

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
MAESTRIA EN ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN  
ESCUELA DE POSTGRADOS**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a religious or historical figure, surrounded by Latin text. The text includes "SIS CONSPICUA CAROLINA AC" at the top and "INTER CETERIS MAIA CONTEMPLENSIS" at the bottom.

**EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DE YODO EN  
NIÑOS Y NIÑAS, EN LAS ESCUELAS OFICIALES RURALES  
MIXTAS DE LA REGIÓN VII Y VIII DEL PAÍS Y PROPUESTA DE  
PLAN DE ACCIÓN**

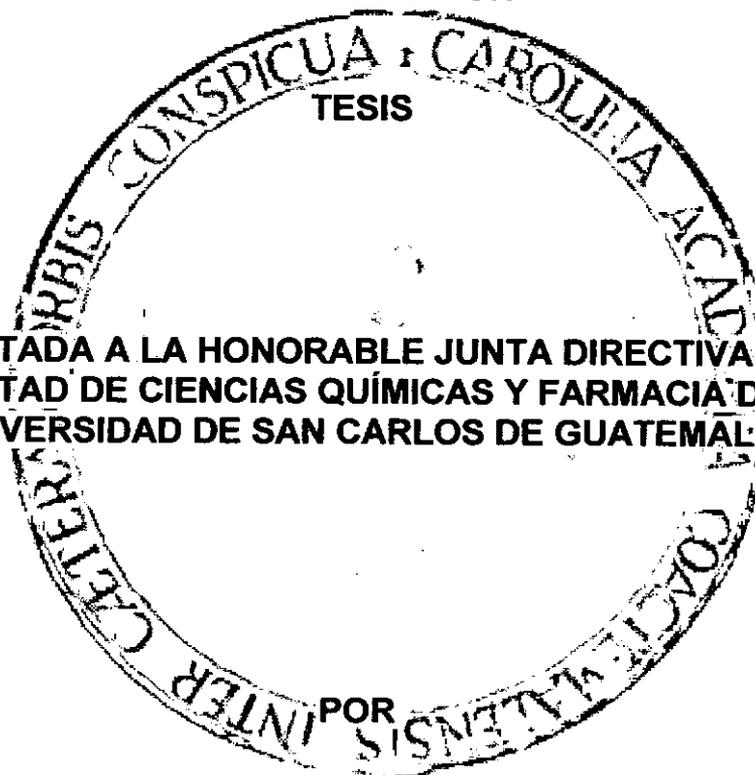
**VANIA ZULEMA SOLARES JUÁREZ**

**MAESTRIA EN ALIMENTACIÓN Y NUTRICION**

**GUATEMALA, MAYO DEL 2007**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
MAESTRIA EN ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN  
ESCUELA DE POSTGRADOS**

**EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DE YODO EN  
NIÑOS Y NIÑAS, EN LAS ESCUELAS OFICIALES RURALES  
MIXTAS DE LA REGIÓN VII Y VIII DEL PAÍS Y PROPUESTA DE  
PLAN DE ACCIÓN**



**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**VANIA ZULEMA SOLARES JUÁREZ**

**MAESTRIA EN ALIMENTACIÓN Y NUTRICION**

**AL CONFERIRSE EL GRADO ACADEMICO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
06  
TC(2529)

**GUATEMALA, MAYO DEL 2007**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**JUNTA DIRECTIVA**

Óscar Manuel Cóbar Pinto, Ph.D.	DECANO
Pablo Ernesto Oliva Soto	SECRETARIO
Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M.A.	VOCAL I
Licda. Lilitiana Vides de Urizar	VOCAL II
Licda. Beatriz Eugenia Batres de Jiménez	VOCAL III
Ángel Damián Reyes Valenzuela	VOCAL IV
Ángel Jacobo Conde Pereira	VOCAL V

**CONSEJO ACADEMICO**  
**SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

Óscar Manuel Cóbar Pinto, Ph.D.      DECANO

Licda. Lissette Madariaga Monroy, M.Sc.

Dr. Jorge Luis De León Arana

Dr. Jorge Erwin López Gutiérrez

Félix Ricardo Veliz Fuentes, M.Sc.

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de tesis titulado

### **EVALUACION DEL ESTADO NUTRICIONAL DE YODO EN NIÑOS Y NIÑAS, EN LAS ESCUELAS OFICIALES RURALES MIXTAS DE LA REGIÓN VII Y VIII DEL PAÍS Y PROPUESTA DE PLAN DE ACCIÓN**

Como requisito previo a optar el título profesional de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

## ACTO QUE DEDICO

- A DIOS  
Por el regalo tan hermoso de la vida y por acompañarme siempre en mi camino.
- A MIS PADRES  
Carlos Ovidio Solares López y Aída Elizabet Juárez de Solares, como fruto a sus sacrificios y trabajo y por su apoyo incondicional.
- A MIS HERMANOS  
Aída y Carlos, por su amistad y cariño.
- A MI SOBRINO  
Juan Diego por ser la luz que iluminó nuestras vidas.
- A MIS ABUELOS  
Martha Julia, Maximiliano (q.e.p.d.), Ovidio (q.e.p.d.) y Herlinda, por ser siempre el ejemplo a seguir en mi vida y por sus sabios consejos, oraciones y amor.
- A MIS TIOS  
Maritza, Patricia, Vinicio, Romeo, Max, Manuel y Luis, por estar siempre a mi lado y ser parte de mí.
- A MI NOVIO  
Otto Raxón, por todo el amor y apoyo incondicional en mi vida.

**A toda mi familia y amigos**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad de San Carlos de Guatemala**

**A la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**

**A mi familia**

**A mi novio**

**A mis amigos**

**A mis Asesores**

**A mis compañeros de promoción, catedráticos y personal en general**

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO No. 1</b>	Gravedad, características e importancia de la deficiencia de yodo	9
<b>CUADRO No. 2</b>	Niveles oficiales de yodo para consumo humano	11
<b>CUADRO No. 3</b>	Requerimientos diarios de yodo según edades y estados fisiológicos	12
<b>CUADRO No. 4</b>	Indicadores de yodo para definirlo como problema de salud pública	16
<b>CUADRO No. 5</b>	Mediana de yoduria	25
<b>CUADRO No. 6</b>	Análisis de varianza de los datos	26

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA No. 1</b>	Consecuencias por deficiencias de yodo en la población mundial	10
<b>FIGURA No. 2</b>	Departamento de quiché	22
<b>FIGURA No. 3</b>	Departamento de huehuetenango	23
<b>FIGURA No. 4</b>	Departamento de petén	23
<b>FIGURA No. 5</b>	Caja de Tukey de los datos de yodo por departamento	26

## INDICE

I.	Resumen Ejecutivo	2
II.	Introducción	3
III.	Definición del problema	5
IV.	Justificación	6
V.	Marco Teórico	8
VI.	Objetivos	19
VII.	Metodología	20
VIII.	Resultados y Discusión	25
IX.	Conclusiones y Recomendaciones	28
X.	Referencias Bibliográficas	30
XI.	Anexos	33

## I. RESUMEN EJECUTIVO

La deficiencia de micronutrientes es común en muchos países en vías de desarrollo y se debe principalmente a los siguientes factores: una inadecuada ingesta de alimentos, baja calidad de la dieta, baja biodisponibilidad de los micronutrientes, y/o la presencia de infecciones. La dieta de la población guatemalteca es deficiente en algunos micronutrientes, tales como yodo, vitamina A, hierro, y posiblemente también ácido fólico y zinc.

El presente estudio es parte de la Encuesta sobre Rendimiento Escolar, que realiza anualmente el Ministerio de Educación, con el apoyo de UNICEF, la Universidad del Valle de Guatemala, y el INCAP. En forma conjunta se llevó a cabo la recolección de muestras de sal y azúcar, en hogares de los niños participantes en la encuesta. Las muestras de orina fueron evaluadas en el laboratorio del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, a través del Método Cinético en micro placa para determinación de yodo total en orina.

El estudio se realizó a nivel nacional, pero para fines académicos, las Regiones del país se distribuyeron entre 4 alumnos de la Maestría en Nutrición y Alimentación, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En este informe se presentan los resultados de estado nutricional de yodo en niños (as), de las Escuelas Oficiales Rurales Mixtas de las Regiones VII (Huehuetenango y Quiché) y VIII (Petén) de Guatemala.

Los resultados del estudio mostraron que la mediana de excreción urinaria de yodo a nivel nacional fue de 143.8  $\mu\text{g/litro}$ , lo que indica un estado nutricional óptimo para este micro nutriente. En la Región VII (Quiché y Huehuetenango), la mediana de yoduria fue de 78.3 y 145.85  $\mu\text{g/litro}$ , respectivamente, lo cual indica un estado nutricional óptimo para Huehuetenango y deficiencia leve para Quiché. Además, en la Región VIII (Petén), la mediana de yoduria fue de 166.2  $\mu\text{g/litro}$ , lo que indica un estado nutricional óptimo para este micro nutriente.

Los resultados del análisis de varianza de los datos obtenidos a nivel nacional, muestran que con un nivel de confianza del 95%, existe diferencia significativa por departamento; mientras que el análisis por edad y sexo, no mostró diferencia significativa.

## II. INTRODUCCIÓN

La deficiencia de yodo provoca retardo mental irreversible, sordomudez, y cretinismo en los infantes, y en los adultos, provoca bocio y aletargamiento. Esta situación afecta negativamente el desarrollo socioeconómico de una nación.

Con el fin de prevenir y controlar esta deficiencia, la OMS recomienda la yodación universal de la sal y el uso de sal yodada para consumo humano. Bajo la dirección de UNICEF y la OMS, esta estrategia se ha aplicado en la mayoría de los países donde la carencia de yodo constituye un problema de salud pública, sin embargo, en otros países también se fortifica con yodo el consomé y otros alimentos (18).

En 1952 se reportó una prevalencia de bocio endémico de 38% a nivel nacional. En Guatemala, la fortificación de sal con yodo se introdujo por Ley del Congreso de la República en 1954, y el programa inició en 1959. La encuesta nacional realizada en 1967 mostró que la prevalencia había descendido a 5%.

En 1991, solo el 13% de la sal estaba fortificada y de ésta 11% era importada razón por la cual, UNICEF planteó al Ministerio de Educación, establecer un sistema de vigilancia por medio de las Escuelas Centinelas Micronutrientes (25).

En este sistema fueron seleccionadas en forma aleatoria, con representatividad nacional 420 escuelas oficiales rurales mixtas y, en cada una de ellas se seleccionó también al azar 20 alumnos quienes debían proporcionar muestras de sal y azúcar de sus hogares, para evaluar la calidad de los programas de fortificación de sal con yodo y vitamina A en azúcar. Ese mismo año se realizó como parte de la encuesta nacional de micronutrientes, la evaluación de excreción urinaria de yodo en escolares y en mujeres en edad fértil. A la fecha se continúa este sistema de escuelas centinela micronutrientes para el monitoreo de los programas de fortificación de alimentos en hogares (8).

En 1995 la encuesta nacional de micronutrientes, mostró que la mediana de excreción urinaria de yodo de niños y niñas escolares y mujeres en edad fértil fue de 22.2 mcg/dl, lo que evidenciaba una buena situación. La excreción de yodo en orina reflejó una ingesta adecuada de este nutriente en todas las regiones del país y lugares de residencia, situación atribuible a la sal yodada (25).

La cantidad de yodo excretada por la orina (yoduria), proporciona un buen reflejo de la cantidad ingerida, ya que generalmente más del 90% del yodo ingerido es excretado en la orina. Si bien la forma más exacta sería medir la yoduria en colecciones de 24 horas, esto es prácticamente imposible en el campo. Por lo tanto, la mayoría de las encuestas se hacen colectando muestras casuales de orina (14,39).

Desde 1995 no se evalúa la situación nutricional de yodo en Guatemala, por lo tanto surgió la necesidad de conocer la situación actual utilizando el yodo urinario como indicador.

Este estudio es parte integral de la Encuesta sobre Rendimiento Escolar, que el Ministerio de Educación realiza, con el apoyo de UNICEF, la Universidad del Valle y el INCAP. Conjuntamente se llevó a cabo la recolección de muestras de sal y azúcar de los hogares de los niños participantes de la encuesta. Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, como también las muestras de orina para la evaluación de yodo urinario.

La evaluación se llevó a cabo a nivel nacional en escolares que asisten a escuelas oficiales rurales mixtas. Con la información se estableció la situación nutricional de yodo en escolares y la eficiencia del programa de fortificación de sal con yodo. Además, con la información obtenida se estableció un plan de acción.

### III. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los trastornos por deficiencia de yodo se producen por la ingesta insuficiente de yodo que no alcanza a satisfacer las necesidades fisiológicas. Cuando la ingesta de yodo cae por debajo de los niveles recomendados, la tiroides ya no es capaz de sintetizar suficientes cantidades de hormona tiroidea, esto provoca hipotiroidismo, que es el principal responsable de los efectos negativos en el desarrollo del cerebro y de otros efectos nocivos, conocidos colectivamente como desórdenes por deficiencia de yodo (DDY). El término incluye, desde el bocio hasta el cretinismo (42).

Los desórdenes causados por la deficiencia de yodo son irreversibles, sin embargo esta deficiencia nutricional es la más fácilmente prevenible por medio de la fortificación universal de la sal con yodo. Los resultados sobre la calidad de la fortificación de la sal con yodo en Guatemala son preocupantes y el programa es deficiente, por lo tanto, la población guatemalteca puede tener deficiencia de este micro nutriente.

El informe de la situación de los alimentos fortificados del 2004 mostró que del total de muestras de sal analizadas, 63% presentó niveles por arriba de 15 mg/kg, que es el mínimo aceptable como de importancia en salud; el promedio de yodo fue de 25 mg/kg. Se puede evidenciar que hubo mejoría leve en cuanto a la cobertura del programa en todo el país (5).

Desde 1995 se realizó la última encuesta nacional de Micronutrientes, por tal razón se evidencia la necesidad de evaluar el estado nutricional de yodo a través de la medición de excreción urinaria de yodo en escolares, con el fin de determinar los niveles biológicos de este micro nutriente. A través de este estudio se proporcionó datos actualizados para que las autoridades correspondientes tengan bases para la toma de decisiones.

#### IV. JUSTIFICACIÓN

Entre los importantes logros en la lucha contra la deficiencia de yodo como problema de salud pública, debe destacarse: la Resolución No. 39.31 de la Asamblea Mundial de la Salud en 1986, que recomienda a los países miembros, priorizar la atención de las enfermedades causadas por deficiencia de yodo; el Plan Global Estratégico para la Prevención y Control de los Desórdenes por Deficiencia de Yodo aprobado por Naciones Unidas; la Cumbre Mundial por la Infancia realizada en 1990 en Nueva York y aprobada por los representantes de los gobiernos, que estableció como meta para la erradicación de esta deficiencia el año 2000; y la Conferencia Política sobre Malnutrición por Micronutrientes, realizada en Montreal, 1991 (6).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados con la implementación de los programas de alimentos fortificados, aún hay sectores y grupos vulnerables que presentan deficiencias de yodo. Varios monitoreos realizados revelan que hay habitantes en Guatemala que están siendo afectados en sus capacidades físicas y mentales, muchos de ellos de manera irreversible, y que esta situación está obstaculizando, entre otros factores, el desarrollo económico y social del país.

Todo esto se debe a que el programa de yodación de la sal tiene fallas fundamentalmente por falta de responsabilidad y compromiso de algunos productores en la realización de una adecuada fortificación. Además existe una actitud negligente de algunas autoridades en aplicar el reglamento vigente de doble fortificación de sal con yodo y flúor, mismo que obliga a lavar, secar y adicionar el yodo y flúor en forma mecanizada, evitando de esta manera el contrabando y el incumplimiento de Ley de Fortificación.

En 1999, a nivel latinoamericano, incluyendo Guatemala, se realizó el proyecto del Tiromóvil, el cual tuvo como objetivo la evaluación de los desórdenes de la deficiencia de yodo a través de una furgoneta adaptada equipada con un aparato de ultrasonido, una unidad de computadora y un congelador para almacenar especímenes y fuentes. Dicha unidad recorrió cada país con el fin de recoger información sobre el volumen de la tiroides, la excreción urinaria del yodo y el contenido de yodo en la fuente local de la sal. El estudio cubrió 13 ciudades en cada país evaluado, escogiendo como población blanco niños de escuelas de ambos sexos que tenían edades comprendidas entre 6 y 14 años, la mediana encontrada en Guatemala fue de 72 ug/litro (21).

Por la problemática planteada anteriormente, se consideró necesario contar con información actualizada a través de un nuevo estudio nacional de la excreción urinaria de yodo.

Los resultados de este estudio serán difundidos a autoridades gubernamentales, agencias de cooperación, colegios profesionales, consumidores y sector privado. Además, se elaboró un plan de acción que incluye medidas preventivas y/o correctivas en beneficio de la población en general, por las implicaciones en el desarrollo social y económico que pueden producir los DDY (Desordenes por deficiencia de Yodo) en la población guatemalteca.

## V. MARCO TEÓRICO

### A. YODO

#### 1. Descripción

El yodo es uno de los oligoelementos principales para la dieta del ser humano porque participa en la síntesis de las hormonas de la tiroides y es fundamental para muchos procesos bioquímicos; es importante en el desarrollo físico y mental de los niños y niñas. La clave del buen funcionamiento de la tiroides es la ingestión adecuada y no excesiva de yodo (28, 42).

La tiroides es una glándula endocrina, situada en el centro de la parte anterior e inferior del cuello. Consta de dos lóbulos unidos por un istmo. En el adulto, cada lóbulo de la glándula tiroides normal es más o menos del tamaño de un frijol grande (12). Las hormonas secretadas por la glándula tiroidea son tres: tiroxina, triyodotironina y calcitonina, formadas a través del yodo. Tienen efectos fisiológicos sobre el metabolismo de distintos nutrientes (43).

#### 2. Efectos fisiológicos de las hormonas tiroideas

Son numerosos los efectos fisiológicos adscritos a las hormonas tiroideas, pudiendo explicarse este hecho porque afectan la transcripción de gran número de genes, lo que hace que prácticamente todas las células del organismo formen una gran diversidad de enzimas, proteínas estructurales, proteínas transportadoras, hormonas y otras sustancias. De esta manera, todo el metabolismo intermedio y procesos relacionados con él, se encuentren afectados por la actividad tiroidea (43).

Dentro de esa responsabilidad de regulación metabólica general del organismo, las hormonas tiroideas presentan una incidencia destacable en los procesos de crecimiento general y desarrollo cerebral en la vida fetal y neonatal (43).

### B. DESÓRDENES POR DEFICIENCIA DE YODO

La deficiencia de yodo es reconocida como la principal causa de discapacidad humana que puede ser prevenida a través del consumo de sal yodada. Esta deficiencia causa una serie de trastornos que han sido englobados bajo la denominación de desórdenes por deficiencia de yodo (DDY) (28).

Entre estos trastornos por deficiencia se pueden mencionar el aletargamiento mental y físico, trastornos de crecimiento, del desarrollo neurológico, de la función mental y retraso neuromotor, la sordomudez, el cretinismo, la idiotéz, el bocio y mala función reproductora y productividad general reducida (19, 33, 34).

Los trastornos en el desarrollo neurológico, la función mental y el retardo neuromotor son, sin duda, los efectos más serios del déficit de yodo. Éstos van desde una ligera disminución de la audición y otros efectos leves, hasta un impedimento en el aprendizaje y pobres puntuaciones en diversas pruebas psicológicas y bajo cociente intelectual (19, 34, 36).

Los defectos de la función reproductora se reflejan en tasas elevadas de abortos, mortinatos, defectos congénitos y mortalidad peri natal e infantil. Muchos de los problemas de desarrollo neurológico, función mental y retardo neuromotor tienen su origen durante la época fetal (19,23, 36).

También su deficiencia reduce la disponibilidad de hormonas tiroideas, afectando severamente al ser humano desde el período de la gestación, ocasionando en muchos casos daños irreversibles. La presencia de estas alteraciones trae como consecuencias a largo plazo escaso desarrollo económico individual y colectivo en la población afectada (19).

## 1. Epidemiología

El bocio que es el agrandamiento de la glándula tiroides, casi siempre se debe a la falta de yodo, y donde el bocio es endémico, también se puede esperar el predominio de otros trastornos por carencia de este micro nutriente (28).

La enfermedad predomina más en mujeres, sobre todo en la pubertad y durante el embarazo. En general, las tasas de prevalencia de bocio de 5% a 19.9% por ciento, se consideran leves; de 20% a 29.9% por ciento, moderadas; y de 30% por ciento, graves. Pero incluso con tasas de 10% a 15% por ciento en la prevalencia de bocio, la necesidad de una intervención por parte de autoridades de salud es importante. Donde hay tasas de prevalencia moderada, se requiere una acción urgente. Donde las tasas son graves, es básico e importante realizar una acción rápida, cómo se puede observar en el siguiente cuadro (34):

CUADRO NO. 1  
GRAVEDAD, CARACTERÍSTICAS E IMPORTANCIA DE LA DEFICIENCIA DE YODO

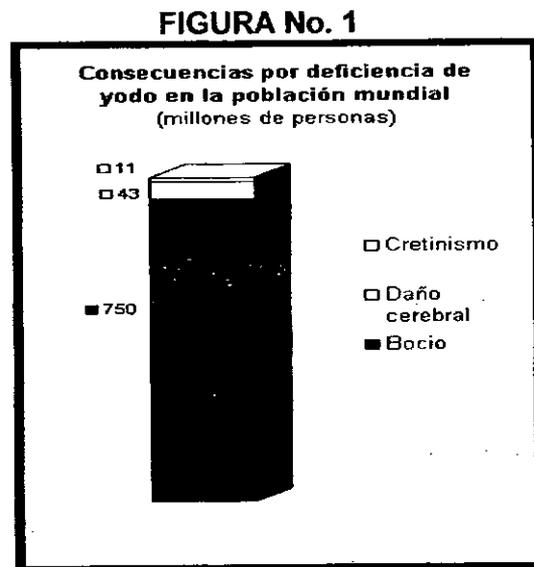
Gravedad	Características clínicas *			Prevalencia de bocio típico %	Yodo urinario promedio (µg/litro)	Necesidad de corrección
	Bocio	Hipo tiroidismo	Cretinismo			
Leve (Fase I)	+	0	0	5.0-19.9	> 50-99	Importante
Moderada (Fase II)	++	+	0	20-29.9	20-49	Urgente
Grave (Fase III)	+++	+++	++	>30	<20	Crítica

Fuente: Adaptado de OMS, 1994.

0 = ausente; + = leve/menos grave; ++ = moderada/grave; +++ = más grave.

En la actualidad, se calcula que cerca del 38% de la población mundial se encuentra en riesgo de tener déficit de yodo y padecer de trastornos asociados ocasionados por tal deficiencia (19, 25). La carencia de yodo en Centroamérica y la situación de los programas de control de calidad y vigilancia epidemiológica continúan siendo un reto para los países centroamericanos (25).

Como se puede observar en la Figura No. 1, el problema de deficiencia de yodo es un problema de salud pública a nivel mundial:



Fuente: UNICEF

## 2. Factores Ecológicos

Los niveles de yodo en el suelo varían de un lugar a otro y esto determina la cantidad de yodo presente en los alimentos que se cultivan en diferentes lugares y en el agua (19).

La carencia se produce cuando el suelo contiene escaso yodo, lo que hace que su concentración en los alimentos sea baja y la ingesta de yodo de la población sea insuficiente (18).

Las poblaciones más propensas a la carencia de yodo son aquellas que viven en zonas montañosas; también son más vulnerables las personas que habitan en zonas de inundaciones frecuentes o muy erosionadas por la deforestación, los cuales impiden que los micronutrientes se fijen en el suelo y que posteriormente se absorban por las plantas que servirán de alimentos (19).

### 3. Factores Económicos

La deficiencia de yodo, afecta a la sociedad en general porque los desórdenes por deficiencia de yodo provocan baja en la productividad del país y aumenta la demanda de servicios sociales. Adicionalmente no hay discriminación de localización geográfica y posición económica, ya que sales sin yodo, independientemente de su calidad, se han encontrado en diversas regiones del mundo y estas son consumidas por todos los estratos de la sociedad. Es importante enfatizar, que también las personas pudientes y con dietas ricas y variadas dependen de la sal yodada para recibir este nutriente (19, 36).

### 4. Edad y sexo

La deficiencia de yodo afecta todas las etapas de la vida humana, desde la fase intrauterina hasta la vejez. Sin embargo, las mujeres embarazadas, las mujeres en período de lactancia, las mujeres en edad reproductiva y los niños menores de 3 años, constituyen la población más vulnerable (45).

En general la carencia de yodo constituye una importante amenaza para la salud y el desarrollo de la población mundial, especialmente para los niños en edad preescolar y las embarazadas (18).

Esta deficiencia afecta con más frecuencia a las mujeres que a los hombres y es más común en mujeres embarazadas, adolescentes y mujeres que están amamantando por el incremento en sus necesidades de macro y micro elementos, ya que su organismo necesita mayor cantidad de yodo en esos periodos (17, 34).

### C. RECOMENDACIONES DIARIAS

El organismo debe recibir yodo diariamente. La cantidad de yodo requerida varía en función de la edad y de ciertas condiciones fisiológicas. Los requerimientos de este mineral son muy pequeños, ya que el yodo que se secreta en el tubo digestivo es totalmente reabsorbido y la dieta sólo debe reponer lo poco que se excreta por la orina (28). En el Cuadro No. 2 se observa los niveles de fortificación oficiales según lo legislado en cada país:

CUADRO NO. 2  
NIVELES OFICIALES DE YODO PARA CONSUMO HUMANO

País	Nivel oficial (ppm)
Argentina	23-38
Honduras	60-100
Bolivia	50
México	20-40
Brasil	40-60
Nicaragua	30-50
Colombia	50-100
Panamá	60-100
Costa Rica	30-50

Paraguay	40-60
Chile	70-140
Perú	30-40
Ecuador	50-100
Uruguay	30-40
El Salvador	60-100
Venezuela	40-70
Guatemala	20-60*

Fuente: Pretell, E. et al. 1999. Consenso sobre los desórdenes por deficiencia de yodo en Latinoamérica. Criterios de evaluación y monitoreo para su erradicación sostenida. Rev. Cubana. p. 146-156.

\* Dato que se actualizó en la tabla ya que en enero de 2004 se emitió un nuevo Reglamento para la fortificación de la sal con yodo en Guatemala según Acuerdo Gubernativo 29-2004, capítulo II, artículo No. 3 (Nivel de fortificación).

Según lo establecido, la ingesta diaria debe garantizar los requerimientos de yodo que varían con la edad y ciertas condiciones fisiológicas, como se puede observar en el Cuadro No. 3:

CUADRO NO. 3  
REQUERIMIENTOS DIARIOS DE YODO SEGÚN  
EIDADES Y ESTADOS FISIOLÓGICOS

Población	Requerimiento diario
Infantes ( 1 -12 meses)	50 µg
Niños (2 – 6 años)	90 µg
Escolares (7 – 12 años )	120 µg
Adultos ( mayores de 12 años )	150 µg
Mujeres gestantes y lactantes	200 µg

Fuente: Preste, E. et al. 1999. Consenso sobre los desórdenes por deficiencia de yodo en Latinoamérica. Criterios de evaluación y monitoreo para su erradicación sostenida. Rev. Cubana. p. 146-156.

#### D. FUENTES ALIMENTARIAS DE YODO

Las cantidades de yodo en los alimentos son muy variables y reflejan el contenido del mineral en los suelos donde las plantas son cultivadas o donde los animales pastan. Las sales de yodo en los suelos son muy solubles, y la erosión provocada por las lluvias ha eliminado el yodo de muchas áreas geográficas. Se han observado suelos con escaso contenido de yodo principalmente en las regiones montañosas, como es el caso de extensas áreas de la región de América Latina, el Caribe y América Central. En estas regiones el aporte natural de yodo es marcadamente insuficiente, tanto para la nutrición animal como humana (44).

En general, los alimentos no marinos tienen poco yodo en Centro América. Las poblaciones que viven en las proximidades del mar gozan generalmente de una amplia disponibilidad de yodo en vista de que éste es muy abundante en los alimentos marinos (mariscos y algunas algas comestibles recogidas del océano). Aun la brisa marina que humedece el aire en estas regiones costeras, contribuye en cierto grado al aporte de yodo a través de los pulmones y las mucosas (4,16).

La sal yodada constituye una buena fuente de yodo. La ingesta de 10 gramos de sal que contiene 0.001% de yodo contribuye a la ingesta dietética en 700 ug de yodo al día (44).

Ciertos alimentos que normalmente son saludables contienen lo que se llaman "bociógenos" -sustancias que pueden interferir con la absorción del yodo o con la secreción hormonal de la tiroides entre los cuales se puede mencionar al repollo, brócoli, coliflor, nabo, maní y frijol de soya, ya que aumentan la necesidad del yodo, especialmente si se consumen en forma cruda (17).

## E. VALORACIÓN E INDICADORES DE LA DEFICIENCIA DE YODO

### 1. Indicadores para evaluar la carencia de yodo

Los indicadores de resultados pueden clasificarse en evaluaciones clínicas (tamaño de la tiroides, cretinismo) o bioquímicas (yodo urinario y hormonas relacionadas con la tiroides). Una vez definida la población destinataria de la evaluación, la selección de indicadores específicos debe basarse en los siguientes criterios: (10)

#### a) Aceptabilidad

La aceptabilidad de un indicador ante una población destinataria dada es un factor crucial. Algunos procedimientos, por ejemplo la evaluación del tamaño de la tiroides mediante la palpación, sería generalmente aceptable. Otros, como extraer sangre para análisis bioquímicos, pueden ser totalmente inaceptables, especialmente en ciertos grupos como los lactantes y los niños. El extraer sangre en poblaciones que tienen una prevalencia alta de infección por el VIH incluye algún nivel de riesgo, o riesgo percibido, que debe tenerse en cuenta durante la selección de indicadores (10).

#### b) Factibilidad técnica

Incluye varios factores, entre ellos:

- ❖ Facilidad de recolección de datos o muestras
- ❖ Requisitos de almacenamiento y transporte de especímenes
- ❖ Portabilidad y resistencia del equipo de campo
- ❖ Disponibilidad del personal para obtener especímenes

#### c) Desempeño

Otro criterio para la selección de indicadores es su desempeño para identificar la situación con respecto a los trastornos por carencia de yodo.

Entre las medidas útiles del desempeño de un indicador se incluye su sensibilidad, especificidad y fiabilidad (10).

d) Interpretación y disponibilidad de datos de referencia

La interpretación de la situación con respecto a los trastornos por carencia de yodo depende de la disponibilidad de datos de referencia. Los datos de referencia ayudan a establecer límites de aceptabilidad y niveles de prevalencia que se emplean en la identificación de los problemas de salud pública. Los datos de referencia son útiles para seleccionar indicadores y grupos destinatarios, y que mejoraran la interpretación de diferentes estudios (10).

## 2. Indicadores bioquímicos

a) Yodo en la orina

La prueba de laboratorio más común para evaluar el estado nutricional de yodo, es determinar el yodo urinario. Idealmente la medición de la excreción de yodo urinario, se debe hacer en muestras de orina de 24 horas. La experiencia indica que la concentración de yodo en las muestras de orina tomadas temprano en la mañana (niños y adultos) proporciona una evaluación adecuada del estado de yodo de una población. Se ha encontrado que es preferible expresar los resultados por litro de orina antes que por gramo de creatinina, como se hacía anteriormente. Relacionar el yodo urinario con la creatinina es engorroso, costoso, no confiable e innecesario (10).

Si se acepta que el requerimiento normal mínimo de yodo es 100 $\mu$ g diarios, los valores de yoduria menores de 100  $\mu$ g por litro denotan deficiencia. Debido a que la medición de yoduria en orinas de 24 horas es prácticamente imposible en el campo, la mayoría de las encuestas se hacen colectando muestras casuales de orina (34).

La determinación del yodo urinario es útil para determinar la gravedad de la deficiencia, como se puede observar:

Grado I, yodo urinario promedio entre 50 y 100  $\mu$ g/día o por litro de orina. El bocio es poco frecuente, pero está indicada la yodación de la sal.

Grado II, yodo urinario promedio entre 25 y 50  $\mu$ g/día o por litro de orina. El bocio es frecuente y el hipotiroidismo de diversas intensidades ya aparece.

Grado III, yodo urinario promedio entre <25  $\mu$ g/día o por litro de orina. El bocio es frecuente y hay hipotiroidismo y cretinismo.

❖ **Factibilidad**

La aceptabilidad es muy alta y las muestras casuales de orina son fáciles de obtener. Los métodos de valoración de yodo urinario no son difíciles de aprender y usar, pero se debe observar un cuidado meticuloso para evitar la

contaminación del yodo en todas las etapas. Se deben destinar laboratorios, equipos y reactivos especiales exclusivamente para este fin. A pesar de ser una metodología relativamente sencilla se requiere de un laboratorio especializado en este tipo de mediciones y que pueda comprobar su competencia en el campo.

La cantidad de yodo que se requiere es pequeña (0.5-1.0 ml.). Los especímenes se recogen en tubos herméticamente sellados, y no requieren refrigeración ni el agregado de conservadores. El contenido de yodo permanece estable durante el transporte al laboratorio. Los especímenes firmemente sellados pueden refrigerarse en el laboratorio durante varios meses hasta que se realice el análisis definitivo. Si se produjera evaporación, la concentración de yodo aumentaría (10).

❖ Desempeño.

Los métodos recomendados pueden detectar niveles de urinario de solo 5 a 20 microgramos/l., con un coeficiente de variación de menos del 10%. Como en todas las encuestas para estimar la prevalencia, las muestras de población deben ser representativas.

❖ Interpretación.

Los métodos modernos hacen factible procesar grandes números de muestra a bajo costo y caracterizar la distribución según diferentes límites e intervalos. Las curvas de distribución de frecuencia son necesarias para la interpretación total, ya que los valores urinarios de las poblaciones por lo general no se distribuyen normalmente, por lo cual debe emplearse la mediana en lugar de la media.

A medida que progresa un programa de prevención de trastornos por carencia de yodo, las tasas de bocio como criterio de eliminación se tornan progresivamente menos útiles, y los niveles de yodo urinario progresivamente más útiles (10).

b) TSH

El yodo es esencial para la síntesis de las hormonas tiroideas, las cuales a su vez son necesarias para el desarrollo cerebral y neurológico normal. La cinética del receptor de la hormona tiroidea en la hipófisis imita la cinética de los receptores de la hormona tiroidea en el cerebro. Cuando los niveles de yodo son bajos, la concentración de hormona tiroidea en la hipófisis estimula la liberación de la Hormona Estimulante de la Tiroides (TSH), la cual es luego detectable en la sangre. Por lo tanto, los niveles de TSH en suero o en sangre entera reflejan directamente la disponibilidad y la suficiencia del nivel de hormona tiroidea. El nivel de TSH es la mejor prueba diagnóstica para determinar el hipotiroidismo (10).

## ❖ Factibilidad

El Tamiz Neonatal se realiza mediante la cuantificación de la hormona estimulante de la tiroides (tirotropina, TSH) en sangre depositada en papel filtro (tarjeta de Guthrie), obtenida mediante la punción del talón del recién nacido entre los 3 y los 15 días de vida cuando se trata de detectar deficiencia de yodo, o bien, para la detección de hipotiroidismo congénito, mediante la punción del cordón umbilical en la primera media hora de vida (11).

## G. PREVALENCIA DE BOCIO

Uno de los desórdenes por deficiencia de yodo más visibles es el bocio o gùegùecho como se el llamaba coloquialmente en Guatemala. (7).

La prevalencia de bocio total mayor de 5 % en escolares es el punto de corte para señalar la presencia de un problema de salud pública. En general se considera que cuando la prevalencia promedio de bocio es mayor del 10 por ciento constituye un problema de salud pública nacional (40).

El método clásico para determinar el tamaño de la glándula tiroides y estimar la prevalencia de bocio es la inspección y palpación, pero este método requiere un alto nivel de capacitación y es menos útil por los problemas de variabilidad que se dan dependiendo del evaluador (40). El grado de la deficiencia de yodo como problema de salud pública en un determinado país o región, será definido según los criterios siguientes:

CUADRO No. 4  
INDICADORES DE YODO PARA DEFINIRLO COMO PROBLEMA DE SALUD PÚBLICA

Indicador	Población objetivo	Leve	Prevalencia moderada	Severa
Bocio (%)	Escolares*	5.0 – 19.9	20 – 29.9	30
Yodo urinario (mediana, µg/L)	Escolares	50 - 99	20 - 49	<20
TSH > 5 mU/L (%), sangre total	Recién nacidos	3.0 – 19.9	20.0 – 39.9	40
> 10 mU/L (%) en suero Tg sérica (mediana, ng/mL)	Niños y adultos	10.0 – 19.9	20.0 – 39.9	40

\* Escolares de 6-12 años.

Los valores absolutos pueden variar con los métodos

Fuente: Preste, E. et al. 1999. Consenso sobre los desórdenes por deficiencia de yodo en Latinoamérica. Criterios de evaluación y monitoreo para su erradicación sostenida. Rev. Cubana. p. 146-156.

## H. SITUACIÓN NUTRICIONAL DE YODO

En la Encuesta Nacional de Micronutrientes (1995) se encontró que la mediana de excreción de yodo en niños escolares y mujeres en edad fértil fue 22 mcg/dl lo que indica buena situación. Los valores mas bajos correspondieron a la región del altiplano (16.2 mcg/dl) y los mas altos a la costa sur (25.1 mcg/dl). Los departamentos de Guatemala y Nororiente tuvieron valores intermedios (24.6 y 24.1 mcg/dl respectivamente) (23).

Los resultados en los tres lugares de residencia investigados también mostraron una excreción adecuada de yodo. En el área rural la mediana fue de 21.1, en el área urbana 24.8 y en la ciudad de Guatemala de 22.1 (23).

## I. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROGRAMA DE FORTIFICACIÓN DE SAL CON YODO EN GUATEMALA

El tipo de sal predominante en Guatemala es sal cruda, obtenida directamente del mar. En este tipo de sal, la alta humedad y la cantidad elevada de impurezas obligan a que ésta deba ser fortificada con un contenido mínimo de yodo de 20 mg/kg. Se ha establecido que el programa trabaja de manera adecuada en El Salvador y Honduras, es medianamente aceptable en Nicaragua, y es bastante deficiente en Guatemala (7).

El informe de la situación de los alimentos fortificados del 2004 mostró que del total de muestras de sal analizadas, 63% presentó niveles por arriba de 15 mg/kg, que es el mínimo aceptable como de importancia en salud; el promedio de yodo fue de 25 mg/kg. Se puede evidenciar que hubo mejoría leve en cuanto a la cobertura del programa en todo el país. Sin embargo, al desagregar por regiones, las regiones nor occidente y metropolitana presentan una cobertura por arriba del 80% (5).

Mundialmente se ha establecido que un programa exitoso se identifica cuando 90% o más de las muestras de sal en hogares alcanza este mínimo. Por lo tanto, se puede afirmar que el 80% de la población de las regiones nor occidente y metropolitana recibió sal adecuadamente yodada, el resto, exceptuando a la región norte (menos del 40%), solamente el 60% de la población está recibiendo sal con contenido de yodo importante para la salud. El estado del programa de yodación de la sal ha mejorado respecto de otros años, pero en términos generales, todavía es deficiente (5)

### 1. Proceso de Yodación de sal en Guatemala

Las salinas o productoras de sal en Guatemala, se encuentran a orilla del mar, están ubicadas a lo largo de la costa del Océano Pacífico. Las mayores áreas de producción son Sipacate, Las Lisas, El Semillero y Champerico. En estas últimas, existen plantas de envasado de sal. La cantidad de sal producida en Guatemala es alrededor de 1.6 millones de quintales (10).

La mayoría de yodización de la sal (55-60%) es hecho por la adición manual de una mezcla del yodato del potasio con la sal (yodosal) y a veces con carbonato de calcio (yodocal) y mezclándose con palas sobre la tierra; 15-20% de algunos productores "grandes" utilizan los mezcladores mecánicos, y 25% es fortificado por aspersión en la fábrica Prodisal (2)

El establecimiento de PRODIAL (fábrica de yodización de la sal) apuntó que los colectores pequeños de la sal del mar venderían su producto como materia prima a esta compañía; UNICEF invirtió y proporcionó ayuda a esta idea. Sin embargo, una vez que la industria de proceso de la sal

comenzara a funcionar en el año 2000, los colectores pequeños de la sal, dirigidos principalmente por los intermediarios del mercado de la sal, rechazaron vender su producto a esta industria. Prodisal (el 25% de la producción nacional) satisface la mayor parte de las necesidades de la sal del sector alimentario. El sector alimentario también compra sal refinada proveniente de México (2).

Cuarenta por ciento de la sal se vende sin ninguna marca de fábrica, y la mayor parte de la sal "etiquetada" no se puede remontar a una persona o a una industria responsable, porque no son marcas de fábrica autorizadas. Los supermercados en las ciudades principales venden solamente muy pocas marcas de fábrica de sal, tales como Vitasal, B&Z, Atzan, YaEstá, y Radiante. Además, la marca SULI, es la única sal lavada, seca, molida y doblemente fortificada con yodo y flúor (2).

## **VI. OBJETIVOS**

### **A. GENERAL:**

Evaluar el estado de excreción urinaria de yodo en niños y niñas en las escuelas oficiales rurales del país, ubicadas en las regiones VII y VIII, durante el año 2005.

### **B. ESPECÍFICOS:**

1. Determinar si la población guatemalteca de la región VII y VIII, presenta deficiencia de yodo.
2. Determinar si existen diferencias de excreción urinaria de yodo por regiones del país en niños y niñas de la región VII y VIII en las escuelas oficiales rurales mixtas.
3. Determinar si existen diferencias de excreción urinaria de yodo por grupos etáreos en niños y niñas de la región VII y VIII en las escuelas oficiales rurales mixtas.
4. Determinar si existen diferencias de excreción urinaria de yodo por sexo en niños y niñas de la región VII y VIII en las escuelas oficiales rurales mixtas.

## VII. METODOLOGÍA

### A. UNIVERSO

Para la elaboración del marco de muestreo, se utilizó como base una lista actualizada de todos los establecimientos oficiales de primaria del país. En esta lista se observaron 14,674 establecimientos de los cuales 4 pertenecen al sector municipal, 861 son establecimientos con jornada vespertina y 2 con plan sabatino y fin de semana. Por lo tanto, se redujo este listado a 13,741 establecimientos con las características deseadas.

### B. MUESTRA

Para el presente estudio, se estimó una muestra con nivel de confianza del 95% y un posible error de  $\pm 1.25$  respuesta. La muestra incluyó escuelas oficiales, tanto del área urbana, como de la rural. Fue representativa a nivel nacional y departamental. Para ello se consideró las variables ubicación geográfica y el tamaño de la escuela, es decir, el número de estudiantes que atiende.

Se consideraron los establecimientos (escuelas oficiales rurales del nivel primario a nivel nacional) como la unidad primaria de muestreo y las secciones de cada grado como las unidades secundarias. Se utilizó un diseño de dos etapas, con los establecimientos y las secciones como conglomerados. Los establecimientos fueron estratificados por medio de las variables siguientes:

- ❖ Departamento, por ser los dominios de estudio.
- ❖ Área: urbano y rural, como la primera variable de estratificación.
- ❖ Tamaño de los establecimientos, entre dos y seis niveles de tamaño, como segunda variable de estratificación.

El tamaño de la muestra para (820 establecimientos), fue seleccionado a través de la siguiente fórmula (28):

$$n = N \sigma^2 / (N-1) D + \sigma^2$$

Donde:

n = tamaño de la muestra de conglomerados

N = número total de conglomerados

$\sigma^2$  = varianza de los conglomerados

D = error de muestreo

## C. REGIONES A INVESTIGAR

Guatemala se encuentra dividido en ocho regiones, las cuales son las siguientes:

- ❖ Región I Metropolitana (Ciudad de Guatemala)
- ❖ Región II Norte (Alta Verapaz, Baja Verapaz)
- ❖ Región III Nor oriente (Zacapa, Chiquimula, El Progreso e Izabal)
- ❖ Región IV Sur oriente (Jalapa, Jutiapa y Santa Rosa),
- ❖ Región V Centro (Sacatepéquez, Chimaltenango y Escuintla),
- ❖ Región VI Sur occidente (Quetzaltenango, San Marcos, Totonicapán, Sololá, Retalhuleu y Suchitupéquez)
- ❖ Región VII Nor occidente (Huehuetenango y Quiché),
- ❖ Región VIII Petén.

Con base en esta división, UNICEF y el Ministerio de Educación implementaron un sistema de vigilancia de Escuelas Centinelas de Micronutrientes en 1995 para evaluar los programas de fortificación. Para el presente estudio son de interés la Región VII y Región VIII, que se describen a continuación:

### 1. **Región VII (Nor-Occidente)**

#### a) Quiché

La cabecera departamental de Quiché es Santa Cruz del Quiché. Limita al norte con México, al sur con los departamentos de Chimaltenango y Sololá, al este con los departamentos de Alta Verapaz y Baja Verapaz; al oeste con los departamentos de Totonicapán y Huehuetenango. Se ubica en la latitud 15° 02'12" y longitud 91° 07'00", y cuenta con una extensión territorial de 8,378 kilómetros cuadrados. Por su configuración geográfica variada, sus alturas oscilan entre los 1,196 y 2,310 metros sobre el nivel del mar, por consiguiente su clima varía de frío a templado. De acuerdo con el Censo de 2002, la población de Quiché era de 655,510 (Figura No. 2).

#### b) Huehuetenango

La cabecera departamental de Huehuetenango, es Huehuetenango. Limita al norte y oeste con la República de México, al sur con los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango y Totonicapán; al este con el departamento de Quiché. Se ubica en la latitud 15° 19'14" y longitud 91° 28'13", y cuenta con una extensión territorial de 7,400 kilómetros cuadrados. La cabecera departamental está a una altura de 1,902 metros sobre el nivel del mar, por su topografía, Huehuetenango cuenta con montañas que exceden de 3,000 metros de elevación y tierras bajas que descienden hasta unos 300 metros, por tanto, su clima es variado. De acuerdo con el Censo de 2002, la población de Huehuetenango era de 846,544 (Figura No. 3).

## 2. Región VIII, Petén

La cabecera de Petén, es Flores, situada a una altura de 127 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con la República de México; al sur con los departamentos de Izabal y Alta Verapaz; al este con Belice y al oeste con la República de México. Se ubica en la latitud  $16^{\circ} 55'45''$  y longitud  $89^{\circ} 53'27''$ , y cuenta con una extensión territorial de 35,854 kilómetros cuadrados. La variada topografía del departamento trae también consigo una diversidad de climas. De acuerdo con el Censo de 2002, la población de Petén era de 366,735 (Figura No. 4).

FIGURA NO. 2  
DEPARTAMENTO DE QUICHÉ

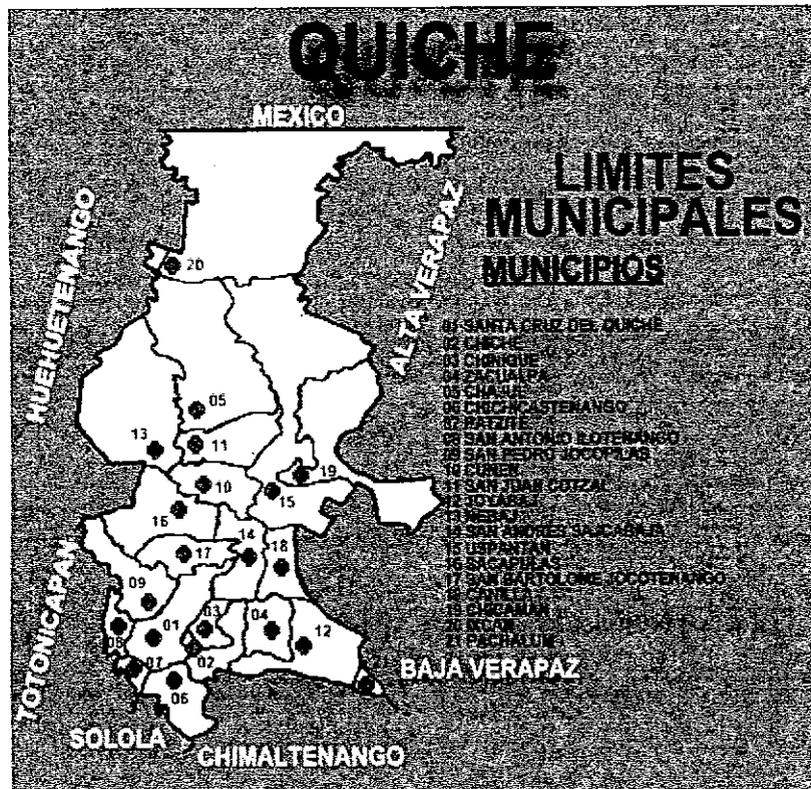
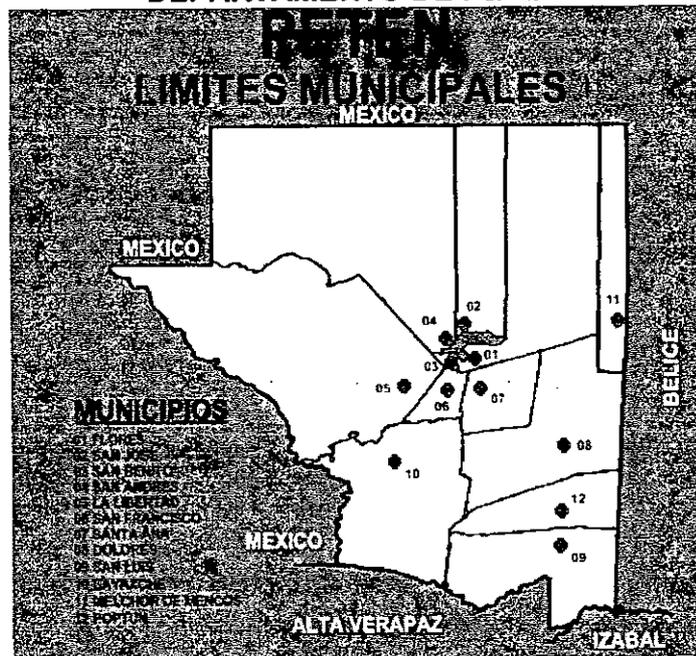


FIGURA NO. 3  
DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO



FIGURA NO. 4  
DEPARTAMENTO DE PETÉN



## **D. RECOLECCIÓN DE LOS DATOS**

### **1. Recolección de las muestras de orina**

Antes de recolectar las muestras de orina, se realizó un Taller de inducción y capacitación por parte de las instituciones participantes (INCAP, UNICEF, MINEDUC, UVG) con el fin de capacitar a todo el personal que realizó trabajo de campo.

Se formaron 26 equipos de trabajo, comprendidos por 4 personas, 2 realizaron la encuesta de rendimiento escolar a los alumnos del sexto grado, 1 persona realizó la recolección de sal y azúcar de los hogares de los niños y el otro integrante del grupo recolectó las muestras de orina. Diariamente se visitaron 4 comunidades y, solamente en la última, se recolectó las muestras de orina. En las escuelas seleccionadas para la muestra de orina se escogieron a los niños que deseaban participar en el estudio, hasta completar un total de 3 niños y 3 niñas. Esta cantidad de niños fue determinada basado en el presupuesto que se tenía para la realización de esta medición.

### **2. Análisis de las muestras de orina**

Las muestras de orina fueron analizadas por medio del método determinación espectrofotométrica de yodo en orina, método cinético en micro placa (14). Este es el método más utilizado para medir yodo en orina (anexo II). Las muestras fueron analizadas en Laboratorio de Bioquímica Nutricional del INCAP.

### **3. Análisis estadístico**

El análisis estadístico de los datos se realizó a través del programa STATA, versión 7, y Excell 2003. Para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre la edad, el sexo y las regiones geográficas, respecto de la excreción urinaria de yodo, se utilizó análisis de varianza. Además, se aplicó una prueba de medias, prueba de Scheffe. Se utilizó un nivel de confianza del 95%.

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. SITUACION NUTRICIONAL DE YODO

#### 1. Excreción de yodo en orina

La cantidad de yodo en la orina es un buen indicador de la cantidad de yodo que se ingiere; este indicador tiene valor a nivel de población, más que a nivel individual. Los valores de yodo en orina entre 100 y 199 ug/litro, indican un estado nutricional óptimo de yodo.

#### 2. Situación nutricional de yodo

Los resultados del estudio mostraron que la mediana de excreción urinaria de yodo a nivel nacional fue de 143.8  $\mu\text{g/litro}$ , lo que indica un estado nutricional óptimo para este micro nutriente. En la Región VII (Quiché y Huehuetenango), la mediana de yoduria fue de 78.34 y 145.85  $\mu\text{g/litro}$ , respectivamente, lo cual indica un estado nutricional óptimo para Huehuetenango y deficiencia leve para Quiché. Además, en la Región VIII (Petén), la mediana de yoduria fue de 166.2  $\mu\text{g/litro}$ , lo que indica un estado nutricional óptimo para este micro nutriente (Cuadro No.5).

La principal fuente de yodo para la población guatemalteca, es la sal fortificada con este micro nutriente. De acuerdo con los resultados del monitoreo de alimentos fortificados del año 2004, del total de muestras de sal analizadas, un 63% presentó niveles por arriba de 15 mg/kg; el promedio de yodo fue de 25 mg/kg. Sin embargo, al desagregar por regiones, las regiones nor occidente y metropolitana presentan una cobertura por arriba del 80%. En la región norte, menos del 40% de la población estaba recibiendo sal con contenido de yodo importante para la salud. De los 3 departamentos estudiados, sólo Quiché presentó una deficiencia leve de yodo, situación que no coincide con los resultados del monitoreo realizado en 2004. Es posible que después de este monitoreo, la situación del programa de fortificación de sal con yodo se haya deteriorado, también es posible que la población esté consumiendo sal sin adición de yodo, proveniente de otros países.

**CUADRO No. 5  
MEDIANA DE YODURIA**

Departamento	Mediana (ug/l)	Estado nutricional
Nacional	143.8	Óptimo
Quiché	78.34	Deficiencia leve
Huehuetenango	145.85	Óptimo
Petén	116.2	Óptimo

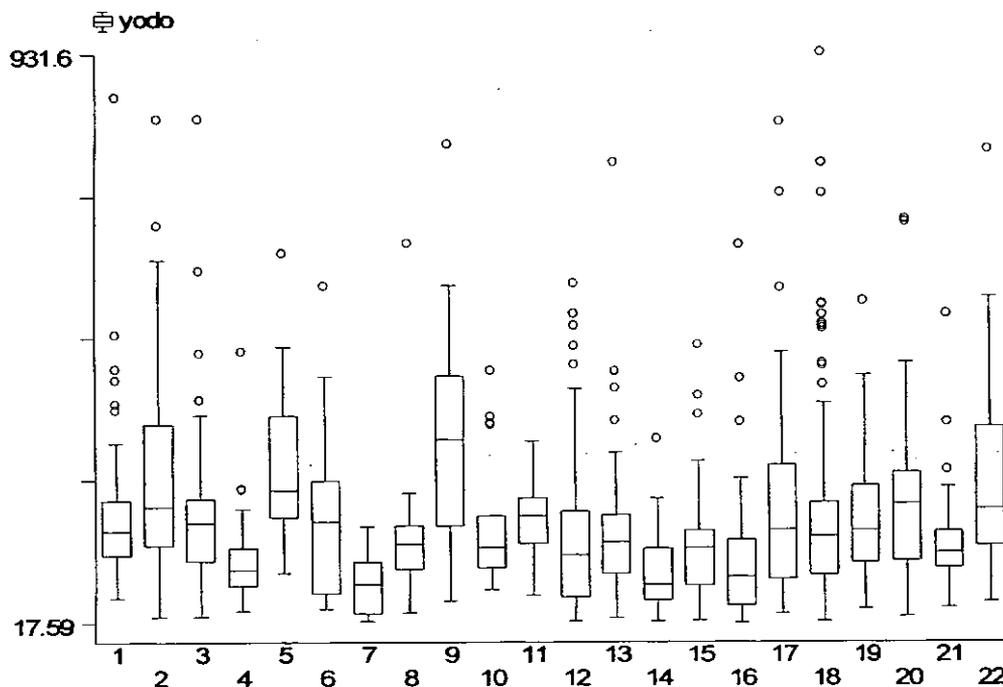
**CUADRO No. 6**  
**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS DATOS**

Fuente	Suma cuadrados	Grados libertad	Cuadrado medio	F	Significancia estadística
Modelo	2715387.76	23	118060.338	7.28	0.0000 *
Departamento	2620004.24	21	124762.107	7.70	0.0000 *
Edad	46910.7459	1	46910.7459	2.89	0.0849
Sexo	2572.43109	1	2572.43109	0.16	0.6864
Error	14587199.2	900	16207.99911		
Total	17302587.0	923	18746.03142		

• Existe significancia estadística al 95%.

El análisis de varianza de los datos muestra que con un nivel de confianza del 95%, existe diferencia significativa entre los datos por departamento; mientras que el análisis por edad y sexo, no mostró diferencia significativa (Cuadro No. 6). En la Figura No.5 se puede apreciar en forma gráfica las diferencias entre los departamentos.

**FIGURA NO. 5**  
**CAJA DE TUKEY DE LOS DATOS DE YODO POR DEPARTAMENTO**



La prueba de medias de los tratamientos – prueba de Scheffe-, muestra que con un nivel de confianza del 95%, existe diferencia significativa de los resultados de yodo entre los siguientes departamentos: entre Quiché y el Progreso, entre Alta Verapaz y El Progreso, entre Quetzaltenango y Sololá, entre Huehuetenango y Quetzaltenango, entre Quiché y Quetzaltenango, entre Alta Verapaz y Quetzaltenango, y, entre Jutiapa y Alta Verapaz (Ver anexo IV).

## IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. CONCLUSIONES

1. La mediana de excreción urinaria de yodo a nivel nacional fue de 143.8 µg/litro, lo que indica un estado nutricional óptimo para este micro nutriente.
2. En Huehuetenango (Región VII) y Petén (Región VIII), las medianas de yoduria fueron 145.85 µg/litro y 166.2 µg/litro respectivamente, lo cual indica un estado nutricional óptimo.
3. En Quiché (Región VII), la mediana de yoduria fue de 78.32 µg/litro, lo que indica una deficiencia leve para este micro nutriente.
4. Los resultados del análisis de varianza de los datos obtenidos a nivel nacional, muestran que existe diferencia significativa por departamento; mientras que el análisis por edad y sexo, no mostró diferencia significativa. Además, la prueba de Scheffe, muestra que existe diferencia significativa de los resultados de yodo entre los siguientes departamentos: entre Quiché y Huehuetenango, entre Quiché y Petén.

### B. RECOMENDACIONES

1. Difundir los resultados del presente estudio, a nivel nacional, en todos los sectores e instituciones relacionadas con la prevención y control de la deficiencia de micronutrientes.
2. Promover el fortalecimiento del programa de fortificación de sal con yodo en todas las empresas salineras, a través del apoyo del gobierno central y de los organismos internacionales.
3. Propiciar la participación de la sociedad civil en el monitoreo del cumplimiento de la Ley de Fortificación.
4. Efectuar intervenciones inmediatas de suplementación en el departamento de Quiché.
5. Promover la información, educación y comunicación en micronutrientes, a través de la Secretaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional, con el apoyo de los Consejos Departamentales, Municipales y Comunitarios de Desarrollo.
6. Analizar los datos por medio de la media geométrica, ya que el rango del estado nutricional óptimo para el yodo es muy amplio.

## PLAN PARA MEJORAR LA SITUACIÓN NUTRICIONAL DE YODO EN GUATEMALA

**OBJETIVO:** Promover un estado nutricional adecuado de yodo en la población guatemalteca.

PRODUCTOS	PRINCIPALES ACTIVIDADES	INSTITUCIONES
Programa de fortificación de sal con yodo fortalecido	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Difusión de los resultados del presente estudio en:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) ONGs</li> <li>b) Instituciones del sector público</li> <li>c) Organismos internacionales</li> <li>d) Consejos Departamentales</li> <li>e) Miembros del CONASAN</li> </ol> </li> <li>2. Campaña de concientización respecto de las consecuencias de la deficiencia de yodo en la salud y en el desarrollo humano en los siguientes sectores:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Instituciones del sector público</li> <li>b) ONGs</li> <li>c) Consejos Departamentales</li> <li>d) Miembros del CONASAN</li> </ol> </li> <li>3. Promover la gestión de recursos financieros para el Programa de Fortificación, a través de la SESAN, CONASAN, con participación de la CONAFOR, UNICEF, Unión Europea e INCAP/OPS.</li> </ol>	<p>Ministerio de Salud Ministerio de Educación SESAN UNICEF, INCAP/OPS</p> <p>Escuelas de Nutrición de: USAC, UFM, UVG SESAN Ministerio de Salud UNICEF, INCAP/OPS</p> <p>SESAN, CONASAN, CONAFOR, UNICEF, UNION EUROPEA, INCAP/OPS.</p>
Empoderamiento de la Ley de Fortificación de Alimentos por parte de la sociedad civil	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Socialización y sensibilización respecto de la Ley de Fortificación de Alimentos en:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Consejos Departamentales, Municipales y Comunitarios de Desarrollo</li> <li>b) Organizaciones que defienden los derechos humanos</li> <li>c) Miembros del CONASAN</li> <li>d) Universidad de San Carlos y universidades privadas.</li> </ol> </li> </ol>	<p>SESAN Ligas del Consumidor UNICEF, INCAP/OPS Ministerio de Salud Ministerio de Educación Universidades COMUDES, CODEDES, COCODES</p>
Estrategia de IEC en micronutrientes fortalecido	Gestión para la incorporación de la estrategia de IEC sobre micronutrientes, en el Plan Estratégico de la SESAN, PROSAN, ONGs y otras instituciones que desarrollan acciones relacionadas con la SAN.	<p>Ministerio de Salud UNICEF, INCAP/OPS SESAN Escuelas de Nutrición de: USAC, UFM, UVG</p>

## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Análisis de la situación nutricional. Estado de micro nutrientes principales y fortificación de alimentos. Tomado de Internet: [www.ops.org.gt/ADS/San/Cap%20IV.pdf](http://www.ops.org.gt/ADS/San/Cap%20IV.pdf)
2. Ascencio, M. *et al.* 1997. Control de los desórdenes causados por deficiencia de yodo. Costa Rica, Ministerio de salud, departamento de nutrición y desarrollo infantil y sección de vigilancia nutricional. p. 18.
3. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. 2001. 2da. Ed.
4. Castro, C. 1997. Yodización de la sal: la experiencia de Costa Rica en la reducción del bocio endémico. Costa Rica, UNICEF. p. 68.
5. Dary, O.; Boy, E. "Situación del Programa de Fortificación de Sal con Yodo en Guatemala Durante 1995-96". Unidad de Análisis y Protección de Alimentos y Unidad de Micronutrientes, INCAP. Guatemala, 1997. p. 1-6.
6. Dary, O. Evolución del programa de yodación de la sal en Guatemala. Tomado de Internet: [http://www.bvssan.incap.org.gt/bvs\\_incap/E/conf/sal/sal.pdf](http://www.bvssan.incap.org.gt/bvs_incap/E/conf/sal/sal.pdf)
7. El Yodo y la salud, eliminación de los trastornos por carencia de yodo inocuamente mediante la yodación de la sal. 1994. Washington, Programa de alimentación y nutrición, división de promoción y protección de la salud. p. 7.
8. Guamuch, M. 2003. Programas de salud pública de fortificación de alimentos en Centroamérica. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá.
9. Hipotiroidismo. Tomado de Internet: [http://www.puritan.com/vf/healthnotes/HN\\_Live/Spanish/Es-Concern/Hypothyroidism.htm](http://www.puritan.com/vf/healthnotes/HN_Live/Spanish/Es-Concern/Hypothyroidism.htm)
10. Indicadores para evaluar los trastornos por carencia de yodo y su control mediante la yodación de la sal. s. f. Who/NUT, World Health.
11. Indicators for assessing IDD status. 1999. International council for control of iodine deficiency disorders. Vol.15 (3). p. 33-48.
12. Instituto de nutrición de Centroamérica y Panamá. 1993. Deficiencia de yodo. Guatemala, Informes. p. 10.
13. Laboratorio de Análisis y Servicios, S.A. 2002. Estudio de Caracterización de la producción y comercialización de la sal en Guatemala.
14. La eliminación mundial de la carencia de yodo está a nuestro alcance. OMS. Tomado de Internet: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr93/es/>
15. Martínez, A., *et al.* 2002. Alimentación y salud pública. 2da. Ed. España, McGraw – Hill Interamericana. p. 257.

16. Martínez, C., et al. 2002. Situación de los alimentos fortificados. Guatemala. p.13.
17. Mazariegos, D.; Dary, O. 1993. Determinación espectrofotométrica de yodo en orina. Método Científico en micro placa. INCAP, Laboratorio de bioquímica nutricional. p. 15.
18. Medeiros. G. El proyecto de Thyromóbil en América Latina: perspectivas para una evaluación de la situación del Brasil referente a IDD en el año 2000. Tomado de Internet: <http://www.lats.org/idd/thyromobil.asp>
19. Micro nutrientes - el Yodo, el Hierro y la Vitamina A. UNICEF. Tomado de Internet: [http://www.unicef.org/spanish/nutrition/index\\_iodine.html](http://www.unicef.org/spanish/nutrition/index_iodine.html)
20. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Informe de la Encuesta Nacional de Micronutrientes, Guatemala. 1995.
21. Molina, M. et al. Principales deficiencias de micronutrientes en Centroamérica Estrategias del INCAP para su control. OPS, INCAP. Tomado de Internet: <http://www.fao.org/docrep/V1610t/v1610t05.htm>
22. Montes, J. Evaluación del estado de nutrición y salud de los escolares. Tomado de Internet: [http://www.bvssan.incap.org.gt/bvs\\_incap/E/publica/notas/notatec20.pdf](http://www.bvssan.incap.org.gt/bvs_incap/E/publica/notas/notatec20.pdf)
23. Noguera, A.; Gueri, M. 1995. Análisis de la situación de deficiencia de yodo en América Latina: sus tendencias y estrategias de acción. OPS, INCAP. p. 73.
24. Normas técnicas para la prevención y control de deficiencias de Micronutrientes. 1999. Perú, Programa nacional de prevención de deficiencias de Micronutrientes. p. 87.
25. Noguera, A. Programas de fortificación de sal con yodo en Centroamérica: lecciones aprendidas. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá.
26. Pandav, C. 1996. Introduction to International council for control of iodine deficiency disorders. p.18.
27. Pandav, C. 1996. Independent assessment of country progress towards achieving the goal of iodine deficiency disorders, prevention, control and elimination by and beyond the year 2000.
28. Pretell, E. et al. 1999. Consenso sobre los desórdenes por deficiencia de yodo en Latinoamérica. Criterios de evaluación y monitoreo para su erradicación sostenida. Rev. Cubana. p. 146-156. Tomado de Internet: [http://www.bvs.sld.cu/revistas/end/vol10\\_2\\_99/end10299.htm](http://www.bvs.sld.cu/revistas/end/vol10_2_99/end10299.htm)
29. Progress towards the elimination of iodine deficiency disorders (IDD). s f. Department of nutrition for health and development world health organization, ICCIDD and United nations children fund. p. 33
30. Roca, A. Trastornos por Deficiencia de Yodo. Tomado de Internet: <http://www.encolombia.com/medicina/sociedadescien/diabetes30703-trastornosdeficiencia.htm>

31. Scheaffer, Mendenhall & Ott. 1987. Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica, México)
32. Situación general y tendencias. Guatemala. Tomado de Internet: [www.ops.org.gt/docbas/Guatemala.pdf](http://www.ops.org.gt/docbas/Guatemala.pdf)
33. Sobre el desorden de la deficiencia de yodo. Consejo Internacional para el Control de los Desórdenes por Deficiencia de Yodo (ICCIDD). Tomado de Internet: <http://www.tulane.edu/~icec/iddcommmsp.htm>
34. Sullivan, K.; May, S. 1999. Urinary iodine assessment: a manual on survey and laboratory methods. UNICEF. p. 76.
35. Takkouche, B. et al. Situación mundial en relación con el yodo y progresos de la última década hacia la eliminación de la carencia de yodo. OMS. Tomado de Internet: <http://www.who.int/bulletin/volumes/83/7/anderssonabstract0705/es/>
36. Tercer taller regional sobre deficiencias de vitamina A y otros Micronutrientes en América Latina y el Caribe. 1993. Brasil, agencia de los Estados Unidos para el desarrollo internacional. p. 164.
37. The national reference laboratory for IDD China. sf. China, Chinese, academy of preventative medicine ministry of health.
38. Trastornos por carencia de yodo. FAO. Tomado de Internet: [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/DOCREP/006/W0073S/w0073s0i.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/W0073S/w0073s0i.htm)
39. Utilización de la nutrición para reducir las defunciones derivadas de la maternidad. 1998. Tomado de Internet: <http://www.unicef.org/spanish/sowc98sp/science2.htm>
40. Véliz, F.; y Gross, L. 2002. Estandarización de un método rápido para la determinación cuantitativa de yodato de potasio en sal solar (común). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
41. Yodo, mineral esencial para la tiroides. Tomado de Internet: <http://www.actosdeamor.com/yodo.htm>
42. Ziegler, E.; Filer, L. 2003. Conocimientos actuales sobre nutrición. OPS, Instituto Internacional de Ciencias de la Vida. Octava edición.

## XII. ANEXOS

ANEXO I

**CONSENTIMIENTO INFORMADO SOBRE TOMA DE MUESTRA DE ORINA  
PARA ESTUDIO DE YODO, EN ESCOLARES DE ESCUELAS CENTINELAS.**

*EL YODO ES UN ELEMENTO ES IMPORTANTE PARA EL ADECUADO  
CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO ESCOLAR DE LOS NIÑOS Y NIÑAS*

DESPUES DE SER INFORMADO DE LOS OBJETIVOS DEL PRESENTE ESTUDIO, YO: \_\_\_\_\_ AUTORIZO QUE MI HIJO \_\_\_\_\_ PROPORCIONE UNA MUESTRA DE ORINA, QUE EL MISMO DEPOSITARA EN UN RECIPIENTE PLASTICO DESECHABLE, SIN QUE ESTO REPRESENTA NINGUN RIESGO A SU PERSONA Y A SU SALUD, QUE ENTREGARA AL PERSONAL QUE LO RECOLECTARA EN SU CENTRO DE ESTUDIO, Y QUE SERVIRA UNICAMENTE PARA ANALIZAR LA CANTIDAD DE YODO QUE CONTIENE.

FIRMA PADRE O MADRE DE FAMILIA-

\_\_\_\_\_

HUELLA DIGITAL DEL NIÑO O DEL PADRE O MADRE \_\_\_\_\_

CEDULA NUMERO \_\_\_\_\_

NOMBRE Y FIRMA DE TESTIGO: \_\_\_\_\_

CENTRO DE ESTUDIO \_\_\_\_\_

REGION \_\_\_\_\_

CODIGO DEL NIÑO(A) \_\_\_\_\_

LUGAR Y FECHA: \_\_\_\_\_

## ANEXO II

### DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DE YODO EN ORINA, MÉTODO CINÉTICO EN MICROPLACA

#### A. PUNTOS CRÍTICOS Y PRECAUCIONES

##### 1. Colección de la muestra

Las muestras se recolectan en frascos limpios. Para conservarla se acidifica con 0.040ml de HCL-2.0 M por cada ml de orina. También se puede usar azida de sodio ( $\text{NaN}_3$ ) para preservar las muestras. La concentración final debe ser de 0.02%. Se almacenan las muestras en refrigeración o congeladas ( $-20^\circ\text{C}$ ), si el análisis no se hace en la semana siguiente de la recolección.

##### 2. Contaminación

-La cuantificación de yodo se hace a nivel de nanogramos, por lo que el análisis es sensible a contaminación que, proviene de reactivos concentrados. No se deben preparar las soluciones patrón de yodo en el mismo laboratorio en que se realiza la reacción final. Los reactivos deben ser de alta pureza, debe usarse agua desionizada en la preparación de todas las soluciones.

-El mayor problema de contaminación ocurre cuando los reactivos, la cristalería y/o el equipo se contaminan con yodo. Un problema común de contaminación de yodo de las pipetas automáticas.

-Un mal uso de las pipetas puede hacer que se succiones solución dentro del mecanismo de la pipeta. Es una buena práctica de laboratorio limpiar semanalmente las pipetas y cada vez que se sospeche de contaminación.

##### 3. Calidad del Agua

El abastecimiento de agua limpia libre de yodo es indispensable para la determinación analítica, se debe usar agua desionizada. Es importante que el agua a utilizar esté libre de hierro.

##### 4. Procedimiento analítico

Después de la digestión el volumen de cada tubo puede variar. En el macrométodo esta variación no es significativa porque se usa todo el volumen del tubo. Sin embargo en el micrométodo es necesario ajustar el volumen al volumen inicial (2.0 ml) de cada tubo con agua destilada. Esto se puede hacer marcando en el tubo el menisco de la solución antes de la digestión, y reemplazando después el volumen perdido por evaporación con agua desionizada.

El método de análisis tiene un rango lineal de 1.0 a  $32\mu\text{g/dL}$ . Dependiendo de las concentraciones esperadas se pueden variar los puntos utilizados para la curva, Así, si se requiere alta sensibilidad para orinas con baja concentración, se usan los estándares 0.0, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 12.0, 16.0, y 20.0. Si hay alta proporción de valores altos, se eliminan los estándares 1.0, y  $12.0\mu\text{g/dl}$ , y se

agregan los estándares 24.0, 28.0, y/o 32.0 µg/dL. Si las muestras son más concentradas que el estándar más alto, se diluyen los digeridos en diluciones 1:2, 1:4, 1:8 con una solución diluida 1:4 (con agua desionizada) del ácido clórico utilizado para la digestión. No es necesario repetir la digestión. El valor obtenido se multiplica luego por el factor de dilución utilizado.

## B. EQUIPO

Bloques calentadores (110°)  
Campana con extractor  
Lector de microplacas Molecular Devices (opción cinética, filtro 405)  
Pipetas manuales (20-200µL, 200-100µL)  
Pipeta multicanales (25-100µL)  
Pipeta repetidora  
Vortex

## C. MATERIALES

Balón Volumétrico de 1000mL  
Balones volumétricos 200mL  
Balones volumétricos 100mL  
Beakers de 50mL(3)  
Beakers de 250 mL(2)  
Frascos de plástico de 250mL  
Frascos de vidrio Oscuro  
Microplacas  
Puntas de pipeta  
Tubos de ensayo de 10mL

## D. REACTIVOS

Ácido Clorhídrico (HCL), 37% p/p, 1.19 g/ml, Merck Art. 137, PM 36.5  
Ácido Perciórico (HClO<sub>4</sub>) 70%, 1.67 g/ml, Merck Art. 519, PM 100.46  
Ácido Sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 96-97%, 1.84 g/mL, Merck Art. 714 PM 98.08  
Clorato de Potasio (KClO<sub>3</sub>), 99.0% Merck Art. 4944, PM 122.55  
Cloruro de sodio (NaCl), 99.5%, Merck Art. 6404, PM 58.44  
Hidróxido de Sodio (NaOH), 99%, Merck Art. PM 40.01  
Sulfato Cérico de Amonio (Ce(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 2(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O; Merck 2273; PM 632:55  
Trióxido de Arsénico (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 99.5%, Merck Art. 119; PM 197.84  
Yodato de Potasio p.a. (KIO<sub>3</sub>), 99.5%, Merck Art. 5051, PM 214.01.  
Agua des ionizada

## E. PROCEDIMIENTO

### 1. Digestión De las muestras

a) Mezcle las orinas en Vórtex, para suspender cualquier precipitado. En el laboratorio se ha visto que no es necesario filtrar la muestra, pues se obtienen resultados semejantes, en muestras filtradas y sin filtrar.

b) En tubos de 10mL ponga 1.5 mL (1500 $\mu$ L) de cada Estándar, de los controles, y de cada muestra. Esto se hace en duplicado.

c) Agregue 0.50 mL (500 $\mu$ L) de ácido clórico (solución A). Marque con marcador permanente el nivel del menisco en el tubo. Tape los tubos con cincos (canicas) y colóquelos en los bloques de calentamiento dentro de una campana de extracción. Digiera por una hora a una temperatura entre 110 y 115° C. Enfríe los tubos a temperatura ambiente.

## F. ANÁLISIS DE YODO

Ajuste el volumen de todos los tubos a 2.0 ml con agua desionizada.

Agregue 50 $\mu$ L de cada Estándar, del control, y de las muestras a cada pozo en la microplaca. Los duplicados se colocan a cada lado a lado en sentido horizontal.

Encienda el lector de microplacas. Programe las siguientes condiciones para el análisis:

AUTOMIX	ONCE	El equipo agita la placa una vez antes de hacer la lectura.
READ MODE	KINETIC, 405 nm	El equipo hace lecturas automáticas cada 5s
TIEMPO DE LECTURA	2 minutos	
OD LIMIT	-0.2 unidades	Es el valor de absorbancia con que el aparato hace los cálculos de velocidad, el signo negativo indica que es cinética negativa.
DATA DISPLAY	ANALIZED, LINEAR	Es el tipo de análisis numérico para los datos.

En el lector también se indica (opción TEMPLATE F<sub>1</sub>) la posición de la curva de calibración y de las muestras, con su factor de dilución (inicialmente 1) para que el programa realice los cálculos automáticamente, con la regresión que se le haya indicado en DATA DISPLAY

Cuando haya colocado todas las muestras en las placas agregue 50 $\mu$ L de ácido arsenioso 0.98% en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.75M (solución B) a cada pozo. Esto se hace rápidamente con una pipeta multicanales. Deje reposar la placa por lo menos 25 minutos.

Con el equipo listo para leer la placa añada, con ayuda de la pipeta multicanales, 100 $\mu$ L de sulfato cérico amónico 0.6% en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.75M (solución C) a cada pozo de microplaca.

Inmediatamente coloque la microplaca en el lector y comience la lectura. Los resultados se obtienen en MOD/min. (cambio de absorbancia por unidad de tiempo).

Cuando no hay suficiente muestra, o para no utilizar tanto ácido perclórico se pueden utilizar 0.750 mL de muestra, y 0.250 mL de ácido clórico para la digestión.

## G. CALCULOS

Con el programa SOFTMAX 2.0, los cálculos son dados directamente. Si el cálculo es manual:

- ❖ Calcule la recta de regresión concentración de yodo ( $\mu$ g/dL) versus velocidad de reacción.
- ❖ Calcule la concentración de yodo en base a la recta de regresión y multiplicando por el factor de dilución de la muestra (1, usualmente).

### 1. Verificación de la recuperación del método.

El cálculo de recuperación no es necesario, debido a que se corren estándares desde el primer paso del análisis. Sin embargo puede calcularse agregando a tres muestras de orina con concentraciones diferentes (en los rangos de 2-3  $\mu$ g/dL) una cantidad de estándar que suba la concentración de las muestras en 5  $\mu$ g/dL. El volumen añadido no debe exceder 10% del volumen original de la muestra. Para corregir por dilución se agrega a otra porción de la muestra un volumen igual al que se añadió de estándar, pero de agua desionizada. La recuperación es el ratio de la concentración recuperada sobre la concentración añadida.

### 2. Variantes

- ❖ Tal como se indicó en el procedimiento, es posible utilizar la mitad de la muestra (0.750 $\mu$ L) y de ácido clórico (0.250 $\mu$ L) para digerir la orina. Esto no cambia los resultados obtenidos.
- ❖ La concentración de sulfato Cérico amónico (0.6% en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.75M) puede reducirse a 0.3 o 0.15% si el lector de microplacas no es lineal con la absorbancia inicial del reactivo.

## H, VALORES DE REFERENCIA

La siguiente tabla debe ser parte del informe de resultados en  $\mu\text{g/L}$ .

Analito	Espécimen	Unidad de Medida	Rango de referencia
YODO	ORINA	$\mu\text{g/L}$	$<20$ = Insuficiente (deficiencia severa de yodo) $20-49$ = Insuficiente(deficiencia moderada de yodo) $50-99$ = Insuficiente(deficiencia leve de yodo) $100-199$ = Adecuada(optima) $200-299$ = Mas que adecuada(riesgo para hipertiroidismo inducido por yodo, dentro de los 5-10 años de introducida la fortificación de la sal) $>300$ = Excesivo (riesgo de consecuencias adversas a la salud)

La siguiente tabla deberá ser parte del informe de resultados en  $\mu\text{g/dL}$

Analito	Espécimen	Unidad de medida	Rango de referencia
YODO	ORINA	$\mu\text{g/dL}$	$< 2.0$ = Insuficiente (deficiencia severa de yodo) $2.0-4.9$ = Insuficiente(deficiencia moderada de yodo) $5.0-9.9$ = Insuficiente(deficiencia leve de yodo) $10.0-19.9$ = Adecuada(optima) $20.0-29.9$ = Mas que adecuada(riesgo para hipertiroidismo inducido por yodo, dentro de los 5-10 años de introducida la fortificación de la sal) $>30.0$ = Excesivo (riesgo de consecuencias adversas a la salud)

### ANEXO III

#### PRUEBA DE SCHEFFE PARA LOS DATOS DE YODO POR DEPARTAMENTO

Comparación de los datos de yodo por departamento

Row Mean-

Col Mean	1	2	3	4	5	6
2	62.1494					
	1.000					
3	3.82076	-58.3286				
	1.000	1.000				
4	-81.9973	-144.147	-85.8181			
	0.991	0.311	0.993			
5	86.4445	24.2952	82.6238	168.442		
	1.000	1.000	1.000	0.700		
6	-6.71702	-68.8664	-10.5378	75.2803	-93.1615	
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
7	-122.276	-184.426	-126.097	-40.2792	-208.721	-115.559
	0.929	0.216	0.936	1.000	0.471	0.996
8	-50.0118	-112.161	-53.8326	31.9855	-136.456	-43.2948
	1.000	0.930	1.000	1.000	0.973	1.000
9	95.888	33.7386	92.0672	177.885	9.44346	102.605
	0.910	1.000	0.972	0.011	1.000	0.993
10	-21.3742	-83.5236	-25.195	60.6231	-107.819	-14.6572
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	-25.5863	-87.7356	-29.407	56.411	-112.031	-18.8692
	1.000	0.997	1.000	1.000	0.998	1.000
12	-41.7122	-103.862	-45.5329	40.2851	-128.157	-34.9952
	1.000	0.802	1.000	1.000	0.960	1.000
13	-44.6226	-106.772	-48.4433	37.3747	-131.067	-37.9055
	1.000	0.680	1.000	1.000	0.938	1.000
14	-102.37	-164.52	-106.191	-20.3731	-188.815	-95.6533
	0.781	0.029	0.836	1.000	0.342	0.997
15	-58.72	-120.869	-62.5408	23.2773	-145.165	-52.003
	1.000	0.678	1.000	1.000	0.904	1.000
16	-93.3062	-155.456	-97.127	-11.3089	-179.751	-86.5892

	0.642	0.006	0.759	1.000	0.307	0.997
17	13.7479	-48.4015	9.92711	95.7452	-72.6966	20.4649
	1.000	1.000	1.000	0.948	1.000	1.000
18	-15.2012	-77.3505	-19.0219	66.7961	-101.646	-8.48416
	1.000	0.964	1.000	0.994	0.996	1.000
19	.874031	-61.2753	-2.94672	82.8713	-85.5705	7.59105
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20	22.9623	-39.1871	19.1415	104.96	-63.4822	29.6793
	1.000	1.000	1.000	0.958	1.000	1.000
21	-50.747	-112.896	-54.5678	31.2503	-137.192	-44.03
	1.000	0.900	1.000	1.000	0.965	1.000
22	45.7169	-16.4325	41.8961	127.714	-40.7276	52.4339
	1.000	1.000	1.000	0.611	1.000	1.000

Row Mean-	7	8	9	10	11	12
Col Mean						
8	72.2646					
	1.000					
9	218.164	145.9				
	0.014	0.393				
10	100.902	28.6376	-117.262			
	1.000	1.000	0.962			
11	96.6902	24.4256	-121.474	-4.21201		
	0.999	1.000	0.821	1.000		
12	80.5643	8.29965	-137.6	-20.3379	-16.1259	
	1.000	1.000	0.103	1.000	1.000	
13	77.6539	5.38928	-140.511	-23.2483	-19.0363	-2.91037
	1.000	1.000	0.044	1.000	1.000	1.000
14	19.9061	-52.3585	-198.258	-80.9961	-76.7841	-60.6582
	1.000	1.000	0.000	1.000	0.999	0.999
15	63.5564	-8.70818	-154.608	-37.3458	-33.1338	-17.0078
	1.000	1.000	0.077	1.000	1.000	1.000
16	28.9703	-43.2944	-189.194	-71.932	-67.7199	-51.594
	1.000	1.000	0.000	1.000	0.999	0.999
17	136.024	63.7597	-82.1401	35.1221	39.3341	55.4601
	0.818	1.000	0.986	1.000	1.000	1.000
18	107.075	34.8107	-111.089	6.17307	10.3851	26.511
	0.949	1.000	0.237	1.000	1.000	1.000

19	123.15	50.8859	-95.0139	22.2483	26.4603	42.5862
	0.990	1.000	0.997	1.000	1.000	1.000
20	145.239	72.9741	-72.9257	44.3365	48.5485	64.6745
	0.829	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
21	71.5294	-735186	-146.635	-29.3728	-25.1608	-9.03484
	1.000	1.000	0.304	1.000	1.000	1.000
22	167.993	95.7287	-50.1711	67.0911	71.3031	87.4291
	0.434	0.989	1.000	1.000	1.000	0.964

Row Mean-|  
Col Mean |     13     14     15     16     17     18

14	-57.7478					
	0.999					
15	-14.0975	43.6503				
	1.000	1.000				
16	-48.6836	9.06416	-34.5862			
	0.999	1.000	1.000			
17	58.3704	116.118	72.4679	107.054		
	0.999	0.532	0.998	0.340		
18	29.4214	87.1692	43.5188	78.105	-28.949	
	1.000	0.694	1.000	0.305	1.000	
19	45.4966	103.244	59.5941	94.1802	-12.8738	16.0752
	1.000	0.987	1.000	0.988	1.000	1.000
20	67.5849	125.333	81.6823	116.268	9.21442	38.1635
	0.999	0.649	0.998	0.546	1.000	1.000
21	-6.12446	51.6233	7.973	42.5592	-64.4949	-35.5458
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
22	90.3394	148.087	104.437	139.023	31.969	60.918
	0.923	0.128	0.904	0.048	1.000	0.999

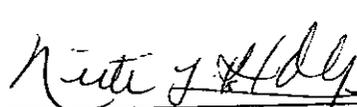
Row Mean-|  
Col Mean |     19     20     21

20	22.0883		
	1.000		
21	-51.6211	-73.7093	
	1.000	1.000	
22	44.8428	22.7546	96.4639
	1.000	1.000	0.983

  
VANIA ZULEMA SOLARES JUAREZ  
AUTORA

  
MSc. ANA CAROLINA MARTINEZ CASTELLANOS DE FIGUEROA  
ASESORA

  
LICDA. SANDRA ROSARIO RECINOS POITEVIN DE VILLAGRAN  
REVISORA

  
MSc. NICTÉ YASMÍN RAMÍREZ RODRÍGUEZ  
REVISORA

MSc. LISSETE MADARIAGA MONROY  
DIRECTORA ESCUELA ESTUDIOS DE POST GRADO

DR. OSCAR MANUEL COBAR PINTO PhD.  
DECANO  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA