

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



DETERMINACIÓN DE YODO EN SAL DE MESA FORTIFICADA  
TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DIPLOMADO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR

KEVIN ALEJANDRO PARADA CARRANZA

JULIO ERNESTO PÉREZ PÉREZ

PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO EN QUÍMICA Y FARMACIA

SEPTIEMBRE, 2024

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SAVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD-HONOREM)

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESORA DE ÁREA DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

MAESTRA DINORA DEL CARMEN RODRÍGUEZ DE LAÍNEZ

ASESORA

LICENCIADA SARA RAMOS VIDES

TUTORA

LICENCIADA MARLENE EMPERATRIZ ACOSTA MARTÍNEZ

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

Primeramente, Agradecer a Dios, Mis Padres y a la vida por dejarme culminar mi carrera con mucho éxito, a mis amigos (Fatima, Bryan, Nina Loly, Cristian, Carlos, Eli), mis primos que estuvieron siempre conmigo y por creer en mí que podía lograrlo a pesar que todo fue difícil, finalmente puedo decir, LO LOGRÉ.

Kevin Alejandro Parada Carranza

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

Agradecer a Dios por permitirme cerrar este capítulo de mi vida y poner iniciar una nueva etapa, Te agradezco a ti Amada Madre, Marta Alicia Pérez López por darme la oportunidad de venir a este mundo, dándome el apoyo en todas las ocasiones que lo necesite, en no permitirme salirme del buen camino y continuar derecho por la vida y en honor a ti entrego este título de Licenciado en Química y Farmacia que con tantas ansias esperaba recibir.

A ti mi Esposa, Mi Bonita por brindarme ese apoyo incondicional y siempre estar conmigo en las buenas y en las malas. Gracias a ti hija Preciosa mi mini Bonita para darme ese impulso que necesitaba. Toda meta es posible gracias a Dios en esta Vida si se tiene la convicción de lograrlo.

Agradecer a mi familia por brindarme el soporte y animarme en todo momento, a mis compañeros de trabajo, agradecer a la empresa para la cual trabajo por brindarme su paciencia para obtener el grado de Licenciatura en Química y Farmacia.

Julio Ernesto Pérez Pérez

## ÍNDICE GENERAL

	Pág N°
RESUMEN.....	7
CAPITULO I	
1.0.INTRODUCCIÓN .....	9
CAPITULO II	
2.0.OBJETIVOS.....	11
CAPITULO III	
3.0. MARCO TEÓRICO .....	13
3.1. Historia.....	13
3.2. El yodo.....	13
3.3. El yodo en el organismo humano.....	14
3.4. La sal yodada.....	15
3.5. Trastornos típicos por la falta de yodo.....	16
3.6. Estado global del yodo.....	17
3.7. Fundamentos generales del análisis volumétrico.....	19
3.8. Método de valoración directa.....	20
CAPITULO IV	
4.0.PRODUCTO FINAL.....	22
CAPITULO V	
5.0.CONCLUSIONES.....	26
CAPITULO VI	
6.0.RECOMENDACIONES .....	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29

## RESUMEN

La importancia de la adecuada ingesta de este micronutriente esencial para la salud. Es el motivo de nuestra investigación, ya que el yodo es fundamental para la función tiroidea y el desarrollo cognitivo, especialmente en mujeres embarazadas y niños. La fortificación de la sal con yodo es una medida efectiva para prevenir trastornos relacionados con la deficiencia de este elemento, Existen diferentes métodos para determinar el contenido de yodo en la sal, siendo la titulación volumétrica y la espectrofotometría los más comunes.

Para llevar a cabo la determinación de yodo en la sal de mesa fortificada, en este caso utilizó el método de titulación directa de yodo en sal de mesa fortificada haciendo uso de un protocolo de muestreo y tratamiento de la muestra. Donde se describen los cálculos matemáticos a utilizar para calcular el contenido de yodo que puede estar presente en la sal de mesa fortificada. Los resultados obtenidos fueron comparados con investigaciones nacionales anteriores para poder ser comparados bajo el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 67.06.01:13 Fortificación de Alimentos Especificaciones. (Azúcar, sal, harina de maíz nixtamalizados y pastas alimenticias).

Es importante realizar controles de calidad periódicos para garantizar la precisión y la fiabilidad de los resultados. La legislación en muchos países exige que la sal de mesa sea fortificada con yodo en cantidades específicas para combatir la deficiencia de este nutriente en la población. Por lo tanto, la determinación precisa del contenido de yodo en la sal es fundamental para cumplir con los estándares de fortificación y garantizar la salud pública.

Es recomendable el seguimiento de determinación de yodo en la sal de mesa fortificada ya que este micronutriente es esencial y vital para asegurar que la población reciba una cantidad adecuada de yodo, contribuyendo así a prevenir trastornos relacionados con su deficiencia.

## **CAPITULO I**

## 1.0. INTRODUCCIÓN

El yodo es uno de los oligoelementos principales en la dieta de los seres humanos, ya que este es importante porque participa en la síntesis de las hormonas tiroideas y es fundamental para muchos procesos bioquímicos. La ingesta inadecuada de yodo por parte del cuerpo humano causa trastornos por deficiencias de este oligoelemento, tales como el hipotiroidismo, cretinismo, bocio y déficit intelectual. Es por ello que la carencia de este mineral constituye un problema de salud pública. En El Salvador existe una Reglamentación Técnica Salvadoreña RTS 67.06.01:13 Fortificación de alimentos. Especificaciones. (Azúcar, sal, harina de maíz nixtamalizado y pastas alimenticias). En la cual la fortificación de la sal con yodo para consumo humano y animal, debe contener un mínimo de 20 mg de yodo/kg y un máximo de 60 mg de yodo/kg, que debe estar presente en la sal de mesa, sin embargo, no se encuentran estudios recientes que demuestren que se está efectuando la fortificación de la sal de mesa en los parámetros ya establecidos. Es por ello que en la presente investigación se propone una marcha analítica para la determinación de yodo presente en la sal de mesa fortificada. El método a utilizar fue una titulación directa donde se usó la solución valorante de tiosulfato de sodio a una concentración de 0.005 N, ácido sulfúrico (1:10 v/v), solución de yoduro de sodio al 10% p/p y añadiendo almidón como indicador.

Se incluye un protocolo de muestreo y tratamiento de la muestra para su posterior análisis. Así como también se describieron los cálculos matemáticos necesarios para la presentación de los resultados. Los resultados obtenidos fueron comparados con investigaciones nacionales anteriores para evidenciar si se está dando el cumplimiento del Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 67.06.01:13. La investigación se realizará en el periodo de septiembre 2023 a septiembre 2024.

## **CAPITULO II**

## **2.0. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Elaborar una marcha analítica para la determinación de yodo presente en la sal de mesa fortificada

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 2.2.1. Desarrollar una metodología analítica para la cuantificación de yodo presente en sal de mesa fortificada donde se incluya el protocolo de muestreo y tratamiento de muestra.
- 2.2.2. Describir los cálculos matemáticos para la presentación de resultados de yodo en sal de mesa fortificada.
- 2.2.3. Recopilar resultados de investigaciones nacionales anteriores para comparar con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 67.06.01:13 Fortificación de Alimentos Especificaciones. (Azúcar, sal, harina de maíz nixtamalizado y pastas alimenticias).

## **CAPITULO III**

### 3.0. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Historia <sup>(2)</sup>

A partir de publicaciones de las investigaciones del profesor E.T. Kocher en 1883 sobre la extirpación de la glándula tiroides y sus críminales tiroidectomías, la medicina oficial toma un rumbo cada vez más alejado del yodo y comienza a centrar toda su atención sobre la glándula tiroides y las hormonas tiroideas. En 1895 el Dr. Adolf Magnus Levy describe la influencia de la tiroides sobre el metabolismo basal humano. Así se va asentando la idea de que no es el yodo sino la función tiroidea y sus hormonas la clave de todas las enfermedades metabólicas resultantes y por lo tanto la única forma de tratamiento debería ser mediante la administración de hormonas tiroideas de síntesis, descartando toda virtud terapéutica al yodo. Un trabajo muy interesante que permite ver la evolución de las ideas médicas entre mediados del siglo XIX es el del Dr., M.B. Zimmermann, publicado en la revista *Journal of Nutrition* del año 2008, también los Dres. J. Lindholm y P. Laurberg del Aarhus University Hospital en Aalborg, Dinamarca, publican en el 2011 en la revista *Journal of Thyroid Research* un recorrido histórico sobre la evolución de las ideas sobre el yodo y la tiroides durante la mitad del siglo XX. sin embargo, ya hemos visto que si bien la glándula tiroides es la que presenta la mayor concentración de yodo en el organismo (el yodo constituye el 59 % de la hormona triyodotironina o T3 y el 65% de la hormona tiroxina o T4) hay muchos otros órganos y tejidos donde se acumulan importantes cantidades de yodo y donde resulta obvio sospechar que este elemento tiene un importante papel regulador.

Una marcada falta de yodo en la dieta puede dar origen a una terrible enfermedad, o más que enfermedad, a una total disfunción del organismo, como es el cretinismo.

#### 3.2. El yodo <sup>(2)</sup>

El yodo es un elemento fundamental para la supervivencia que se encuentra prácticamente en todos los seres vivos, desde las células más simples del fitoplancton marino hasta los organismos más complejos de la creación; los mamíferos. En los mamíferos vertebrados tiene funciones tan importantes como las relacionadas con el metabolismo, la reproducción, el crecimiento y la temperatura corporal mientras en el caso de plantas, algas y organismos primitivos su función

primordial es actuar como antioxidante y antimutagénico protegiendo a esos seres vivos de las radiaciones y muy en especial, de los rayos ultravioletas.

Las algas marinas son los tejidos vivos que más yodo acumulan del planeta y las denominadas algas pardas llegan a concentrar hasta 70,000 veces la media del yodo disuelto en el mar. Desde el punto de vista químico, el yodo se encuentra en la naturaleza bajo distintas formas: como yodo elemental o di yodo ( $I_2$ ), como ion yoduro ( $I^-$ ), formando sales inorgánicas, especialmente yoduros y yodatos de potasio y sodio, como yodo formando moléculas orgánicas (como la hormona tiroidea triyodotironina o T3) y como yodo volátil o gaseosos en dos formas principales: di yodo gaseoso ( $I_2$ ), y metil-yoduro (una especie de yoduro de metano)

### **3.3. El yodo en el organismo humano <sup>(2)</sup>**

Las necesidades de yodo que requieren otros órganos y tejidos del cuerpo humano, además de la glándula tiroides. El hipotiroidismo clínico y subclínico es la última señal que da el cuerpo cuando el resto del organismo está sufriendo una serie de carencias y dolencias como resultado de la falta de yodo en la dieta. El mecanismo de la absorción del yodo disuelto en sangre por la glándula tiroides ha sido estudiado por varios investigadores durante varias décadas y los conocimientos actuales, según se resume en el artículo del Dr. A. De la Vieja y sus colaboradores del Albert Einstein College of Medicine en Nueva York y publicado en la revista *Physiological Review* del año 2000 lo resumen así.

Los yoduros de la sangre son absorbidos por la glándula tiroides mediante una cadena de complejas reacciones químicas, estas transformaciones moleculares tienen lugar en la membrana y el interior de los folículos tiroideos y en esencia se produce la incorporación del yodo y los yoduros a una proteína (tiroglobulina) bajo la acción de la enzima tiroides-peroxidasa, para finalmente derivar en la tiroxina (T4) y triyodotironina (T3). La eliminación natural del yodo, la mayor parte se excreta junto con la sudoración, perdiéndose hasta un máximo de 0.15 miligramos/día.

La falta de yodo afecta todo el sistema inmune, poniéndonos en peligro no solo de contraer enfermedades de origen bacteriano o vírico sino incluso comprometiendo la capacidad de las células inmunitarias de eliminar las células defectuosas y tumorales. También las glándulas esenciales de nuestro sistema reproductivo son muy sensibles al déficit de yodo y que la falta de este no solo puede afectar su funcionalidad, sino que además su escasez puede provocar daños

celulares que terminan generando células tumorales. La falta de yodo puede estar detrás de muchos accidentes cardiovasculares, de la diabetes 2, de las anomalías producidas por la resistencia a la insulina y muchas otras enfermedades.

### 3.4. La sal yodada <sup>(2)</sup>

La sal yodada fue una adopción universal, la medida tuvo resultados espectaculares como por ejemplo en el estado norteamericano como Michigan donde los casos de bocio pasaron de cinco años del 38.6% al 9% o en Suiza donde se pasó del 12% de casos en 1905 al 0.1% en 1947 y eso a pesar de que la proporción de yodo agregada a la sal era la mitad de la que se utiliza en la actualidad (7.5 mg de yodo/ kilo de sal en lugar de 15 mg de yodo/ kilo de sal). Sin embargo, la adopción universal de la sal yodada como medida preventiva del déficit de yodo en la dieta no se concretó más allá de los países culturalmente más desarrollados. Es más, en algunas culturas hubo resistencia a hacerlo debido a que se pretendía reemplazar la sal de producción local y tradicional con sal importada o proveniente de industrias no artesanales. Obviamente hay países donde esta práctica no se implantó por no ser necesaria. Entre ellos Japón, donde la ingesta de algas es habitual y apenas ha habido históricamente casos de bocio; de hecho, aun en la actualidad el porcentaje de casos es bajísimo. Otra ventaja de la alta ingesta de yodo de los japoneses es que la absorción de yodo radiactivo procedente del accidente de la central nuclear de Fukushima fue mínima ya que la población no tiene déficit de este mineral y normalmente sus órganos y glándulas están saturadas de yodo normal, por lo que apenas absorberá el yodo radioactivo.

Según un informe de la OMS del año 1993 había para entonces un importante déficit de yodo en la alimentación que afectaba a 1.500 millones de seres humanos en el mundo.

**Tabla No 1.** Porcentajes de la población mundial afectados por déficit de yodo en 1993<sup>(2)</sup>

Continente	% de población con déficit de yodo	% de la población afectada por bocio	% de afectados por cretinismo
África	33%	15%	0.2% (1 millón)
América	23%	9%	0.9% (0.9 millones)
Oriente medio	43%	23%	0.9% (0.9 millones)
Europa	17%	11%	1% (1 millón)

Continuación de tabla			
Sudoeste asiático	36%	13%	3% (4.5 millones)
Pacífico occidental	27%	12%	2% (11 millones)

**Tabla No 2.** Necesidades mínimas de yodo según las distintas etapas de la vida <sup>(2)</sup>

Etapas del crecimiento	Necesidad de miligramos de yodo/ día
0 a 6 meses	0.04
6 a 12 meses	0.05
1 a 10 años	0.07 a 0.12
Adultos	0.12 a 0.15
Embarazo	0.17
Lactancia	0.20

### 3.5. Trastornos típicos por la falta de yodo <sup>(2)</sup>

En la etapa fetal: abortos, anomalías congénitas, aumento de la mortalidad perinatal e infantil, cretinismo, retraso del desarrollo sicomotor, bajo peso al nacer. En el recién nacido: bocio neonatal, hipotiroidismo congénito, daño cerebral. Infancia y adolescencia: hipotiroidismo congénito o adquirido, aumento de la mortalidad infantil, retraso en el desarrollo físico y mental, deficiencia tiroidea, bocio endémico y sus complicaciones, enanismo. Adulto: insuficiencia tiroidea, retraso mental, hipotiroidismo iatrogénico.

**Tabla No 3.** Signos y síntomas de hipotiroidismo <sup>(2)</sup>

Físicos	Generales y anímicos
Estreñimiento	Intolerancia al frío
Alto colesterol total	Depresión
Hipertensión- hipotensión	Fatiga no justificada
Menstruación irregular	Pubertad precoz
Perdida de cabello	Infertilidad
Ritmo cardiaco lento	Aumento injustificado de peso
Dolor de garganta frecuente	Nerviosismo
Uñas debilitadas	Falta de concentración
Manos y pies fríos	Irritabilidad
Falta de tono muscular	Falta de memoria
Perdida de vello púbico y en las cejas	Bajo libido
Edema de extremidades	Insomnio

### 3.6. Estado global del yodo <sup>(1)</sup>

El IGN por sus siglas en inglés iodine global network, rastrea el impacto global de la yodación de la sal mediante recopilación de datos sobre la concentración de yodo en orina (UIC) de organismos epidemiológicos representativos a nivel nacional estudios. El IGN presenta los más recientes estudios de la UIC realizados en niños en edad escolar para 194 Estados Miembros de la OMS. El estado mundial del yodo se resume anualmente y la ingesta de yodo en países se clasifica como suficiente, deficiente, o excesivo según los resultados obtenidos por la UIC. En 2022, se han realizado estudios transversales de la UIC. realizado en 143 de 194 países del mundo. últimos 15 años (2007-2022): en 126 países (88%), los estudios fueron representativos a nivel nacional. Desde la revisión global de 2021, los datos de estudios representativos a nivel nacional en niños están disponibles en Cabo Verde, China, India, Irán, Kirguistán, Montenegro, Perú y Filipinas. Los nuevos estudios se realizaron en 2016-2021 y se confirmó la adecuación general de yodo en los ocho países, aunque las diferencias regionales existen. En Ucrania, un estudio representativo a nivel nacional se realizó en adultos en 2019 y se utilizó en la ausencia de datos en niños. Este estudio sugiere una ingesta deficiente de yodo en la población ucraniana. La base de datos del IGN también se ha actualizado con nueva información procedente de estudios regionales, que se utilizan para llenar vacíos de datos en países donde no se han realizado encuestas nacionales en los últimos 15 años. Faltan datos recientes de 51 países, incluidos varios países africanos. El estado actual del yodo en el mundo en niños en edad escolar actualmente, la ingesta de yodo en los escolares es adecuada en 112 países alrededor del mundo. En la mayoría de los países, la ingesta de yodo se mantiene estable. Sin embargo, 20 países (de 143 países con datos) todavía tienen suficiente yodo en sus dietas. Ver Figura 1. La deficiencia de yodo persiste en todas las regiones en todo el mundo y afecta a poblaciones en todas las etapas de desarrollo económico. Aún existen lagunas en el programa de yodación de la sal en algunos países y es posible que ciertos segmentos de la población que no cumpla con los requisitos dietéticos de yodo.

Revisión mundial en curso del yodo en adultos y mujeres embarazadas. Los datos epidemiológicos de la UIC son cada vez más disponibles en grupos de población distintos de los niños en edad escolar. La UIC está incluida en el sistema nacional de salud y vigilancia nutricional y/o combinado con estudios Monitoreo de la ingesta de sodio, estudios que generalmente se realizan. en la población adulta. Cada vez más países informan el estado de yodo sólo en adultos y/o embarazadas

mujeres, o en paralelo con los niños. Juntos con La OMS y el IGN están trabajando actualmente para ampliar la cobertura mundial e informar sobre el estado del yodo para incluir también a adultos y mujeres embarazadas para ofrecer una reflexión más completa del estado actual del yodo en la población general.

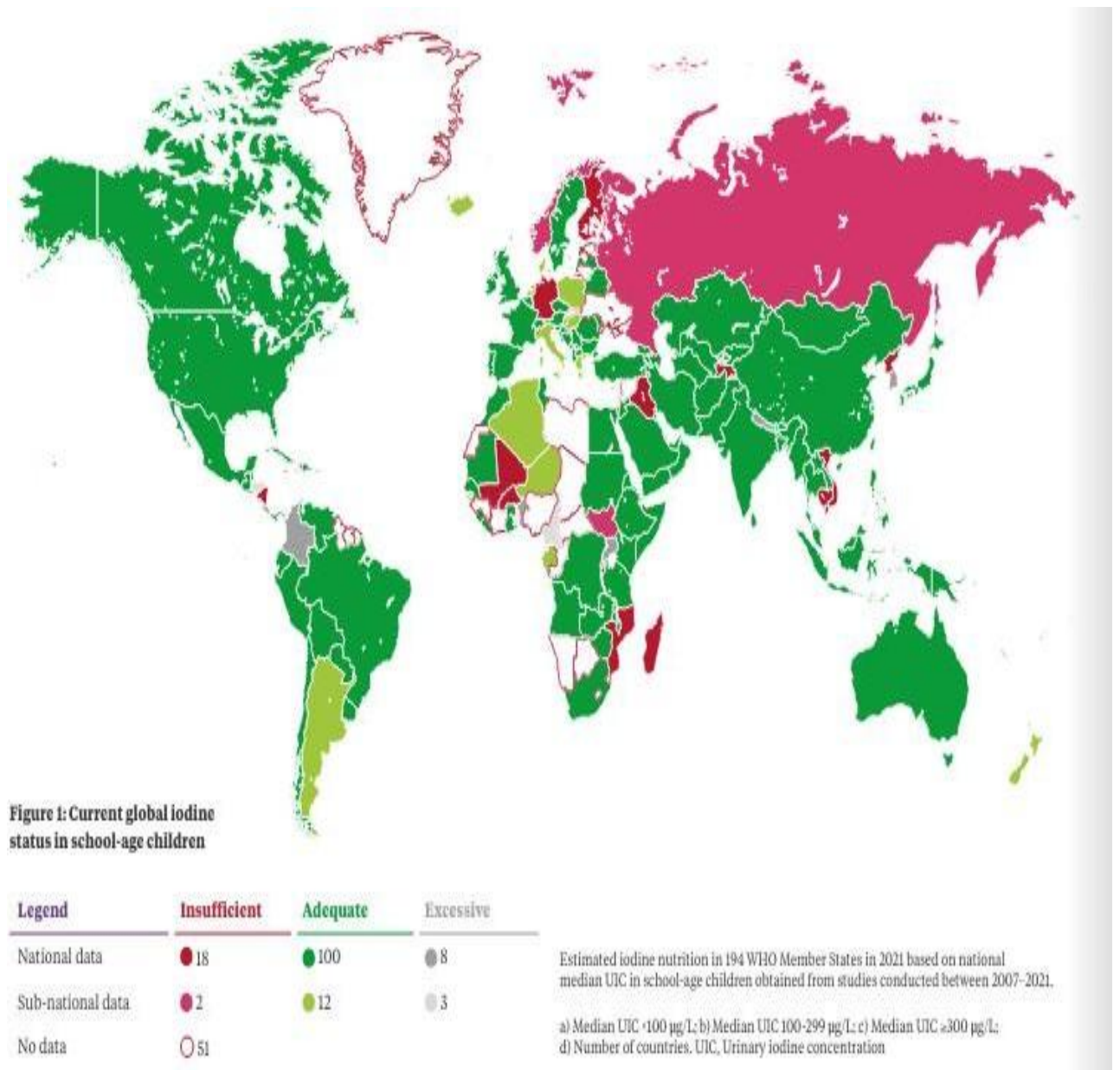


Figura N°1 situación global de yodo <sup>(1)</sup>

### 3.7. Fundamentos generales del análisis volumétrico. <sup>(4)</sup>

El análisis volumétrico posee una enorme ventaja con respecto al análisis gravimétrico: la rapidez. Se logra gracias a que, en el análisis volumétrico, en lugar de pesar el producto de la reacción analítica, se mide el volumen exacto de una disolución de concentración exactamente conocida que interviene, directa o indirectamente, la reacción con la sustancia que se quiere determinar. Por tanto, en el análisis volumétrico la determinación cuantitativa de sustancias químicas se efectúa por medio de la medición exacta de los volúmenes de las disoluciones que entran en reacción, siempre que también se conozca, la concentración de una de ellas.

El procedimiento general y esencial empleado en los métodos volumétricos de análisis se denomina valoración, y puede definirse como el procedimiento operativo consistente en hacer reaccionar dos disoluciones: una en la cual se encuentra la sustancia que se desea cuantificar, convenientemente disuelta en un disolvente adecuados, de concentración conocida. A esta última disolución se le denomina disolución patrón valorante ya a la de concentración desconocida disolución a valorar o disolución valorada. Una de las dos, generalmente la valorante, deberá colocarse en una bureta para ir añadiendo volúmenes sucesivos de la misma hasta finalizar la valoración. El volumen exacto de la otra disolución debe ser previamente. La concentración de la disolución patrón se expresa, usualmente, en equivalente por litro de disolución (eq/L), y representa la concentración de cantidad de sustancia de equivalentes o normalidad de dicha disolución. Debe recordarse que la cantidad de los equivalentes para un compuesto dado depende del tipo de reacción en la que participe. En algunos casos, la concentración de las disoluciones colorantes también puede ser expresada como concentración de cantidad de sustancia.

En determinadas ocasiones la valoración puede ser realizada utilizando una masa exacta de un patrón primario, disuelta en un volumen aproximado de disolvente, en lugar de una disolución de concentración exactamente conocida del mismo. La valoración culmina cuando se alcanza el punto estequiométrico o punto de equivalencia, es decir cuando la cantidad de sustancia de equivalentes de la especie que se valora ha reaccionado completamente con una idéntica cantidad de sustancia de equivalentes del patrón valorante adicionado. El punto de equivalencia de la valoración es un concepto teórico; en la práctica, solo se puede apreciar una aproximación de este punto a la que se le denomina punto final de la valoración. La detección del punto final de la valoración se realiza con ayuda de los indicadores, nombre con el cual se identifican aquellas sustancias que provocan un cambio físico visible (variación de color, aparición de un precipitado u otras señales perceptibles

al ojo humano) en la disolución que se valora. Este cambio físico es el que indica que debe detenerse la adición de la disolución patrón valorante, es decir, que debe darse por concluida la valoración

### 3.8. Método de valoración directa

$$[(V_a * C \left(\frac{\quad}{Z^*}\right) \text{ Solucion Analito}] = [V_p * c \left(\frac{\quad}{Z^*}\right) \text{ Patrón valorante}]$$

Donde:

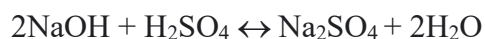
$V_a$  = volumen consumido de analito

$$\left(\frac{\quad}{Z^*}\right) =$$

$V_p$  = volumen consumido de solución valorante

$$\left(\frac{\quad}{Z^*}\right) = \text{Concentracion patrón valorante}$$

En el método de valoración directa se emplea siempre que la reacción entre la sustancia a valorar y el valorante cumpla satisfactoriamente con los requisitos necesarios para que una reacción pueda ser empleada en análisis volumétricos. Cuando alguno de estos requisitos no se cumple, entonces debe analizarse si es posible aplicar alguno de los métodos indirectos de valoración. Un ejemplo de esta forma de valoración lo constituye la determinación de la acidez total de una disolución de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), que es expresada como contenido de ácido sulfúrico, y que se lleva a cabo mediante valoración con una disolución valorante de hidróxido de sodio. La reacción que se produce durante la valoración es:



En esta valoración, el agente valorante (NaOH), contenido en la bureta, reacciona directamente con el analito ( $H_2SO_4$ ), presente en el Erlenmeyer, por tanto, se trata de una valoración directa

## **CAPITULO IV**

#### 4.0. PRODUCTO FINAL

##### 4.1. Protocolo de muestreo y tratamiento de la muestra

Protocolo de muestreo					
Fecha de muestreo		Hora de muestreo		Responsable	
Fabricante		Código de muestra		Lugar de muestreo	
Tratamiento de la muestra	<p>Observar que la muestra seleccionada no presente perforaciones, rasguños, signos de humedad.</p> <p>Etiqueta debe ser legible y que diga la leyenda “Sal Yodada o sal fortificada con yodo”</p> <p>Trasladar la muestra hacia el lugar de análisis en bolsa de polietileno y resguardar en una caja plástica.</p>				
Dictamen	Conforme		No Conforme		
Análisis solicitado					
Resultado de análisis					
Especificación	Mínimo 20 mg/Kg a 60 mg/Kg				
Dictamen	Conforme		No conforme		
Firma de Realizo		Firma de Reviso		Firma de Aprobó	
Reactivos utilizados					
Ácido sulfúrico		Tiosulfato de sodio		Almidón	
Yoduro de potasio		Agua		Código de bureta	

## 4.2. Titulación de Yodato de potasio en Sal de mesa Fortificada

Fundamento: el yodo al estar en presencia de medio ácido este se libera y es donde se puede realizar la titulación con tiosulfato de sodio 0.005 N y con la participación del indicador de solución de almidón.

Materiales:

- Balanza analítica.
- Papel filtro Whatman No. 1
- Matraces con tapón de vidrio esmerilados de 100 y 250 mL.
- Balones volumétricos de 100 y 250 mL.
- Pipetas volumétricas de 1 y 50 mL.
- Pipetas graduadas de 5 y 10 mL.

Reactivos:

- Solución de ácido sulfúrico (1:10 v/v).
- Solución de yoduro de potasio al 10 % p/p.
- Solución de almidón al 1% p/v.
- Solución de tiosulfato de sodio 0.005 N.

Preparación de Reactivos:

- Solución de ácido sulfúrico (1:10 v/v): Tomar 1 volumen de ácido sulfúrico concentrado y diluir con 10 volúmenes de agua destilada.
- Solución de yoduro de potasio (KI p/p) al 10% recientemente preparada: Disolver 10 g de yoduro de potasio en agua y llevar el aforo en 100 ml (no usar cuando tenga un color amarillo).
- Solución control de yodato de potasio KIO<sub>3</sub>: Pesar 0.25 g de yodato de potasio seco y disolver en agua luego llevar al aforo de 250 ml.
- Solución de almidón al 1%: Disolver 1 g de almidón en suficiente agua fría para hacer una parte suave luego agregar 100 ml de agua caliente y hervir por un minuto con agitación.

- Preparar una ampolla de tiosulfato de sodio al 0,1 N que debe ser estandarizada y luego tomar una alícuota de 50 mL y llevar a un balón volumétrico de 1,000 mL para obtener una concentración de 0.005 N.

#### Procedimiento

- En un balón volumétrico de 250 mL, agregar 50.0 gramos de sal y disolver con agua, llevar a volumen.
- Tomar 50 mL de la solución anterior y colocarla en un matraz de 250 mL.
- Acidificar utilizando 1 mL de ácido sulfúrico (1:10).
- Agregar 5 mL de yoduro de potasio al 10% recientemente preparada.
- Titular el yodo liberado con tiosulfato de sodio 0.005 N.
- Agregar 1 mL de solución almidón cerca del final de la titulación.
- Correr un blanco.

Los ml de tiosulfato de sodio gastados en la titulación del problema se le debe restar los ml gastados en la titulación del blanco.

#### Cálculos

$$\text{Contenido de yodato de potasio en } \underline{mg} = \frac{(V_{mx}-V_b)*N*35.67}{p} * 1000$$

Donde

$V_{mx}$  = Volumen consumido de muestra.

$V_b$  = volumen consumido por el blanco.

N = normalidad del tiosulfato de sodio 0.005 N.

p = peso de la muestra utilizado en Kg

Factor de equivalencia = 35.67 mg/mol

Peso molecular de Yodo = 126.9044

Peso molecular de yodato de potasio = 214.009

Relacionar el contenido de yodato de potasio encontrado y por conversión de pesos moleculares se obtendrán los mg/Kg de Yodo

## **CAPITULO V**

## 5.0. CONCLUSIONES

1. Con la implementación de la marcha analítica que se estableció dentro de este trabajo para la determinación de yodo en sal de mesa se podrá agilizar el tiempo de análisis para futuras investigaciones.
2. La fortificación de yodo a la sal de mesa, es realizada con una mezcla de una parte yodato de potasio por 9 partes de cloruro de sodio, por lo tanto, la titulación establecida en este trabajo cuantificara en contenido en miligramos por Kilogramos de Yodato de Potasio y que por conversión de pesos moleculares se conocera el contenido de yodo presente en la muestra.
3. El método de titulación directo utilizado es preciso, exacto y reproducible para la cuantificación de yodato de potasio.
4. Los reactivos utilizados para la cuantificación de yodato de potasio en sal de mesa son de fácil acceso y económicos.
5. No se encontraron investigaciones menores a cinco años que indiquen el estado de la fortificación de sal de mesa.

## **CAPITULO VI**

## 6.0. RECOMENDACIONES

1. Al Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica se recomienda recopilar información científica anualmente de cómo están los estudios de la fortificación de la sal de mesa con Yodato de potasio
2. A la Superintendencia de Regulación Sanitaria se sugiere realizar los análisis fisicoquímicos para verificar el cumplimiento o no de la fortificación de sal de mesa establecido en Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 67.06.01:13 FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS. ESPECIFICACIONES. (Azúcar, sal, harina de maíz nixtamalizado y pastas alimenticias).
3. A la Universidad de El Salvador se recomienda brindar su aporte técnico científico de las distintas carreras, sobre la importancia que tiene el yodo dentro del desarrollo del cuerpo humano

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. [https://ign.org/app/uploads/2023/07/11736-IGN-%E2%80%93Annual-Report-2022\\_FINAL4.pdf](https://ign.org/app/uploads/2023/07/11736-IGN-%E2%80%93Annual-Report-2022_FINAL4.pdf)
2. Mirre J.C. Yodo: ¡no estás enfermo! Es el cuerpo el que te pide yodo [En Línea]. Madrid: Ediciones i, 2015 [consultado 17 Jul 2024]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/biblioues/59833>.
3. NORMA Oficial Mexicana NOM-040-SSA1-1993, Bienes y servicios. Sal yodada y sal yodada fluorurada. Especificaciones sanitarias.
4. Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 67.06.01:13 FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS. ESPECIFICACIONES. (Azúcar, sal, harina de maíz nixtamalizado y pastas alimenticias).
5. Zumbado Fernández H. Análisis Químico de los Alimentos [En Línea]. Miami: Ciudad Educativa, 2022 [consultado 17 Jul 2024]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/biblioues/213670>.