

\* Obtención de los Resultados:

Por medio de la siguiente formula:

$$\% \text{ calcio} = 2.004 \times V \times N/G$$

En la que:

V = volúmen de la solución de permanganato de potasio empleado en la titulación en ml.

N = normalidad de la solución de potasio.

G = peso de la muestra en la parte alicuota en gramo.

### 26.6. Determinación del contenido de magnesio en sal (Método volumétrico)

#### \* Objeto:

Consiste en la determinación del magnesio en la muestra de sal común, mediante precipitación al estado de fosfato doble de amonio y magnesio, el cual por calcinación se transforma en pirofosfato.

#### \* Aparatos:

- Balón aforado de 200 ml.
- Beaker de 200 ml.
- Papel de filtro cuantitativo, de cenizas conocidas.
- Embudo de vidrio.
- Piseta
- Crisol de porcelana
- Mufla con regulador de temperatura
- Desecador con cloruro de calcio anhidro
- Balanza analítica precisión que aprecie 0.1 mg.

#### \* Reactivos:

- Solución de ácido clorhídrico 0.25N
- Solución de ácido oxálico al 10%
- Solución de indicadora de anaranjado de metilo al 0.5%-  
Hidróxido de amonio concentrado (d = 0.90)
- Solución de ácido clorhídrico (1+1)
- Fosfato difásico de amonio en polvo
- Solución de hidróxido de amonio (1+10)
- Solución de oxalato de amonio al 1%

#### \* Preparación de la muestra:

Se disuelven 40g de sal ya tamizada en 160 ml. de solución 0.25N de ácido clorhídrico, se hierve durante 5 min. se enfría y se diluye a 200 ml. con agua destilada. Si hay sustancias insolubles se filtra la solución antes de usarla.

\* Eliminación del calcio:

Se transfieren 100 ml de la solución de la muestra a un vaso de 400 ml y se diluyen con agua destilada a 200 ml. Se agregan 10 ml. de la solución de ácido oxálico al 10% y dos gotas de la solución de anaranjado de metilo. Se calienta a una temperatura de 70 a 80 grados c. y se neutraliza mientras esta caliente, por adición gota a gota y con agitación constante de hidróxido de amonio concentrado. Se agrega 1 ml de exceso se agita y se deja en reposo durante 3 horas. Decantar el líquido sobrenadante. Se hace una prueba para determinar la presencia de calcio en una muestra del filtrado con la solución de oxalato de amonio al 1%. El precipitado queda retenido en el papel filtro y en el vaso, pueden reservarse para la determinación de calcio.

\* Determinación de magnesio:

Los filtrados y lavados combinados se concentran, si es necesario, hirviendolos cuidadosamente, hasta obtener un volumen aproximado de 150ml. se acidificación solución de ácido clorhídrico (1+1). Se deja enfriar y se alcaliniza ligeramente con hidróxido de amonio (1+10) Se disuelve el volumen de 150ml se agrega un poco de fosfato de amonio y se precipita con hidróxido de amonio concentrado. Se deja en reposo durante 12 horas, se filtra, se lava con solución de hidróxido de amonio hasta que el líquido filtrado pase libre de cloruros. Se coloca el papel filtro junto al precipitado en un crisol de porcelana previamente tarado y se calcina a una temperatura de 1000 grados c. Buscar coloración gris, se humedece con el ácido nítrico diluido, se evapora cuidadosamente y se vuelve a calcinar hasta que el residuo queda totalmente blanco; se deja enfriar el crisol en el desecador y se pesa.

\* Obtención de resultados:

Mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ magnesio} = 21.85 \times G1G$$

En la que:

G1 = peso del precipitado pirofosfato de magnesio en gr. g  
 = peso de la muestra en la parte alícuota en gramos.

*Crissley Adalia Barrios Polanco*

CRISSELY ADALIA BARRIOS POLANCO  
SUSTENTANTE

*[Signature]*

DR. RAFAEL AGUIRRE  
ASESOR

*[Signature]*

DR. RONALD PONCE  
ASESOR

*[Signature]*

DR. SERVIO INTERIANO  
REVISOR  
Comisión de Tesis



*[Signature]*

DR. ESTUARDO VAIDEZ  
REVISOR  
Comisión de Tesis

*[Signature]*

Vo.Bo. DR. CARLOS SALVADORO CEREZO  
Secretario

