

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LA SAL DE CONSUMO HUMANO  
OBTENIDA EN LAS SALINERAS DE LA COSTA DEL PACÍFICO**



GUATEMALA, OCTUBRE DE 2,002

DL  
06  
(190)

## JUNTA DIRECTIVA

M.Sc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán	Decano
Licda. Jannette Magaly Sandoval de Cardona	Secretaria
Licda. Gloria Elizabeth Navas Escobedo	Vocal I
Lic. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Dr. Federico Adolfo Richter Martínez	Vocal III
Br. Jorge José García Polo	Vocal IV
Br. Liza Leonor Carranza Jui	Vocal V

## ACTO QUE DEDICO

A Dios: Por que con su inmenso amor me bendijo dándome:

A mi madre: Esther España de Aguirre

Que gracias a sus oraciones llegue a esta meta tan anhelada,  
por que tan grande fue su amor que tubo que irse al cielo a  
pedirle personalmente a Dios que este momento llegara.  
Gracias mamá por que esto se lo debo a usted.

A mi padre: Héctor Roderico Aguirre A.

Quien con su ejemplo de entereza, perseverancia, trabajo y  
honradez nunca permitió que me diera por vencida.  
Papá este triunfo es para usted.

A mi hermanito: Likito

Quien me motiva a seguir adelante.

A mis hermanas: Blanqui, Manola y Valentina

Que son el hombro en el cual me apoyo cuando mas lo  
necesito.

A mis cuñados: Rudy López y Roberto Orellana

Quienes me han apoyado como hermanos.

A mis sobrinos: Jorge, Roderico, Lucy, Alejandra, Ana Guisela, María

Fernanda y Sarita, por alegrar mi vida.

A mis amigas y amigos: a todos con especial cariño.

A: Luis Eduardo Solís Fuentes y Cesar Cárdenas

Quienes colaboraron para que este punto de tesis se llevara a cabo.

A: LA VIRGEN DE GUADALUPE

Por interceder por mi en todo momento.

## AGRADECIMIENTO

A: Arq. Manola Aguirre España

Por que su apoyo incondicional solo se compara con el de una madre. Dios la bendiga a ella y a todas sus generaciones.

A: Licda. Smirna Velásquez

Por su amistad y valiosa colaboración en la asesoría de la presente tesis.

A: Lic. Elfrego López

Por compartirme sus conocimientos para realizar este trabajo de tesis.

## ÍNDICE

<b>Título</b>	<b>Página</b>
Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	4
Justificaciones	20
Objetivos	21
Hipótesis	22
Materiales y Métodos	23
Resultados	38
Discusión de Resultados	45
Conclusiones	49
Recomendaciones	51
Referencias Bibliográficas	52
Anexos	55

## 1. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se efectuó con la finalidad de determinar si la sal que se obtiene de las salineras del litoral del Pacífico de Guatemala, cumple con las especificaciones requeridas por la norma COGUANOR, para que ésta pueda ser utilizada en la industria química, farmacéutica y de alimentos. Asimismo se determinó si cumple con las condiciones para yodación y si ésta además se puede fortificar con fluor.

Para el análisis correspondiente se recolectaron 10 muestras provenientes de igual número de salineras establecidas a lo largo del litoral del Pacífico de la República de Guatemala. Efectuándose los siguientes ensayos: determinación de pureza, humedad, sustancias insolubles, y granulometría.

Los resultados obtenidos se presentan mediante cuadros y gráficas, dichos resultados permiten concluir que de diez muestras analizadas nueve no cumplen con lo establecido por las normas COGUANOR ya que tiene un alto grado de impurezas, sustancias insolubles, humedad y tamaño del grano no adecuado, lo que no permite que sea utilizada en la industria de alimentos, químicos y productos farmacéuticos y por consiguiente no es adecuada para ser fortificada con fluor.

## 2. INTRODUCCIÓN

La sal, es la materia prima mas importante para casi todos los productos que contienen sodio y cloro pues, en la naturaleza, no abundan otros compuestos de sodio. Se debe tener en cuenta que para su uso en la industria química, farmacéutica y de alimentos, es importante obtener una sal pura para la síntesis de nuevos productos, y para el uso directo de la misma.

En Guatemala se utiliza la evaporación del agua de mar para la obtención de cloruro de sodio, la energía utilizada para dicha evaporación proviene de una fuente natural de calor que es el sol; hasta alcanzar una concentración de 16 a 20 grados Be(\*), y es en estanques de arcilla en donde empieza el proceso de cristalización, proceso importante desde el punto de vista económico para la obtención de dicha materia prima (cruda). Sin embargo, con dicho proceso este compuesto está expuesto al ambiente lo que trae como consecuencia un bajo grado de pureza por lo que tiene un uso muy limitado en industrias químicas, farmacéuticas y de alimentos, es por ello que se recurre a la importación de este compuesto, perdiéndose así, un producto que podría aumentar su valor en el mercado por la diversificación de usos que se obtiene de él.

Por ser la calidad de la sal un tema de interés, se pretende llevar a cabo un estudio de campo en los centros de producción de sal marina solar (salineras) del Litoral del Pacífico de la República de Guatemala en las que se recolectan muestras destinadas al consumo humano, con el objeto de establecer la calidad de la misma en lo que se refiere a la presencia de impurezas, cantidad

(\*) La concentración se determina con hidrómetro de escala en grados Baumé

de sustancias insolubles, grado de humedad y granulometría, para delimitar si la sal reúne los requisitos mínimos para considerarse apta para el consumo humano.

### 3. ANTECEDENTES

#### LA SAL:

**HISTORIA:** la historia de la sal se desarrolla a la par del género humano. Desempeña un papel predominante en el desarrollo de las actividades humanas, en el comercio, la política y la cultura, desde tiempos prehistóricos.

La primera fuente a la que los hombres recurrieron fue el mar. Mas tarde descubrieron los yacimientos de sal gema. Es muy escasa la información que sobre esto se posee. Sin embargo se sabe con certeza que desde los albores de la civilización humana, la industria de la sal tuvo gran importancia y fue la primera que el estado organizó sobre bases racionales desde todos los puntos de vista: extracción, transporte y comercio.

El uso de la sal desde estos remotos tiempos, es como artículo esencial de su dieta y la del ganado. La sal se usa también desde los tiempos prehistóricos para sazonar, encurtir, preservar carnes y pescados y curtir pieles. (6, 19).

#### SAL PARA CONSUMO HUMANO:

La sal es un constituyente principal de los fluidos extracelulares del cuerpo, es decir, de los que están fuera de la célula, como en los tejidos del suero sanguíneo y la saliva. Su concentración varía de acuerdo a la clase de fluido, y es casi la misma en el suero sanguíneo y en los fluidos cerebral y espinal, y menor en los tejidos, el sudor y los jugos gástricos.

Es parte del cuerpo humano en la primera parte embrionaria por que el feto flota en una solución salina. La cantidad de sal aumenta durante el crecimiento y se eleva a 230 gramos en el cuerpo humano adulto. En el sistema fisiológico, la sal funciona como ión de sodio e ión de cloro. El sodio controla los movimientos musculares peristálticos de los músculos del corazón y del aparato digestivo, las transmisiones de mensajes por las células nerviosas. El ión de cloro produce el ácido clorhídrico que se necesita para la digestión.

La sal de los jugos gástricos y de los alimentos digeridos, es absorbida en su mayor parte por el intestino, excepto en caso de movimientos intestinales frecuentes y flojos, que se traducen en una desalinación. La perdida de sal es elevada durante el verano tropical, en condiciones de trabajo manual pesado, cuando se produce un sudor excesivo. Esa pérdida de sal causada por el sudor debe ser reparada ingiriendo alimentos salados.

La insuficiencia crónica de sal produce pérdida de peso, falta de apetito, inercia, náuseas y calambres musculares.

Por otra parte el exceso de sodio en la sal y otros alimentos puede contribuir a la hipertensión y enfermedades del hígado y riñones, por lo que el paciente debe entonces bajar su dieta de sodio. (6, 16, 19).

#### SAL PARA CONSUMO INDUSTRIAL:

Con la llegada de la civilización industrial, el uso de la sal se ha multiplicado.

En el mundo, solo el 6% de la producción anual de sal se usa para el consumo

humano, el resto se emplea principalmente por la industria de productos químicos. En dicha industria existen 5 componentes principales, que además de sal son el cloro, el carbón, azufre y petróleo.

La industria que produce cloro-alcalinos es el mayor consumidor de sal. Dichos productos son el cloro, sosa cáustica y la ceniza de sosa (bicarbonato de sodio). El cloro es la base del cloruro de vinilo indispensable en la fabricación de plásticos y en el tratamiento de agua potable y residual.

La sosa cáustica que es un producto de la fabricación del cloro se usa en la industria de jabón y detergentes, en la fabricación de productos químicos, y la refinación de aceites.

La sosa cáustica es tan importante que su consumo se considera como índice de la actividad industrial de un país.

La sal encuentra aplicaciones en productos alimenticios como el envasado de latas, panaderías, harinas, conservas cárnicas, productos lácteos y como sazonador de alimentos.

Se utiliza también en nutrición animal, como vehículo de minerales complementarios que se administran en dosis controladas. La industria del cuero la utiliza para curtir. (10)

En muchos países de Europa y en algunos de América Latina se utiliza la sal como vehículo para el yodo y recientemente para llevar fluoruros al organismo humano. (16, 19)

## FORMAS DE PRODUCIR SAL EN GUATEMALA:

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 una estación seca bien 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 son fundamentalmente las costas del Pacífico, ya que estas reúnen las condiciones citadas. De la sal producida, aproximadamente el 80% se destina a uso de consumo humano y el 20% entre consumo animal e industrial. (1, 19)

### SAL TRADICIONAL:

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, que son: el mar, esteros, lagunetas, pozos naturales o artificiales de agua salobre.

El mar es la fuente dispensable mas concentrada y estable con un valor de 3.0 a 3.5 Be (grados Baumé), pero casi no es aprovechado, pues el agua tendría que obtenerse 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 cúbicos de agua con

gradajes entre 1.5 y 2.5 Be a estanques o piletas construidos sobre terrenos arcillosos y poco absorbentes, generalmente situados en un nivel relativamente más elevado que el resto de la salinera.

Otros se ayudan con bombas de poca cabeza y mas 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 ó 5 Be pasa a los "asoleaderos" que son cunetas construidas en tierra de 2-4 metros de ancho por 50 a 100 metros de largo y con una profundidad inicial de llenado de entre 25 y 30 centímetros. 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 Be 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 construidos de ladrillo rojo de barro cocido (la mayoría), de cemento y últimamente están usando el nylon negro grueso, en algunas salineras utilizan un patio construido de madera de Guayacán. Los patios tienen aproximadamente una superficie de 100mt.<sup>2</sup> cada uno y se parcelan en cristalizadores de 3 x 3 metros y con una altura para recibir de 2 a 3 centímetros 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 sal para que asienten y el agua residual se siga evaporando y formándose mas cristales (la precipitación ocurre entre los 24 y 27 Be). La recolección se

efectúa entre las 4 y las 5 de la tarde , se lleva la sal a una esquina del cristalizador con un caite (azadón de madera con bordas de caucho) posteriormente es depositada en cubos de madera con borde de caucho y finalmente 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 sustancias no precipitables que entorpecen ("embotellan") la cristalización c/ 10-12 días y resalarse con salmuera por 2 días para volver a obtener sal. Ese proceso de cosecha de sal tarda aproximadamente 100 días hábiles del año, entre principios de noviembre y principios de mayo siguiente.

Una vez escurrida la sal, es llevada a la bodega, que puede ser un 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 para distribuirla en la industria, en las haciendas ganaderas, depósitos, empacadoras o venderla directamente al consumidor. (1, 19)

#### SAL COCIDA:

En San Mateo Ixtatán, Huehuetenango y en Sacapulas, el Quiche se obtiene sal gema o de mina, y se 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 mas fina, blanca y limpia.

Su producción anual representa el 1% de la producción anual (15,000 quintales / año); aunque ese tipo de producción tiende a desaparecer por el alto costo del proceso y por la prohibición existente de la tala de mangle y otras especies".(1)

#### SAL DE NYLON:

"Esta se produce en todas las playas del Litoral Pacífico y constituye una forma de producir sal, que se inició a mediados de la década de los años ochenta lo que revolucionó el proceso y comercialización de la sal, al acelerar la producción para reducir costos. Requiere de menor relación de área (4:1) entre asoleadores y cristalizadores para 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 estos se ubican lienzos de tela plástica y se sujetan con estacas y objetos pesados para usarlos como concentradores. Los asoleadores y concentradores pueden usar plástico negro delgado y los cristalizadores o patios tela plástica gruesa que no tiene prensas. Uno de los asoleadores el más elevado actúa como reserva de agua salada.

Este tipo de salinas al utilizar una superficie impermeable y negra, impide la 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 las telas plásticas, la cual tienen que cambiar anualmente.

Su producción anual es de aproximadamente 275,000 quintales y representa el 18.3% de la producción nacional". (1, 19)

#### SAL COMBINADA:

"Esta es una mezcla entre la tradicional y la nylon, que consiste, inicialmente en recorrer el agua (obtención de grado), en estanques con superficie de tierra, para luego hacer un recorrido en superficies de nylon para acelerar su evaporación y cristalización.

La producción anual es de 1,120,000 quintales y representa el 8.7% de la producción nacional". (1, 19)

#### CALIDAD DE LA SAL:

" La sal en el comercio guatemalteco no es de calidad superior: presenta mucha humedad contiene muchas impurezas y sustancias insolubles (incluye 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 ésta "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 "percurido" y con evidencia de su humedad, condiciones que se dan debido a su poco o ningún control sanitario que se le da a su producción y comercialización.(1)

## NORMA PARA ELABORACION DE SAL DE CALIDAD PARA EL CONSUMO HUMANO: 12

En Guatemala, la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), emitió las normas para la elaboración de la sal de consumo humano (COGUANOR 34 024:96).

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 ingrediente de los alimentos que se destinan tanto a la venta directa al consumidor, como la industria alimenticia. Se aplica también a la sal utilizada como vehículo de aditivos alimentarios y nutrientes.

### 1. SAL DE CALIDAD ALIMENTARIA:

Es el producto cristalino que consiste predominantemente en cloruro de sodio. Se obtiene del mar de depósitos subterráneos de sal salmuera natural.

### 2. COMPOSICIÓN Y FACTORES DE CALIDAD:

#### 2.1 Características Generales:

La sal debe presentarse en forma de cristales blancos y granulación uniforme.

2.2 De acuerdo con su tipo, podrá obtener los siguientes aditivos, en las proporciones de:

2.2.1 Yodo de 33 a 50 mg/kg de sal (expresado como I-)

2.2.1 Flúor de 225 a 275 mg/kg de sal (expresado como F-)

### 2.3 Características organolépticas:

Aspecto: Cristalino de acuerdo con el tipo de sal.

Color: blanco .

Olor: inodoro

Sabor: Salino

### 2.4 Clasificación:

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

2.4.1 Sal común o sal gruesa: producto no procesado cuyos cristales deberá pasar en un 90% o mas por el tamiz No. 8 (2.36 mm).

2.4.2 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 (1.00mm).

2.4.3 Sal refinada: Producto procesado para eliminar sales higroscópicas de magnesio y calcio, impurezas orgánicas, arena, tierra y fragmento de cosecha. Los cristales deberán pasar totalmente por el tamiz No. 20 (0.8mm) y el 25% como mínimo, deberá pasar el tamiz No. 60 (0.25mm).

2.4.4 Cualquiera de los tipos anteriores debe catalogarse como sal para la

## 2.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS:

Según se indica en cuadro No.1

## 2.6 PRODUCTOS SECUNDARIOS Y CONTAMINANTES PRESENTES:

Está integrado por productos secundarios naturales, presentes en calidades diversas según el origen y el método de producción de la sal, y compuesto sobre todo de sulfatos, carbonatos, bromuros, cloruro de calcio, potasio, magnesio y sodio. Puede contener también contaminantes naturales en cantidades diversas según el origen y el método de producción de la sal.

## 2.7 UTILIZACIÓN COMO ADITIVO:

Cuando la sal se emplea como aditivo en alimentos, por razones tecnológicas o de salud pública se utiliza sal de calidad alimentaria.

## 2.8 RECUENTO BACTERIANO:

No puede ser mayor de 20,000/gr y/o lo que establezca el Ministerio de Salud.

CUADRO No.1  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

TIPO CARACTERÍSTICA	COMÚN GRUESO	MOLIDA	REFINADA
Tamaño del grano	El 100% pasa por un tamiz No. 12 (1.70mm) y no mas del 5% pasa por un tamiz No. 70 (212um)	Mínimo 90% pasa por un tamiz No. 18 (1.00mm)	100% pasa por un tamiz No. 20 (0.85mm) 25% por un tamiz No.60 (0.25mm)
% Humedad a 150 máximo	7.5%	7.5%	1%
% insoluble en agua (1) máximo	0.3	0.3	0.3
% NaCl (1) (base seca) Mínimo (1)	94.0	94.0	97.0
Contenido de sustancias insolubles en agua, con referencia al producto seco, y excluyendo la sustancia deshidratante agregada, máximo	0.3	0.3	0.3
Calcio	0.5	0.5	0.3
Magnesio	0.5	0.5	0.1
Sulfatos	2	2	0.5
% Antihumectante máximo	2.0	2.0	2.0
I-(2)mg Mínimo	33	33	33
Máximo	50	55	55
F-(2) mg/kg Mínimo	225	225	225
Máximo	275	275	275

### 3. ADITIVOS ALIMENTARIOS:

3.1 Todos los aditivos deben ser de calidad alimentaria.

#### 3.2 Antiglutinantes:

3.2.1 Agente de Revestimiento: Carbono de calcio y/o magnesio, oxido de magnesio; fosfato tricálcico; dióxido de silicio amonio; silicatos cálcicos, magnésicos, sódico-alumínico o sódico- cálcico alumínico.

3.2.2 Agente hidrófobos de revestimiento: sales de aluminio, calcio, magnesio, potasio o sodio de los ácidos mirístico y esteárico.

### 4. CONTAMINANTES:

La sal de calidad alimentaria no debe contener contaminantes en cantidades y formas que resulten nocivas para la salud del consumidor.

Límites máximos permisibles:

Arsénico, no mas de 0.5mg/kg expresados como As.

Cobre, no mas de 2mg/kg expresados como Cu.

Plomo, no mas de 2mg/kg expresados como Pb.

Cadmio, no mas de 0.5mg/kg expresado como Cd.

Mercurio, no mas de 0.1mg/kg expresados como Hg.

5. Con el fin de garantizar un nivel adecuado de higiene alimentaria hasta que

el producto llegue al consumidor, el método de producción, envasado, almacenamiento y transporte de la sal de calidad alimentaria, debe ser tal que se evite todo riesgo de contaminación.

## 6. ETIQUETADO:

Puede aplicarse las siguientes disposiciones:

### 6.1 Nombre del producto.

El producto debe ser designado "sal" seguido de su clasificación:

6.1.1 Común o gruesa.

6.1.2 Molida.

6.1.3 Refinada.

6.2 Nombre de los ingredientes en orden decreciente.

6.3 Los aditivos.

6.4 Marca comercial.

6.5 El contenido neto expresado en el Sistema Internacional de Medidas.

6.6 Número de lote.

6.7 Fecha de vencimiento.

6.8 Número de registro sanitario.

## CONSUMO DE SAL POR PERSONA Y POR DIA EN GUATEMALA Y OTROS PAISES:

De acuerdo por las publicaciones revisadas y analizadas se puede resumir los consumos de sal por persona y por día expresados en gramos de la manera siguiente. (13)

PAÍS	CONSUMO/PERSONA/DIA	( ) DE FLÚOR/Kg SAL
Suiza	7 - 10 gramos	250 mg/kg
España	10 gramos	1-2 mg diarios
Hungría	6.7 - 13.8 gramos	250 mg/kg
Costa Rica	10 gramos	
Estados Unidos	7 - 10 gramos	
Colombia	10.62 - 14.97 gramos	200mg/kg sal
Guatemala	5.85 - 10.22 gramos	

#### INDICADORES DE VARIABLES:

**IMPUREZA:** si la presencia de sustancias sobrepasan los siguientes rangos, debe considerarse como impurezas.

#### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

#### RANGO %

NaCl (cloruro de sodio)	94.0 a 97.0
CaSO (sulfato de calcio)	0.5 y 2
MgCl <sub>2</sub> (cloruro de magnesio)	0.1 y 0.5
CaCl <sub>2</sub> (cloruro de calcio)	0.3 y 0.5
Cobre (Cu)	Menos de 2.0 ppm
Hierro (Fe)	Menos de 2.0 ppm

**SUBSTANCIAS INSOLUBLES EN AGUA:** 0.3%

**HUMEDAD:** lo permitido es de menos de 1% para sal de mesa y 7.5% para sal de cocina.

## TAMAÑO DEL GRANO :

ANÁLISIS DEL TAMIZ	% DE RETENCIÓN		
	Mínimo	Típico	Máximo
APERTURA EN MICRONES			
600	0	0	-
425	25	36	57
300	31	45	58
212	5	13	19

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es productor potencial de sal para consumo humano, por la gran longitud de la costa del Océano Pacífico, así por los yacimientos de sal gema en Huehuetenango y El Quiché. Como todo proceso a gran escala, su calidad debe asegurarse con pruebas a nivel de laboratorio principalmente si este producto es para consumo humano que al igual que con cualquier otro producto la población está expuesta al consumo de alimentos contaminados o de baja pureza. En la actualidad no se ha explotado debidamente éste potencial por falta de investigación para la solución de problemas de contaminantes en la sal, así como de nuevas técnicas de producción. Las industrias químicas, farmacéuticas y alimenticias requieren de una sal purificada que con los presentes procedimientos de producción no se puede lograr, recurriendo por ello a la importación, perdiéndose así, un producto que podría aumentar su valor en el mercado. Por tal razón es importante llevar a cabo un estudio que permita determinar la pureza de la sal obtenida de las salineras del Litoral del Pacífico, proveedor mayoritario de este producto en el país, y con ello verificar si cumple con las normas emitidas por COGUANOR. Es importante además establecer su grado de humedad, tamaño de los cristales, presencia de sustancias insolubles, que además de influir de manera directa en la calidad de dicho producto, puede determinar si la sal de nuestro país cumple con las condiciones requeridas para fortificarse con fluor.

## 4. OBJETIVOS

### 5.1 GENERAL:

Evaluar la calidad de la sal que se produce y comercializa para consumo humano en la costa del Pacífico de la República de Guatemala.

### 5.2 ESPECÍFICOS:

5.2.1 Determinar mediante ensayos físicos y químicos los diferentes parámetros que según las normas COGUANOR establecen la calidad de la sal para consumo humano, siendo estos:

- Porcentaje de impureza.
- Porcentaje de humedad.
- Porcentaje de sustancias insolubles.
- Tamaño de grano.

5.2.2 Mediante estos ensayos determinar si la sal de Guatemala se puede fluorar.

5.2.3 Generar información útil a los sectores públicos y privados para la estructuración y desarrollo de programas de tratamiento de sal para consumo humano.

## 6. HIPÓTESIS:

La sal que se obtiene de las salineras del litoral del Pacífico de la República de Guatemala cumple con las especificaciones de calidad establecidas por las normas COGUANOR 34 026.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 Universo de Trabajo:

Constituido por muestras de sal provenientes de las zonas de producción salinera del litoral del Pacífico de Guatemala.

### 7.2 Medios:

#### 7.2.1 Recursos Humanos:

Autor: Profesora Ester Aguirre España  
Asesor: Licenciada Smirna Velásquez R.

#### 7.2.2 Recursos Materiales:

7.2.2.1 Muestras de sal obtenidas de las salineras del litoral del Pacífico.

7.2.2.2 Instalaciones del Departamento de Análisis Aplicado de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

7.2.2.3 Centro de Documentación de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CEDOBF).

7.2.2.4 Biblioteca del Instituto de Nutrición de Centro América y  
Panamá (INCAP).

7.2.2.5 COGUANOR.

7.2.2.6 Equipo de laboratorio:

Balanza Analítica

Estufa eléctrica

Horno

Tamices No. 8, 9, 12,

7.2.2.7 Materiales de laboratorio:

Erlenmeyer de 250ml

Erlenmeyer de 600ml

Balón aforado de 1000ml

Balón aforado de 200ml

Crisol

Bureta graduada de 50ml

Embudo de vidrio

Agitador de vidrio

Beakers de 50, 100, 250ml

Papel filtro

Piseta

#### 7.2.2.8 Reactivos:

Solución 0.1 de  $\text{AgNO}_3$ .

Solución de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .

Hidróxido de potasio.

Hidróxido de amonio concentrado.

Solución de oxalato de amonio, al 10%.

Solución de sulfato de potasio.

Ácido oxálico al 10%.

Fosfato dibásico de amonio, en polvo.

Solución de ácido clorhídrico 0.25 N.

Ácido clorhídrico concentrado.

Solución de hidróxido de sodio, 1%.

Solución de nitrato de amonio al 2%.

Indicador naranja de metilo.

Ácido sulfúrico.

### 7.3 Métodos:

#### 7.3.1 Diseño de Investigación

##### 6.3.1.1 Procedimiento de muestreo:

De acuerdo con la información proporcionada por la Asociación Nacional de Salineras de Guatemala (ANSAL), existen zonas en las cuales su % de producción total anual es menor o mayor que otras zonas. Para los objetivos de estudio se efectúa un muestreo proporcional al azar.

El criterio que se seguirá para escoger el número de

producción nacional. Dentro de cada una de las zonas productoras y en base a su porcentaje producción total anual, se eligieron al azar (sorteo) las salineras de donde se obtuvieron las muestras que fueron analizadas. En anexo pagina 55 cuadro No.1 se describe el procedimiento para selección del número de muestra

#### 7.3.1.2 Análisis Estadístico:

El análisis de resultados y su presentación se efectuaron por estudio descriptivo, y la respuesta a medir es, si la sal cumple o no con las especificaciones de las Normas COGUANOR las cuales son:

- Determinación de pureza
- Determinación de humedad
- Determinación de sustancias insolubles
- Granulometría

Los resultados se presentan mediante tablas y gráficas.

### 7.3.2 Procedimiento:

#### 7.3.2.1 Ensayo de pureza de la sal:

Reactivos:

- Solución 0.1N de  $\text{AgNO}_3$  (solución valorante)
- Solución de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , al 5%(indicador)

Preparación de la muestra:

- Disolver 10gramos de la sal en agua destilada, diluir a 1000ml; la solución debe ser clara e incolora.

Valoración:

- Medir una alícuota de 25ml de la solución preparada y titular con la solución de nitrato de plata 0.1N, se usa como indicador 1ml de solución de cromato de potasio al 5% hasta el viraje del indicador ( de amarillo a anaranjado).

Cálculos:

El contenido de cloruro de sodio en la sal, con referencia a la muestra seca, se obtiene de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{Cloruro de sodio \%} = \frac{5.845VN}{G}$$

En la que:

V = Volumen de la solución de nitrato de plata empleado en la titulación en mililitros.

N = Normalidad de la solución de nitrato de plata.

G = Peso en gramos, de la muestra seca, contenida en la alícuota

### 7.3.2.2 Determinación del contenido de calcio:

Reactivos:

- Solución de ácido clorhídrico, 0.25 N.
- Solución de ácido oxálico, al 10%.
- Naranja de metilo.
- Hidróxido de amonio concentrado.
- Solución de oxalato de amonio, al 1%.
- Solución de ácido clorhídrico, (1 + 1). Se prepara mezclando un volumen de HCl con un volumen de agua destilada.
- Solución de ácido Sulfúrico, (1 + 8). Se prepara mezclando un volumen de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, con ocho volúmenes de agua destilada. El ácido se agrega al agua mientras se agita ésta constantemente.

Preparación de la muestra:

- Disolver 40 gramos de sal en aproximadamente 160 ml de solución de ácido clorhídrico 0.25 N, hervir durante cinco

minutos, enfriar y diluir a 200 ml con agua destilada.

Valoración:

- Transferir 100 ml de esta solución a un vaso de precipitar de 400 ml, diluir aproximadamente a 200ml, con agua destilada.
- Agregar 10 ml de la solución de ácido oxálico al 10% y dos gotas de la solución indicadora de naranja de metilo.
- Calentar a una temperatura de 70 a 80 centígrados.
- Neutralizar, mientras está caliente, por adición gota a gota y con agitación constante, de hidróxido de amonio, agregar 1 ml de exceso.
- Reposar durante 3 horas.
- Decantar el líquido sobrenadante a través del papel filtro.
- Efectuar un ensayo en el filtrado para determinar la presencia de calcio con unas gotas de solución de oxalato de amonio.
- Lavar el precipitado en el mismo vaso con 10 ml de solución de oxalato de amonio al 1% .
- Decantar a través del papel filtro. Los filtrados y lavados, combinados, pueden reservarse para la determinación del magnesio.
- Disolver el precipitado sobre el papel con ácido clorhídrico diluido caliente, se usa el mismo vaso para recibir la solución.
- Diluir hasta un volumen de 100ml; agregar un poco mas de solución de ácido oxálico, dejar reposar durante 3 horas.
- Filtrar y lavar con agua caliente hasta ausencia completa de oxalatos.

- Bajar el precipitado con el chorro de la piseta, y romper con una varilla el fondo del papel filtro.
- Disolver con ácido sulfúrico diluido caliente, los pocos cristales de oxalato de calcio que pudiera haber quedado adheridos al filtro.
- Lavar éste nuevamente con agua, agregar ácido sulfúrico y calentar a una temperatura de 70 a 80 centígrados.
- Titular con solución de permanganato de potasio 0.05 N hasta aparición de un color rosado pálido.
- Introducir el papel filtro en esta solución y si desaparece el color rosado, se agrega cuidadosamente gota a gota la solución de permanganato. La coloración rosada final deberá persistir por lo menos durante 30 segundos.

Obtención de resultados:

El contenido de calcio en la sal, con referencia a la muestra seca, se calcula de acuerdo a la formula siguiente:

$$\% \text{ de calcio} = \frac{2.004 \text{ VN}}{G}$$

En la que:

V = Volumen de la solución de permanganato de potasio empleado en la titulación, en mililitros.

N = Normalidad de la solución de permanganato de potasio

G = Peso de la muestra

### 7.3.2.3 Determinación del contenido de magnesio:

#### Reactivos:

- Solución de ácido clorhídrico, 0.25 N
- Solución de ácido oxálico, al 10%
- Solución indicadora de naranja de metilo. Se prepara disolviendo 0.5 gramos de naranja de metilo en agua destilada y diluyendo a un litro.
- Hidróxido de amonio concentrado
- Solución de ácido clorhídrico
- Fosfato dibásico de amonio, en polvo
- Solución de hidróxido de amonio (1 + 10). Se prepara mezclando un volumen de hidróxido de amonio con 10 volúmenes de agua destilada.
- Solución de axalato de amonio, al 1%

#### Preparación de la muestra:

- Disolver 40 gramos de sal en aproximadamente 160 ml de solución de ácido clorhídrico 0.25 N, hervir durante 5 minutos, enfriar y diluir a 200 ml con agua destilada.

#### Eliminación del calcio:

- Transferir 100 ml de esta solución a un vaso de precipitar de 400 ml, diluir aproximadamente a 200ml, con agua destilada.
- Agregar 10 ml de la solución de ácido oxálico al 10% y dos

- gotas de la solución indicadora de naranja de metilo.
- Calentar a una temperatura de 70 a 80 centígrados.
  - Neutralizar, mientras está caliente, por adición gota a gota y con agitación constante, de hidróxido de amonio, agregar 1 ml de exceso.
  - Reposar durante 3 horas.
  - Decantar el líquido sobrenadante a través del papel filtro.
  - Efectuar un ensayo en el filtrado para determinar la presencia de calcio con unas gotas de solución de oxalato de amonio.
  - Lavar el precipitado en el mismo vaso con 10 ml de solución de oxalato de amonio al 1% .
  - Decantar a través del papel filtro. Los filtrados y lavados, combinados, pueden reservarse para la determinación del magnesio.
  - Disolver el precipitado sobre el papel con ácido clorhídrico diluido caliente, se usa el mismo vaso para recibir la solución.
  - Diluir hasta un volumen de 100ml; agregar un poco mas de la solución de ácido oxálico, dejar reposar durante 3 horas.
  - Decantar el líquido sobrenadante a través del papel filtro.
  - Efectuar un ensayo en el filtrado para determinar la presencia de calcio con unas gotas de solución de oxalato de amonio.
  - Lavar el precipitado en el mismo vaso con 10 ml de solución de oxalato de amonio al 1% .
  - El precipitado que queda en el vaso contiene el calcio.

### Determinación de magnesio:

- Concentrar los filtrados y lavados hirviéndolos cuidadosamente, hasta obtener un volumen aproximado de 150ml.
- Acidificar con una solución de ácido clorhídrico y agregar 2 o 3 gramos de fosfato dibásico de amonio.
- Para producir una solución clara cuando todo el fosfato de amonio se haya disuelto, agregar de nuevo suficiente cantidad de ácido clorhídrico.
- Dejar enfriar y alcalinizar ligeramente con hidróxido de amonio.
- Agregar 2 ml de exceso de hidróxido de amonio concentrado y dejar reposar durante 12 h.
- Filtrar el líquido sobrenadante y lavar 4 veces por decantación con hidróxido de amonio.
- Disolver el precipitado con ácido clorhídrico.
- Diluir hasta obtener un volumen de 150 ml.
- Agregar un poco de fosfato de amonio y precipitar con hidróxido de amonio concentrado.
- Reposar durante 12 horas.
- Filtrar y lavar con soluciones de hidróxido de amonio hasta que el líquido filtrado pase libre de cloruros.
- Colocar el papel filtro junto con el precipitado en un crisol de porcelana previamente tarado y se calcina a una temperatura de 1000 centígrados.
- Si después de la calcinación el precipitado presenta un color

- gris, humedecer con ácido nítrico diluido.
- Evaporar cuidadosamente y volver a calcinar hasta que el residuo quede totalmente blanco.
  - Dejar enfriar el crisol en el desecador y pesar.

Obtención de resultados:

El contenido de magnesio en la sal, con referencia a la muestra seca, se calcula de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de magnesio, como Mg} = \frac{21.85 G1}{G}$$

En la que:

$G1$  = Peso del precipitado de pirofosfato de magnesio, en gramos

$G$  = Peso de la muestra

#### 7.3.2.4 Determinación del contenido de sustancias insolubles en agua

- Disolver 100 gramos de sal en 500 ml de agua.
- Filtrar a través de un crisol Gooch con asbesto, previamente secado a 110 centígrados y tarado.
- Lavar varias veces el residuo con agua y secar el crisol con su contenido a 110 centígrados hasta obtener peso constante.

Obtención de los resultado:

El contenido de sustancias insoluble en el agua, con referencia a la muestra seca, se obtiene de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{Sustancias insolubles en el agua \%} = \frac{G2 - G1}{G}$$

En la que:

G1 = Peso del crisol vacío, en gramos

G2 = Peso del crisol con el residuo en gramos

G = Peso de la muestra seca, en gramos.

#### 7.3.2.5 Determinación de contenido de humedad:

- Colocar alrededor de 10 gramos de la muestra en un Erlenmeyer de 250 ml previamente seco y tarado.
- Pesar el Erlenmeyer con la muestra, ésta se esparce en el fondo del matraz agitando suavemente.
- Colocar un pequeño embudo en el cuello del mismo.
- Calentar el Erlenmeyer a 250 centígrados durante un período de una hora cada uno, agitar a intervalos para que la muestra se seque uniformemente, hasta que dos pesadas consecutivas no difieren en más de 5 mg.

Obtención de resultados:

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

$$\text{Humedad \%} = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m} \times 100$$

En la que:

$m_1$  = Peso del Erlenmeyer vacío, en gramos

$m_2$  = Peso del Erlenmeyer con la muestra original, en gramos

$m$  = Peso del Erlenmeyer con la muestra seca, en gramos.

#### 7.3.2.6 Tamaño de grano:

- Pesar 50g de muestra (seca).
- Colocar tamices en orden descendente de mesh (4, 8, 9, 12).
- Pasar la muestra por tamices hasta que no pase de un tamiz al siguiente.
- Recolectar la muestra que queda retenida en cada tamiz y pesarla.
- Obtener el % de retención en cada tamiz:

$$\frac{MT}{M} * 100$$

En la que:

$m_i$  = masa de cada familia

$M$  = 50gramos de muestra

## 8. RESULTADOS

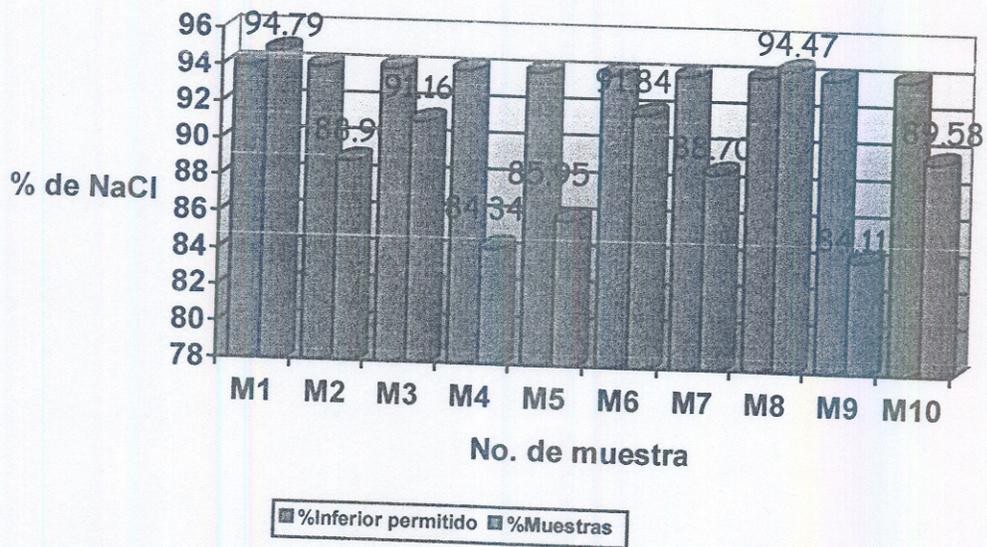
### 8.1 DETERMINACIÓN DE PUREZA DE CLORURO DE SODIO

Cuadro No. 1

NÚMERO DE MUESTRA	%DE PUREZA
	(Límite mínimo permitido según COGUANOR: 94.00%)
1	94.79
2	88.90
3	91.16
4	84.34
5	85.95
6	91.84
7	88.70
8	94.47
9	84.11
10	89.58

### GRAFICA No. 1

#### DETERMINACIÓN DE PUREZA DE CLORURO DE SODIO

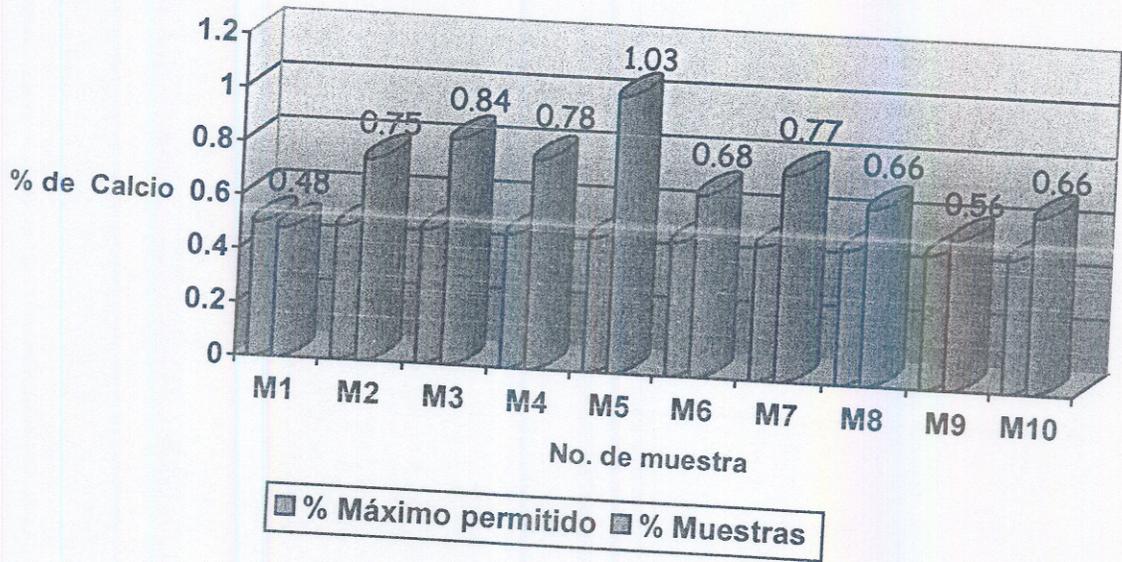


## CONTENIDO DE CALCIO

Cuadro No. 2

NÚMERO DE MUESTRA	% DE CALCIO
	(Límite máximo permitido por COGUANOR: 0.50%)
1	0.48
2	0.75
3	0.84
4	0.78
5	1.03
6	0.68
7	0.77
8	0.66
9	0.56
10	0.66

GRÁFICA NO. 2  
DETRMINACIÓN DE CONTENIDO DE CALCIO



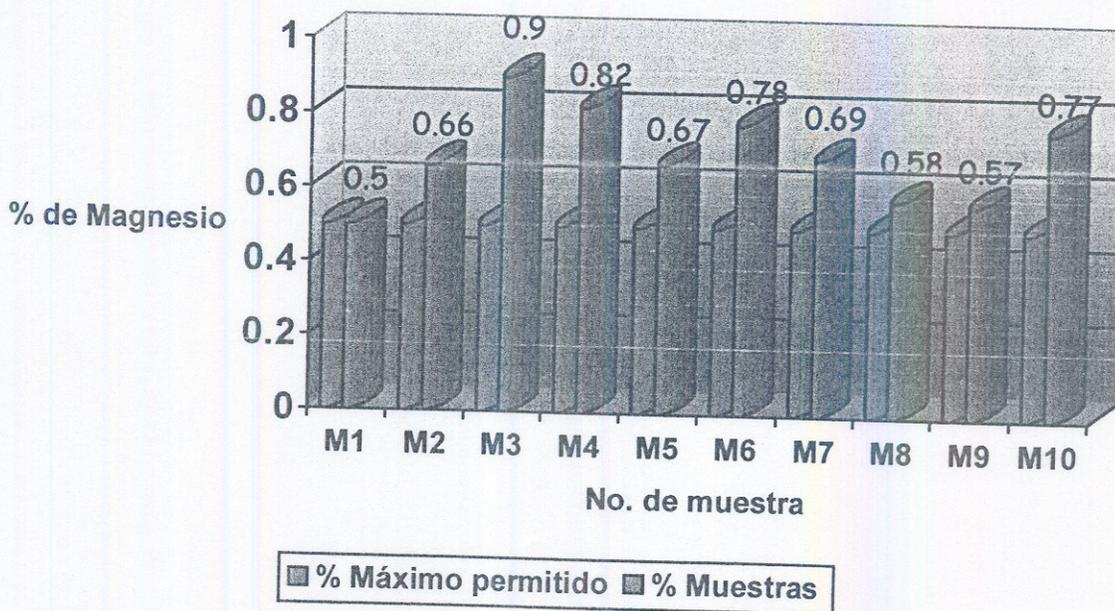
## 8.3 DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE MAGNESIO

Cuadro No.3

NÚMERO DE MUESTRA	% DE MAGNESIO
	(Límite máximo permitido por COGUANOR: 0.50%)
1	0.50
2	0.66
3	0.90
4	0.82
5	0.67
6	0.78
7	0.60
8	0.58
9	0.57
10	0.77

GRÁFICA NO. 3

## DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE MAGNESIO

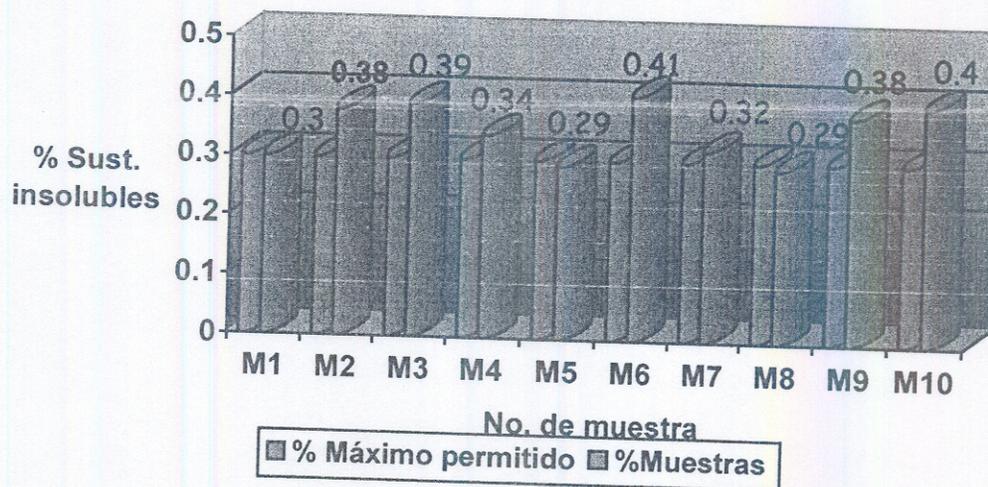


## 8.4 DETERMINACION DE CONTENIDO DE SUSTANCIAS INSOLUBLES EN AGUA

Cuadro No. 4

NÚMERO DE MUESTRA	% SUSTACIAS INSOLUBLES EN AGUA (Límite máximo permitido por COGUANOR: 0.30%)
1	0.30
2	0.38
3	0.39
4	0.34
5	0.29
6	0.41
7	0.32
8	0.29
9	0.38
10	0.40

GRÁFICA NO. 4  
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE SUSTANCIAS INSOLUBLES EN  
AGUA



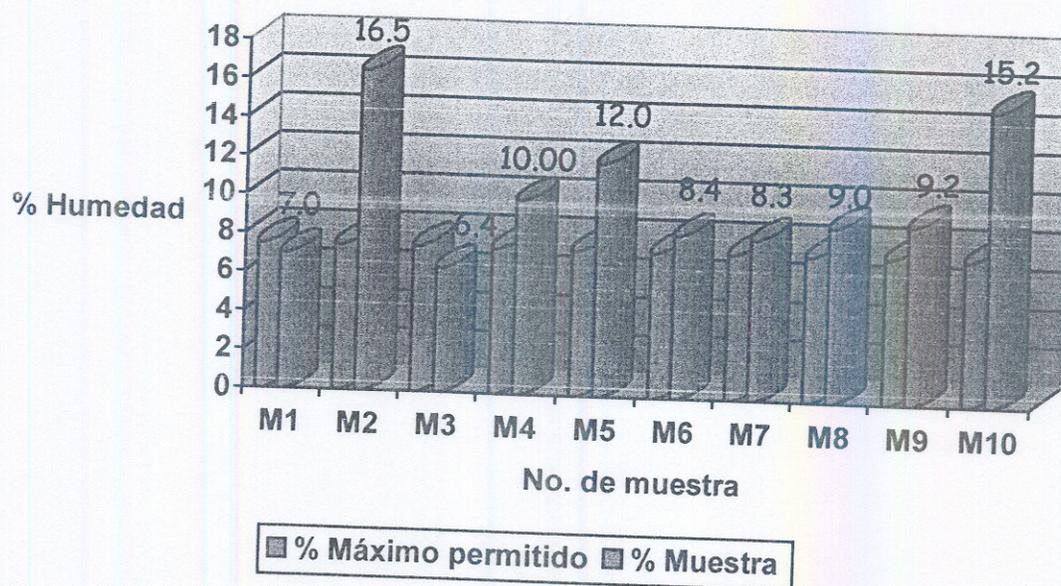
## 8.5 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Cuadro No. 5

NÚMERO DE MUESTRA	% DE HUMEDAD (Límite máximo permitido por COGUANOR: 7.50%)
1	7.00
2	16.50
3	6.40
4	10.00
5	12.00
6	8.40
7	8.30
8	9.80
9	9.20
10	15.20

GRÁFICA No.5

## DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

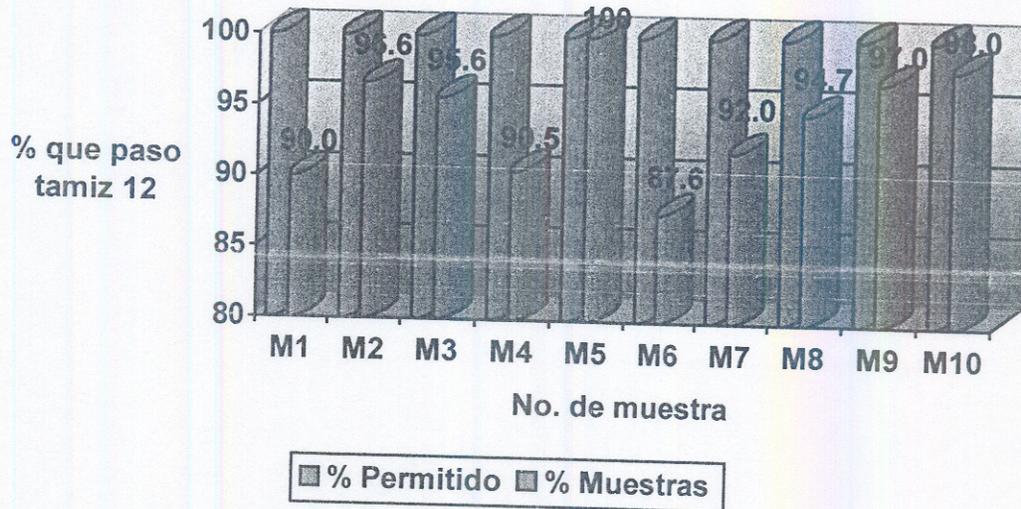


## 8.6 GRANULOMETRÍA

Cuadro No. 6

NÚMERO DE MUESTRA	% QUE PASO POR EL TAMIZ NO. 12 (Debe pasar el 100.00% según COGUANOR)
1	90.00
2	96.00
3	95.60
4	90.50
5	100.00
6	87.60
7	92.00
8	94.70
9	97.00
10	98.00

GRÁFICA NO. 6  
GRANULOMETRÍA



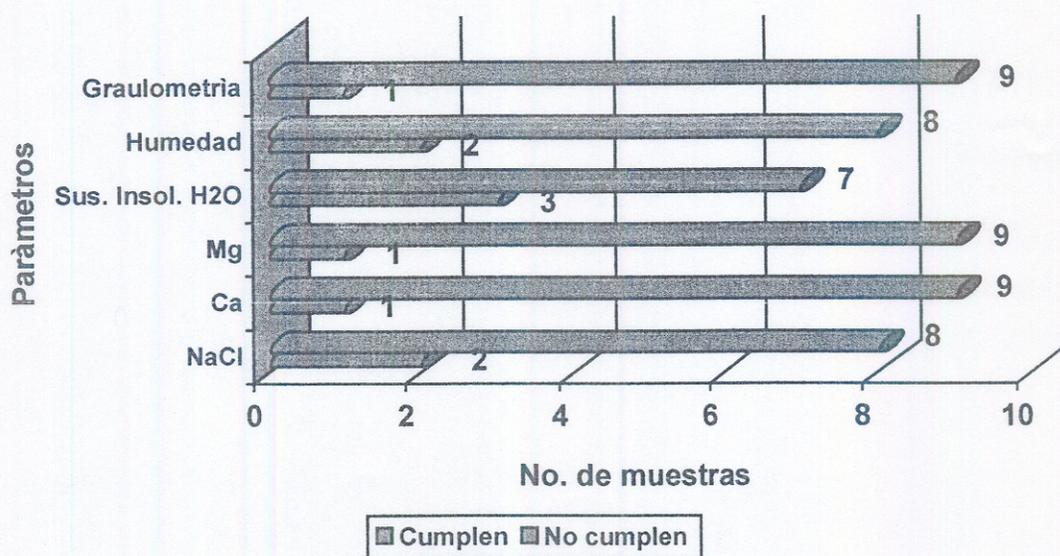
## 8.7 RESUMEN DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS

SALINERA	NaCl	Ca	Mg	Sust. Insolubles En agua	% de humedad	Granulometria
1	C	C	C	C	C	NC
2	NC	NC	NC	NC	NC	NC
3	NC	NC	NC	NC	C	NC
4	NC	NC	NC	NC	NC	NC
5	NC	NC	NC	C	NC	C
6	NC	NC	NC	NC	NC	NC
7	NC	NC	NC	NC	NC	NC
8	C	NC	NC	C	NC	NC
9	NC	NC	NC	NC	NC	NC
10	NC	NC	NC	NC	NC	NC

C= Cumple

NC= No Cumple

GRÁFICA No.7



## 9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante el presente trabajo de investigación se evaluó la pureza, sustancias insolubles en agua, humedad y granulometría de la sal que se obtiene de las salineras del litoral del Pacífico, de lo cual se puede deducir lo siguiente:

### 9.1 Determinación de pureza:

Al efectuar la determinación del porcentaje de pureza o cantidad de cloruro de sodio, 8 de 10 muestras analizadas no cumplen con lo establecido por la norma COGUANOR, ya que los resultados son inferiores al 94% que es el mínimo permitido por dicha norma, esto indica que tiene otros elementos como contaminantes. Por lo tanto se trata de sal no apta para consumo humano, además no cumple con las condiciones para una adecuada fortificación con yodo y fluor, ya que contiene otros elementos que pueden interferir con estos.

### 9.2 Determinación de contenido de calcio:

Como se observa en el cuadro No. 2 de la página 39 en lo que se refiere al porcentaje de calcio presente en las muestras de sal analizadas, el rango obtenido es de 0.48 a 1.03, lo cual indica que 9 de las 10 muestras analizadas presentan un porcentaje de calcio superior al permitido (0.5% para la sal de consumo humano), por consiguiente no son aptas para ser fortificadas con flúor pues el exceso de calcio en sal a la cual se adiciona flúor implica una disminución en la absorción del mismo debido a la formación de fluoruros complejos menos solubles.

Aunque de ser así, se puede solucionar adicionando monofluorofosfato sódico ( $\text{NaPOF}$ ) en lugar de fluor sódico ( $\text{NaF}$ ) para una absorción de fluoruro más rápida y menos dependiente del ion calcio.

### 9.3 Determinación de contenido de magnesio:

En lo que se refiere al porcentaje de magnesio el cuadro No. 3 (página 40) indica que 9 de las 10 muestras analizadas no cumplen con el límite establecido por COGUANOR ya que tienen valores superiores al 0.5% por consiguiente al igual que con el calcio estas muestras no son aptas para agregarle yoduros y fluoruros, ya que un alto porcentaje de magnesio hace incompatible la mezcla con yoduros desde el punto de vista físico-químico lo que dificulta la yodación de dicha sal. Asimismo reduce la absorción intestinal de fluor debido a que cuando una muestra de sal con alto contenido de magnesio se mezcla con fluor, se forman fluoruros complejos menos solubles y por lo tanto menos absorbibles.

### 9.4 Determinación del contenido de sustancias insolubles en agua:

Como se observa en la página 41, cuadro número 4, 7 de 10 muestras de sal analizadas presenta un porcentaje elevado con respecto a lo establecido por COGUANOR que indica que lo máximo permitido es 0.3%. Estos resultados indican que esta sal no es apta para agregarle yoduros ni fluoruros.

Probablemente estas sustancias insolubles presentes en el 7 de las muestras sean cobre, arsénico, plomo, cadmio o mercurio las cuales no permiten una buena homogenización de sal con los yoduros y fluoruros, y lo más importante aún, si estas sustancias se encuentran en un grado elevado

resultan dañinas para la salud.

#### 9.5 Determinación de humedad:

El porcentaje de humedad establecido por COGUANOR únicamente se cumple en 2 de las muestras analizadas con un resultado muy cercano al límite, el resto (8 muestras) presentan un alto contenido de humedad lo cual indica que ésta no reúne las condiciones para agregarle yodo y fluor pues no permite una adecuada adherencia de los fluoruros a los cristales de la sal. Si a ello se le agrega el hecho de que la sal es almacenada y distribuida en costales de 100 libras, esto implica que los fluoruros se sedimenten o depositen en el fondo del saco y por lo tanto la sal de la parte superior no tendrá fluor. Algo similar sucede con el yodo pero en menor grado.

#### 9.6 Granulometría:

Se puede observar en los resultados correspondientes a granulometría efectuados a las muestras que 9 de ellas son de grano grueso, por lo tanto no es apta para agregarle fluor ya que no cumple con establecido por las normas COGUANOR la cual indica que el 100% debe pasar a través de un tamiz No. 12, pues está demostrado que mientras mas refinada sea la sal, mayor homogeneidad de obtendrá con los compuestos fluorados que se le adicionen.

#### 9.7 Resumen:

Como se evidencia en la tabla 7 de la pagina 44, la única muestra que cumple con la mayoría de los parámetros establecidos por COGUANOR es la es la número 1 que el único parámetro que no cumple es el tamaño del grano, problema que quedaría resuelto con un proceso de molido, pero en cuanto

a pureza, contenido de calcio y magnesio, sustancias insolubles en agua y humedad se encuentran dentro del rango, lo que permite una adecuada yodación y fluoración. Sin embargo no sucede lo mismo con el resto de las muestras de las cuales ninguna cumple en su totalidad con dichos parámetros por lo tanto podemos decir que es de baja calidad y por consiguiente no puede ser utilizada en la industria, ni fortificarse con fluor.

## 10. CONCLUSIONES

- 10.1 De acuerdo al criterio de que la sal debe cumplir con los seis parámetros descritos por COGUANOR para considerarse de calidad, se concluye que de las salineras estudiadas ninguna cumple con todos los parámetros, por lo tanto, esta sal no puede ser utilizada en la industria y además no puede ser fortificarse con fluor.
- 10.2 Ocho de diez muestras de sal común obtenida en las salineras del Litoral del Pacífico no cumplen con el límite mínimo de pureza permitido según las normas COGUANOR, por lo tanto no es apta para consumo humano ni para ser utilizada en la industria química, farmacéutica y de alimentos.
- 10.3 Nueve de las diez muestras analizadas tienen como contaminantes calcio y magnesio ya que sobrepasan el nivel máximo, lo que impide una adecuada fortificación con yodo y fluor.
- 10.4 Las sustancias insolubles en agua posibles presentes en 7 de las 10 muestras de sal son cobre, arsénico, plomo, cadmio o mercurio ya que sobrepasan el límite máximo establecido por COGUANOR.
- 10.5 En cuanto a humedad, 8 de las diez muestras analizadas presentan un valor superior al límite máximo establecido por COGUANOR, factor que impide una adecuada yodación y fluoración.
- 10.6 En lo que se refiere a granulometría se determina que 9 de las muestras

presentan un grano grueso lo que dificulta una adecuada homogenización con fluoruros.

## 11. RECOMENDACIONES

- 11.1 A la Asociación Nacional de Salineros (ANSAL) que la sal obtenida para consumo humano se someta a un proceso de lavado, centrifugado y secado con el objeto de mejorar la calidad de la misma.
- 11.2 Al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social fortalecer el programa de monitoreo en salineras para que se efectúe un proceso de purificación en la sal y lograr con ello una adecuada fortificación con yodo. Además de esta forma se lograría obtener una sal apta para ser utilizada la industria, evitando con ello la importación de este compuesto del cual Guatemala es productor potencial.
- 11.3 Efectuar el mismo estudio con muestras sal de las diferentes marcas comerciales distribuidas en el comercio de nuestro país, para verificar la calidad de los productos que consume la población guatemalteca.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Aquino Esteban, N.** Proyecto de factibilidad para el fortalecimiento de la sal de consumo humano con fluor y yodo. Informe final del año sabático. Guatemala. Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1993, pp. 43-53.
2. Subproyecto para determinar el consumo de sal por persona y por día en familias u hogares que residen permanentemente en seis regiones climáticas diferentes de la República de Guatemala. Protocolo de Investigación. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Medicina, 1993. 36p.
3. **Bianchi Pirera, F.** Metabolismo de los Fluoruros. En: Memoria II Curso de Formación de Líderes. Costa Rica, Programa de Fluoración de la Sal. S.e. , 1992 pp 31-40.
4. **Borgarello, L.T.** de Flúor. Rev Fac Odont UNC 2 (1-2): 76-106, 1983.
5. **Costa Rica.** Norma Oficial para la Sal de Calidad Alimentaria. Gaceta 93: 1-9, Mayo 1989.
6. **Darmstadt, E.M.** Métodos complexométricos de valoración con titriplex. 3era. Ed. S.d.e. 1971 pp 33-34
7. **Merck Standards.** 3era. Ed. S.d.e. 1971. pp 394.

8. **Denton Scott, J.** En defensa de la sal. México, Selecciones del Riders Digest 98:37-40, 1985.
9. **De León, O.** Desarrollo de nuevas tecnologías para la explotación, producción y distribución de la sal. En : I Reunión de Expertos sobre Fluoración y Yodación de la sal de consumo humano. Informe Final. Guatemala, OPS, Nov de 1986, pp 324-338.
- 10 Diccionario de la Lengua Española. 19ª. Ed. España, Espasa calpe. 1970. 1424p.
11. **De la Roca Cuellar W.A.** Purificación de Cloruro de Sodio. Guatemala: Universidad de San Carlos, (Exámen General de integración, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1986.
12. **Gómez Salgado, J. Y S. Quiroz Rojas.** Procedimiento para Análisis de Flúor y Evaluación de Calidad de la Sal de Consumo. San José, Costa Rica, Programa Fluoración de la Sal. 1992. pp 34-44 (Manual No. 1)
13. **González Farfán, M.** Determinación de la Cantidad de Sal de cocina que consume las personas por día en grupos de Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa. Tesis (Cirujano Dentista). Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Odontología, 1994. 53p.

14. Heis, J.F. Patrones de calidad para la sal de consumo humano en E.U.A. En: I Reunión de expertos sobre Fluoración y Yodación de sal de Consumo Humano. Informe Final. Guatemala, OPS, Noviembre 1986. pp. 208-224.
15. Hirsch A. Purified Sodium Chloride Brine. Patente U:S: 2,624,654 Ene.6 1953. (CA 47 10185°).
16. Memoria. II Curso de Formación de líderes en programas de fluoración de la sal. San José, Costa Rica, Programa de sal, 1992. pp 200-240.
- 17 México. Reglamento de la ley General de salud en materia de control sanitario de actividades, establecidas, productos y servicios. Diario Oficial de la Federación. Tomo CDXII. No. II 18 enero de 1988. 9p.
18. Roviralta Redondo, G. Aspectos generales de los programas de fluoración de la sal. Costa Rica, Programa de la sal, 1992. pp31- 40.



La Marina,  
Salinas Torito,  
Santa Rita,

2. Zona: Puerto San José.

Salinas del sur,  
Zimeri,

3. Zona: Zipacate, La Gomera, Escuintla.

Las Delicias,  
Nuevo Mundo,  
Las Brisas,  
El Tesoro,  
Santillana,  
San José,  
Chaperna,  
La Criba,  
Arcadia,  
Santa María,  
San Juan,  
María del Mar,  
El Paraíso,  
Santa Rita,  
La Grande,  
Las Flores,  
El Jardín.

4. Zona: Tecojate.  
Sol y Mar,
  
5. Zona: Tahuesco, Chichistepeque, Santo Domingo, Depto. De  
Suchitapéquez.  
El Carmen,  
El Tigre,  
Murciélagos,  
Las Marías,  
Acapulco,  
San Antonio Sinaloa,  
Izote,  
Alta Mira,  
Las Delicias,
  
6. Zona: Tulate.  
Sal de la Tierra.
  
7. Zona: Champerico.  
Acapán,  
Chapán,  
Progas,
  
8. Zona: Tiquisate.  
Cooperativa Puntarenas,  
Cooperativa El semillero.

## PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE MUESTRAS:

Se visitaron las salineras de la Costa del Pacífico, para obtener las muestras de cada una de ellas.

Cada muestra fue identificada con una etiqueta que contiene la siguiente información:

Nombre de la salina

Fecha de recolección

Zona Productora

Número de orden de la muestra

Para recolectar la muestra se llenará una ficha por cada muestra, la cual se describe a continuación:

### FICHA PARA MUESTREO

- 1) Nombre del investigador: \_\_\_\_\_
- 2) Lugar y fecha: \_\_\_\_\_
- 3) Zona: \_\_\_\_\_
- 4) Nombre de la salinera: \_\_\_\_\_
- 5) Tamaño del grano: Grueso: \_\_\_\_\_ Mediano: \_\_\_\_\_ Fino: \_\_\_\_\_



---

Ester Aguirre España  
Autora



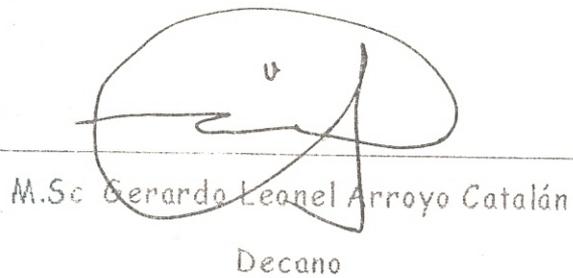
---

Licda. Smirna Velásquez R.  
Asesora



---

Licda. Lilian Irving Antillón  
Directora



---

M.Sc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán  
Decano