

Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ciencias Naturales  
Licenciatura en Nutrición

“Excreción urinaria de yodo y su correlación con el índice de masa corporal y el desarrollo visomotor en niños escolares de los municipios Tolimán, Colón, Pedro Escobedo y El Marqués del Estado de Querétaro”

Tesis Individual

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Licenciado en Nutrición

Presenta:

Vanessa Amaranta Reyes Mendoza

Dirigido por:

Dr. Pablo García Solís

SINODALES

Dr. Pablo García Solís

\_\_\_\_\_  
Presidente Firma

Dra. Margarita de Jesús Teresa García Gasca

\_\_\_\_\_  
Secretario Firma

M. en C. Diana Beatriz Rangel Peniche

\_\_\_\_\_  
Vocal Firma

Dra. Ma. Ludivina Robles Osorio

\_\_\_\_\_  
Suplente Firma

Dr. Juan Carlos Solís Saíenz

\_\_\_\_\_  
Suplente Firma

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Octubre 2011  
México

## Título

“Excreción urinaria de yodo y su correlación con el índice de masa corporal y el desarrollo visomotor en niños escolares de los municipios Tolimán, Colón, Pedro Escobedo y El Marqués del Estado de Querétaro”

## Autora

P.L.N. Vanessa Amaranta Reyes Mendoza

Director: Dr. Pablo García Solís

## RESUMEN

**Introducción:** El yodo es un oligoelemento esencial para la síntesis de hormonas tiroideas. La deficiencia de yodo es la primera causa de retraso mental prevenible en el mundo. Además del retraso mental, la deficiencia en la ingesta de este nutrimento es causa de trastornos como el bocio y el hipotiroidismo, incluso una mínima deficiencia trae consigo puntajes por debajo del promedio en el coeficiente intelectual. Las estrategias para erradicar la deficiencia de yodo es la yodación universal de la sal y la vigilancia periódica del estado nutricional en yodo utilizando como principal indicador la mediana de yoduria. **Objetivos:** Determinar la yoduria y la prevalencia de bocio en niños escolares entre 6 y 12 años de edad que asisten a escuelas primarias públicas en los municipios de Tolimán, Pedro Escobedo, El Marqués y Colón. **Materiales y Métodos:** Se reclutaron 628 escolares de 20 escuelas (5 por municipio y de 30 a 35 niños por escuela). Las escuelas y los niños se eligieron al azar. Se determinaron la mediana de la yoduria y la prevalencia de bocio por medio de ultrasonografía en cada localidad. **Resultados:** La edad promedio de los niños fue de  $9.3 \pm 2$  años con una proporción niña/niño de 321/296. La mediana de la yoduria de las 20 localidades fue de  $347 \mu\text{g/L}$  con un rango de  $1\text{-}1450 \mu\text{g/L}$ . De las 20 localidades, 2 consumieron yodo de manera adecuada, 4 de ellas por arriba de los requerimientos y 14 de manera excesiva. **Conclusiones:** Se encontró un consumo excesivo de yodo en los cuatro municipios, esto puede tener consecuencias para la salud como trastornos de la glándula tiroides.

**Palabra Clave:** Yodo, Escolares, Querétaro.

## SUMMARY

**Introduction:** Iodine is a trace element essential for thyroid hormone synthesis. Iodine deficiency is the leading cause of preventable mental retardation worldwide. In addition to mental retardation, poor intake of this nutrient causes disorders such as goiter and hypothyroidism, even a small deficiency brings below average scores on IQ. Strategies to eradicate iodine deficiency in universal salt iodization and regular monitoring of iodine deficiency is universal salt iodization and regular monitoring of nutritional iodine status as the main indicator using the median urinary iodine. To determinate the prevalence of urinary iodine and goiter in schoolchildren between 6 and 12 years of age attending public elementary schools in the municipalities of Tolimán, Pedro Escobedo, El Marqués and Colón.

**Materials and methods:** We recluted 628 schoolchildren in 20 elementary schools (5 per municipality and 30 to 35 children per school) Schools and children were randomly selected. They determined the median urinary iodine in goiter prevalence by ultrasonography in each locality.

**Results** The average age of children was  $9.3 \pm 2$  years with a ratio girl/boy of 321/296. The median urinary iodine excretion of 20 localities was  $347 \mu\text{g/L}$  with a range of 1-1450  $\mu\text{g/L}$ . Of the 20 towns, 2 have an adequate iodine intake, 4 of them had an iodine intake above the requirements and 14 an excessive intake.

**Conclusions:** We found an excessive iodine intake in the four municipalities; this can have health consequences such as disorders of the thyroid gland.

**Keywords:** Iodine, Schoolchildren, Queretaro.

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Endocrinología y Nutrición del Departamento de Investigación Biomédica de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Los recursos materiales y económicos necesarios para la investigación fueron financiados por el Fondo Mixto del Gobierno del Estado de Querétaro-CONACYT con número clave QRO-2009-C01-117897. Este mismo Fondo apoyó a la autora con una beca para realizar el trabajo de investigación y la tesis.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres, Hilario Reyes Gutiérrez y Martha Mendoza Gómez, que me apoyaron y pusieron en mi camino todas las herramientas necesarias para poder realizarme profesional y personalmente.

A la personita que ha sido mi muleta en toda mi vida, mi hermana María de los Ángeles Reyes que siempre estuvo a mi lado motivándome a seguir adelante.

A Jorge Aparicio Estrada por su cariño y apoyo incondicional.

Y a Dios por cuidarme y poner las oportunidades en mi camino.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Pablo García Solís por su paciencia y apoyo, por compartirme sus conocimientos y permitirme formar parte de este proyecto.

A Ana Cristina García Gaytán, por brindarme su amistad y acompañarme a la recolección de muestras en los diferentes municipios del estado de Querétaro.

A todo el personal del Departamento de Investigación Biomédica por permitirme ser parte de su equipo, y poder aprender de sus conocimientos y experiencia.

## INDICE

I.- INTRODUCCIÓN	11
II.- REVISIÓN DE LA LITERATURA	
1.- Papel del Yodo y las Hormonas Tiroideas en la fisiología Humana	12
1.1 Yodo: fuentes, requerimientos e indicadores	12
1.2 Metabolismo de las Hormonas Tiroideas	14
1.3 Hormonas Tiroideas y sus efectos en el ser Humano	14
1.4 Síntesis y Proceso de las Hormonas Tiroideas	17
1.5 La glándula Tiroides y su regulación por Yodo	17
2.- Enfermedades por deficiencia de Yodo	19
3.- Situación actual de la deficiencia de yodo en México y en el Mundo	21
4.- Descripción Geográfica y Socio- económica.	24
4.1.- Colon	24
4.2.- Pedro Escobedo	26
4.3.- El Marqués	28
4.4.- Tolimán	30
III.- OJETIVOS	32
Objetivo General	
Objetivo Específico	32
IV.- MATERIALES Y MÉTODOS	32
Diseño del estudio	32
1.- Registro de datos, personales, variables antropométricas y sociodemográficas.	34
2.- Determinación de Yodo en Orina	34
3.- Detección de Bocio	34
4.- Determinación Cuantitativa de Yodo en sal	37
5.- Determinación Cualitativa de Yodo en Sal	37
6.- Prevalencia de Sobrepeso, obesidad y talla baja	37
7.- Evaluación de Madurez Visomotora	38
8.- Consideraciones éticas	39
8.- Análisis estadístico de los Datos	39

V.- RESULTADOS	40
Descripción de la Población	40
1.- Excreción Urinaria de Yodo	40
2.- Prevalencia de Bocio	41
3.- Contenido de Yodo en Sal de Mesa	43
4.- Evaluación del estado Nutricio	44
5.- Prevalencia de Talla Baja	45
6.- Madurez visomotora	47
7.- Correlaciones	49
VI.- DISCUSIÓN	52
VII.- CONCLUSIONES	54
VIII.- LITERATURA CITADA	56

## INDICE DE TABLAS

1.- Alimentos que contienen Yodo	12
2.- Ingesta diaria Recomendada de yodo por edad	13
3.- Criterios para evaluar el Estado Nutricio en Yodo	13
4.- Principales efectos de las hormonas tiroideas en el humano	16
5.- Enfermedades por deficiencia de yodo	19
6.- Deficiencia de yodo a nivel mundial	22
7.- Datos de yoduria en México	23
8.- Criterios de inclusión y exclusión	33
9.- Criterios para evaluar el estado nutricio en Yodo	34
10.- Limites superiores del volumen Tiroideo	36
11.- Descripción de la Población por municipio	40
12.- Consumo de Yodo por Municipio	40
13.- Consumo de Yodo por Localidad	41
14.- Prevalencia de Bocio por municipio	42
15.- Prevalencia de Bocio por Localidad	42
16.- Concentración de Yodo en la sal	43
17.- Análisis Cualitativo de Yodatos	43
18.- Prevalencia de la evaluación del estado nutricio por municipio	45
19.- Prevalencia de sobrepeso y obesidad por localidad	46
20.- Prevalencia de talla baja por municipio	46
21.- Prevalencia de talla Baja por localidad	46
22.- Diferencia entre edad visomotora y edad cronológica	48
23.- Análisis de correlación entre la mediana de yoduria de cada localidad con la prevalencia de bocio, indicadores del estado nutricio y la diferencia de E M-C	50

## INDICE DE FIGURAS

1.- Glándula Tiroides	18
2.- Infraestructura Colón	25
3.- Infraestructura Pedro Escobedo	27
4.- Infraestructura el Marqués	29
5.- Infraestructura Tolimán	31
6.- Edad M-C por municipio	48
7.- Edad M-C por localidad	49
8.- Comparación de la yoduria entre los municipios de la Sierra Gorda Queretana y los municipios correspondientes a este estudio	50
9.- Correlación entre la yoduria y el estado nutricional en general	51
10.- Comparación entre la diferencia entre edad de madurez visomotora y edad cronológica	52

## I.- INTRODUCCIÓN

El yodo es un oligoelemento esencial para la síntesis de hormonas tiroideas. La carencia nutricional de yodo es un problema de salud pública mundial y es la causa más frecuente de daño cerebral (WHO-UNICEF-ICCIDD, 2007)

La carencia de yodo constituye una importante amenaza para la salud y el desarrollo de las poblaciones en todo el mundo, especialmente en edad preescolar niños y mujeres embarazadas. Cuando necesidades de yodo no se cumplen, la síntesis de hormonas tiroideas se reduce, lo que resulta en una serie de alteraciones funcionales y del desarrollo llamadas colectivamente enfermedades por deficiencia de yodo (EDY). Las EDY incluyen al bocio, la muerte fetal, el aborto involuntario, el hipotiroidismo, el retraso mental y los trastornos neurológicos como resultado de daño cerebral. Aunque el cretinismo es la manifestación más extrema, existen grados más sutiles que conducen a malos resultados escolares, la reducción la capacidad intelectual y pobre capacidad laboral (Anderson et al., 2005).

La importancia de erradicar las EDY ha sido reconocida a nivel internacional, es por eso que organismos como el Consejo Internacional para el Control de Enfermedades por Deficiencia de Yodo (ICCIDD) el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), recomiendan a los países llevar a cabo dos estrategias: la yodación universal de la sal (YUS) y la vigilancia epidemiológica estricta del estado nutricional del yodo. La OMS recomienda que en las encuestas de la deficiencia de yodo, se examinen a los niños de edad escolar (6 -12 años) (WHO-UNICEF-ICCIDD, 2007).

La vigilancia epidemiológica debe llevarse a cabo cada tres años a través de dos indicadores: principalmente a través de la mediana de yoduria de una población y el tamaño de la glándula tiroides. La primera de estas, ha sido reconocida como el mejor indicador del estado nutricional en yodo, ya que a partir de esta se puede saber cuál es el consumo de este en una población.

## II.- REVISION DE LA LITERATURA

### 1. Papel de yodo y las hormonas tiroideas en la fisiología humana.

#### 1.1. Yodo: fuentes, requerimientos e indicadores.

El yodo (I) es un halógeno descubierto por Courtois en el año de 1811, su nombre significa “violeta” debido al color de los vapores que expide este elemento al calentarse (Carrasco, 2005). El yodo es el elemento más pesado que forma parte de los seres vivos y es indispensable en la síntesis de hormonas tiroideas; es escaso y se puede encontrar combinado con materiales orgánicos.

El yodo está presente en los alimentos, en su mayoría en forma de yoduro y en menor medida está unido covalentemente a aminoácidos. Los alimentos más ricos en yodo son los que provienen del mar (Navarro y Gil, 2010). En el resto de los alimentos la cantidad de yodo depende principalmente de la composición del suelo y las condiciones de los cultivos que son utilizados como alimentos para los animales y personas. Los alimentos que pueden aportar una fuente de yodo se muestran en la Tabla.1.

**Tabla 1.** Alimentos con contenido de yodo.

ALIMENTO	CONTENIDO DE YODO
Mariscos, pescados y algas marinas	300-3000 µg/Kg
Pescado de agua dulce	20-200 µg/Kg
Leche y huevos	Depende del yodo disponible de la dieta animal
Hortalizas, Frutas y cereales (cultivadas en suelos de bajo contenido de yodo)	Fuentes escasas del oligoelemento

(Datos obtenidos de Navarro y Gil, 2010)

Actualmente el consumo de sal yodada constituye una importante fuente de este micronutriente en la dieta. El yodo también entra en la cadena alimentaria a través de los yodóforos, que son empleados como desinfectantes en el procesamiento de productos lácteos, como agentes colorantes o como acondicionadores de masa para hacer pan en los países donde están permitidos. Los procesos culinarios y tecnológicos de procesado por calor de los alimentos, reducen significativamente su contenido en yodo (Navarro y Gil, 2010).

La ingesta diaria recomendada de yodo, varía de acuerdo al grupo de edad. Estas recomendaciones al cumplirse, previenen las consecuencias de la deficiencia de yodo. En la Tabla 2, se muestra la recomendación de ingesta.

**Tabla 2.** Ingestión diaria recomendada de yodo por edad

Edad	Ingestión Diaria Recomendada
Niños de 0 a 59 meses	90 µg
Niños de 6 a 12 años	120 µg
Adolescentes y Adultos	150 µg
Mujeres Embarazadas y Lactantes	250 µg

WHO-UNICEF-ICCIDD, 2007

La organizaciones internacionales han establecido criterios para evaluar el estado nutricional en yodo a partir de la mediana de yoduria la cual se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Criterios para evaluar el estado nutricional de yodo a partir de la mediana de yoduria.

Mediana de yoduria (µg/L)	Ingesta de yodo	Estado nutricional de yodo
<50	Insuficiente	Deficiencia moderada
<99	Insuficiente	Deficiencia leve
100 – 199	Adecuada	Adecuado
200 – 299	Arriba de los requerimientos	Riesgo bajo de consecuencias adversas a la salud
>300	Excesiva	Riesgo de consecuencias adversas a la salud

WHO-UNICEF-ICCIDD, 2007

## **1.2. Metabolismo de las hormonas Tiroideas.**

El folículo tiroideo es donde tiene lugar la síntesis de hormonas tiroideas a partir de yodo y tiroglobulina. La tiroglobulina es la proteína específica de la tiroides producida por las células foliculares que contiene tirosinas que se van a yodar. . El yodo que se obtiene de la dieta, se absorbe por el intestino y pasa al torrente sanguíneo donde es captado por la glándula tiroides. Existe un aporte endógeno de yodo que procede principalmente de la desyodación periférica de las hormonas tiroideas. El yodo es excretado principalmente por la vía renal (Fuentes, 1999)

Su metabolismo consiste en que un tercio de la  $T_4$  circulante se convierte en  $T_3$  en los humanos adultos y el 45% se convierte en  $T_3$  reversa ( $rT_3$ ). El 13% de la  $T_3$  circulante es secretada por la glándula tiroides y el resto es formado por la desyodación de la  $T_4$ . Tres desyodasas son las que participan en el proceso de la desyodación, y las caracteriza que contienen el aminoácido selenocisteína (Pockock y Richards, 2002). La  $T_4$  es de 3 a 5 veces menos potente que la  $T_3$ , debido a que se une con menor firmeza a las proteínas plasmáticas y con mayor facilidad a los receptores de HT, debido a esto es que la  $T_4$  se desyoda para formar  $T_3$  (Gannog 2004).

## **1.3. Hormonas Tiroideas y sus efectos en el humano.**

Las hormonas tiroideas denominadas tetrayodotironina o tiroxina ( $T_4$ ) y triyodotironina ( $T_3$ ) son moléculas que contienen átomos de yodo en su estructura, estas son almacenadas y sintetizadas en la glándula tiroides, es ahí desde donde son liberadas a la sangre y transportadas por proteínas plasmáticas a los órganos o tejidos donde ejercen su efecto (Shi et al., 2002).

La globulina transportadora de tironinas o TBG, la alfa-globulina, transtirenina (TTR) o prealbúmina, y la albúmina son las principales proteínas transportadoras. La glándula tiroidea libera  $T_4$  en mayor proporción que  $T_3$ , esta última puede ser generada en otros tejidos periféricos, por medio de la acción de las enzimas llamadas desyodasas (Santiesteban et al., 2005).

Las desyodasas remueven los átomos de yodo de la molécula de tironina. Las hormonas tiroideas en especial la  $T_3$ , se unen a receptores nucleares específicos, de lo cual resulta en la promoción o inhibición de la expresión de genes relacionados con el complejo hormonal-receptor. Existen dos genes que codifican para los receptores de hormonas tiroideas:  $TR\alpha$  y  $TR\beta$ , de los cuales existen múltiples isoformas (Santiesteban et al., 2005).

Algunos de los diversos procesos fisiológicos en los que participan las hormonas tiroideas son termorregulación, consumo de oxígeno, síntesis y degradación de grasas, síntesis de glucógeno y utilización de glucosa, formación de vitamina A, contracción muscular, motilidad intestinal, entre otros.

Las acciones de estas hormonas son particularmente relevantes durante la vida fetal, ya que también intervienen en el desarrollo del sistema nervioso, afectando la proliferación, viabilidad, diferenciación, migración, sinaptogénesis y mielinización de las células nerviosas (Lanni et al., 2003).

La glándula tiroidea representa un papel importante durante la gestación para el desarrollo del SNC, para esto, la glándula tiroidea materna trabaja para suplir sus propias necesidades hormonales y las de su hijo. La glándula tiroidea fetal, inicia su función hacia la mitad de la gestación, es por esto que el feto requiere de la síntesis hormonal materna en su totalidad (Lanni et al., 2003).

Al llegar la segunda mitad de la gestación, el feto utiliza las hormonas tiroideas maternas y las propias, logrando así satisfacer todos requerimientos hormonales que necesita en ese momento (Lanni et al., 2003)

Los principales efectos de las hormonas tiroideas en humanos, se muestran a continuación en la Tabla 4.

**Tabla 4** .Principales efectos de hormonas tiroideas en humanos.

<b>FUNCIÓN</b>	<b>EFECTO</b>
Caroliogénesis	Aumento de la Glucólisis y consumo de oxígeno. Síntesis de agentes desacoplantes en la grasa parda (UCP)
Vitaminas	Participación en la síntesis de la vitamina A. Aumenta la demanda de otros componentes de complejo B. Disminución de fosforilación de tiamina
Crecimiento y diferenciación celular	Aumento de crecimiento somático. Maduración del sistema nervioso. Osificación Epifisiaria.
Sistema nervioso central	Esenciales en el desarrollo y maduración Neuronal. Modulan la Velocidad de conducción Excitación y los patrones de conducta.
Carbohidratos	Aumentan la absorción y utilización de Glucosa, glucogenólisis. Degradación de insulina
Corazón	Efecto inotrópico y cronotrópico. Sinergismo con catecolaminas
Lípidos	Aumento de Síntesis, degradación y excreción de colesterol y ácidos biliares. Modifica la respuesta a catecolaminas
Hematopoyesis	Participan en la síntesis de hemoglobina
Proteínas	Anabolismo/Catabolismo
Músculo	Disminuye o inhibe la conversión de creatina a fosfocreatina.
Metabolismo hidroelectrolítico	Aumento en la filtración glomerular y diuresis extracelular de sodio
Hipotálamo/Hipófisis	Regulan la síntesis y secreción de TSH, TRH, GH, FSH, LH Y PRL
Reproducción	Gónada: Necesarias para diferenciación Glándula Mamaria: Esenciales para la diferenciación funcional de primordios alveolares. Forman parte del complejo galactopoyético
Tubo Digestivo	Regulan la velocidad del tránsito intestinal. Aumentan la absorción de vitamina B12 y ácido Fólico.

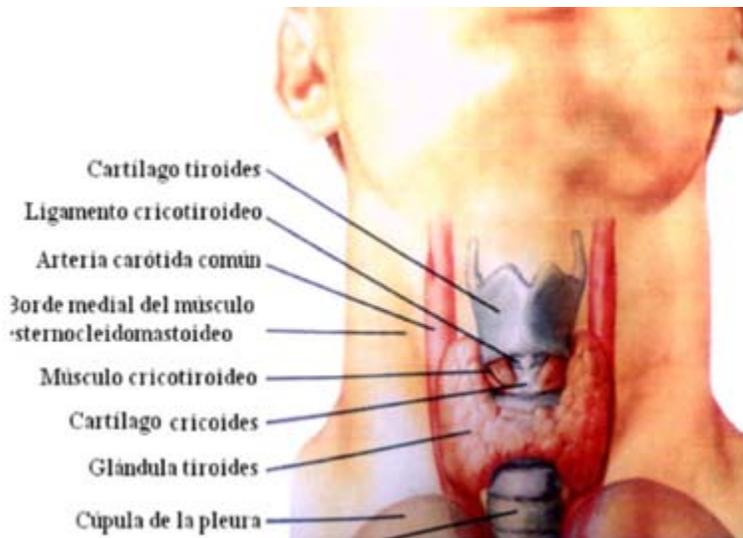
Tomada de Solís-Sáinz et al., 2010.

#### **1.4. Síntesis y proceso de las hormonas tiroideas.**

La síntesis, almacenamiento y secreción de las hormonas tiroideas requiere una serie de pasos altamente regulados y son producidos en las células foliculares. Como primer paso, el yodo en forma de yoduro es captado del torrente sanguíneo hacia el interior de la glándula (este paso es mediado por el transportador de sodio/yoduro (NIS). Posteriormente por medio de la tiroperoxidasa (TPO) el yodo es oxidado a una forma más reactiva para que se una a ciertos residuos de aminoácidos tirosina que están presentes dentro de la tiroglobulina. La tiroglobulina funge como esqueleto para la formación de T4 y T3. La síntesis de la hormona tiroidea depende de la disponibilidad nutricional del yodo y de la regulación predominante de la TSH (Solís-Sáinz, et al., 2010).

#### **1.5. La glándula Tiroides y su Regulación por Yodo.**

La tiroides, es una glándula endocrina, que se encuentra inmediatamente por detrás de la laringe (Fox 2008) comprende dos lóbulos laterales, uno a cada lado de la traquea y un lóbulo central pequeño, denominado istmo, que se caracteriza por tener forma de herradura, este rodea íntimamente a la tráquea por debajo del cartílago tiroides. El lóbulo lateral derecho es más preciso en forma que el lóbulo lateral izquierdo. En menos del 15% de los casos se encuentra un lóbulo piramidal, por delante y encima del cartílago tiroides. En adultos, el peso de la glándula tiroides alcanza los 25 a 30 g (Thews, 1993) (Ver Figura 1).



**Figura 1.** Muestra la representación de la glándula Tiroides. Imagen tomada de: aulavirtual.com.mx.

El proceso de organificación del yodo se inhibe cuando se administran grandes cantidades de este oligoelemento (efecto Wolff-Chaikoff), este efecto es reversible cuando los niveles de yodo disminuyen de 15-28  $\mu\text{g}/\text{dL}$ . Cuando los niveles circulantes de yodo permanecen elevados, la glándula restablece la hormonogénesis después de un tiempo determinado, aproximadamente de 24 a 48 hr., a esto se le conoce como el escape del efecto Wolff-Chaikoff, los mecanismos involucrados en el escape, se encuentran la inhibición en la síntesis mRNA y proteína del NIS, Así como la inhibición del mRNA de la tiroperoxidasa. El efecto de este mecanismo es también conocido como protector, ya que puede prevenir una intoxicación al organismo por el excesivo consumo de yodo (Solís-Sáinz et al, 2010).

## **2. Enfermedades por deficiencia de yodo.**

Las enfermedades por deficiencia de yodo son uno de los mayores problemas de salud en el mundo. Se estima que afecta a 1600 millones de personas ya que un tercio de la población mundial vive en zonas que reportan un déficit en yodo, especialmente en países en vías de desarrollo (WHO, 2004).

La deficiencia de yodo puede tener un impacto de distinta magnitud, ya sea alterando la función de la glándula Tiroides de forma evidente y en gran porcentaje de la población o pasando inadvertida al examen clínico, pero, sosteniendo un impacto negativo sobre el SNC en estado de formación (Méndez et al., 2007).

En la infancia principalmente, la deficiencia de yodo es la causa principal del retraso mental potencialmente prevenible. Esta deficiencia produce hipotiroidismo, bocio, retraso mental, mayor mortalidad neonatal e infantil, cretinismo, abortos y mixedema. (Delange 1994; Beaufriere et al., 2000).

Son tres, los principales indicadores de laboratorio que diagnostican la deficiencia de yodo: 1.- Mayor concentración de TSH en la sangre neonatal y la sangre del cordón, 2.- Mayor concentración de tiroglobulina y menor concentración de yodo en la orina. 3.- La aparición de bocio, aun que es frecuente, no necesariamente se encuentra acompañado de una anomalía en las hormonas tiroideas (bocio eutiroideo).

Una deficiencia tiroidea congénita o muy precoz después del nacimiento, trae como consecuencia el cretinismo, que es un retardo definitivo del desarrollo esquelético y del SNC. Existen varias causas por las cuales se produce la insuficiencia tiroidea congénita: 1. Por trastornos embriológicos de la glándula tiroides (Atireosis congénita, Remanentes tiroideos hipofuncionantes); 2. Cretinismo por falta de yodo en la dieta; 3.-Cretinismo por alteraciones congénitas del metabolismo de la glándula tiroides (Litvak, 1959).

En la Tabla 5 se muestran las enfermedades por deficiencia de yodo de acuerdo a cada grupo de edad.

**Tabla 5.** Enfermedades por deficiencia de yodo

<b>GRUPO DE EDAD</b>	<b>ENFERMEDADES POR DEFICIENCIA DE YODO</b>
<b>Todas las edades</b>	Bocio Hipotiroidismo Aumento de sensibilidad a la radiación nuclear
<b>Fetos</b>	Abortos espontáneos Nacimientos Prematuros Anomalías congénitas Mortalidad Perinatal
<b>Neonatos</b>	Cretinismo Endémico Mortalidad Infantil
<b>Niños y Adolescentes</b>	Retraso Mental Disminución del desarrollo físico Hipertiroidismo inducido por yodo
<b>Adultos</b>	Retraso Mental Hipertiroidismo inducido por yodo

WHO- INICEF- ICCIDD, 2007

### **3. Situación actual de la deficiencia de yodo en México y el mundo.**

Las prevalencia de las EDY ha presentado una disminución significativa desde que se tomo la yodación de la sal para su erradicación. En el panorama Mundial de acuerdo a la OMS y del estudio que realizó en 126 países, informo que en general, un tercio de la población en edad escolar de los niños, tienen una excreción en mediana de yoduria por debajo de los 100  $\mu\text{g/l}$ , esto indica que presentan insuficiencia de yodo y este grupo esta expuesto al riesgo de suficiencia de yodo (Hetzl. b).

Para las 6 regiones que abarca la OMS, la proporción de la población que presentan yodurias por debajo de los 100  $\mu\text{g/l}$  oscila entre el 10% en América, y el 60 % en Europa. Destacando así que la proporción de consumo de sal yodada en los hogares aumento 10% en la década de los 90s y al 66% en el año 2003. El continente Americano tiene el mayor número de hogares que consume sal yodada (90%) y la proporción más baja de su población con una ingesta insuficiente de yodo (Hetzl. b) .

En la Tabla 5 se muestra la proporción de la población, el número de los individuos con ingesta insuficiente de yodo de niños escolares (6 a 12 años) y la población en general de todos los grupos de edad de las regiones de la OMS 2003. Ingesta insuficiente de yodo ( $> 100 \mu\text{g/L}$ ). (Ver Tabla 6) .

**Tabla 6.** Deficiencia de Yodo a Nivel Mundial.

Región OMS	%	Total	%	Total
	Niños Escolares	(Millones)	Población	General
África	42.3	49.5	42.6	260.3
America	10.1	10.0	9.8	75.1
Sureste de Asia	39.9	95.6	39.8	624.0
Europa	59.9	42.2	56.9	435.5
Mediterráneo	55.4	40.2	54.1	228.5
Oeste del Pacífico	26.2	48.0	24.0	365.3
<b>TOTAL</b>	<b>36.5</b>	<b>285.4</b>	<b>35.2</b>	<b>1988.7</b>

WHO, 2004

En México, la adición de yodo en la sal de mesa inició en 1963, existe la norma, NOM-038-SSA2-2002, en la cual se encuentran los lineamientos para que la industria de la sal lleve a cabo adecuadamente esta yodación, esta norma específica que toda sal debe estar yodada con  $30 \pm 10$  ppm de ion yodo y que más del 90% de la población mexicana debe tener acceso a esta sal adecuadamente (Secretaría de Salud, 2003).

En 1999 mediante la Encuesta Nacional de Nutrición (ENN 99) fue evaluada la yoduria en México por el Instituto Nacional de Salud Pública (Rivera et al., 2001). En la ENN 99 se encontró que a nivel nacional la mediana de yoduria fue 235  $\mu\text{g/L}$ , este resultado ubica a México como un país con un consumo de yodo arriba de lo recomendado esto según los criterios establecidos por OMS-UNICEF-ICCIDD. Sin embargo, estudios realizados en regiones pequeñas con antecedentes de deficiencia de yodo encontraron que esta cifra no expresa la realidad de todo el país. En la Tabla 7 se muestran los datos de suficiencia nutricional de yodo en México medidos a través de la yoduria.

**Tabla 7.** Datos de yoduria en México, 1996-2003.

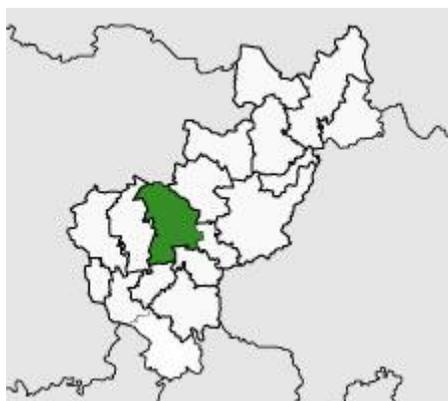
Lugar	N	Mediana yoduria,mcg/L	Año	Autor
Nacional	585	235*	1998-1999	Rivera et al., 2002
Hidalgo (Pachuca, Ixmiquilpan, Huejutla)	Pachuca: 220, Ixmiquilpan: 222, Huejutla: 231	Pachuca: 133, Ixmiquilpan: 145, Huejutla: 93	1996	Martínez-Salgado et al., 2002
Sierra Tarahumara, Chihuahua	100	123	2003	Monárrez-Espino y Greiner, 2004
23 sitios centinela	1,150	176	1998-1999	Pretell et al., 2004
Cuauhtémoc, Colima	303	201	2002-2003	Pineda-Lucatero et al., 2008

\*Mediana de yoduria obtenida a partir del porcentaje de la población con excreción urinaria menor a 100 µg/L. Modificado de García-Gaytán, 2011.

#### **4. Descripción geográfica y socio-económica de los municipios de Colón, Tolimán, Pedro Escobedo y El Marqués.**

##### **4.1. Colón.**

El Municipio de Colón se localiza en la parte Noroeste del estado, entre las coordenadas geográficas 20° 34' y 20° 56' N y 99° 56' y 100° 16' O. Su Cabecera Municipal se ubica a 59 Km de la capital del estado, con una altitud de 1 900 msnm (Gobierno del Estado de Querétaro, 2007).



Con una población de 96.940 habitantes, Colón cuenta con una extensión territorial de 807.1527 kilómetros cuadrados, que corresponden al 6.91% de la superficie total del estado, ocupando el tercer lugar en extensión territorial.

El municipio de Colón se divide en cinco delegaciones donde el 87% de la población total del municipio se concentra en las delegaciones de Colón, Ajuchitlán y Esperanza y el resto se encuentra en el Ejido Patria y Peña Colorada. En Colón se favorece el cultivo de maíz, frijol, cebada, alfalfa y sorgo., Existen 15 establos bovinos destinados a la producción lechera, los cuales favorecen los ingresos al municipio por este concepto. Se desarrollan actividades textiles y artesanías como cerámicas y lapidarias.

Para la construcción, Colón cuenta con fábricas de tabicón, ladrillo, transformación de mármol y materiales impermeabilizantes.

**Figura 2.** Infraestructura con la que cuenta el municipio de Colón en la cabecera Municipal.

<b>Infraestructura Disponible en la Cabecera Municipal</b>		
<b>CULTURA Y ESPARCIMIENTO</b> Casa de la Cultura Biblioteca pública municipal Centros deportivos Centros recreativos	<b>SERVICIOS PÚBLICOS</b> Energía eléctrica Alumbrado público Agua potable Drenaje y alcantarillado Limpia Panteón Rastro Seguridad pública Asistencia social	<b>COMUNICACIONES</b> Carretera Correo Telégrafo Teléfono Telefonía celular Fax Terminal de autobuses
<b>TRANSPORTE</b> Autobuses foráneos Automóviles de alquiler	<b>EDUCACIÓN</b> Preescolar Primaria Secundaria Secundaria técnica Telesecundaria Tele bachillerato Preparatoria CBTA	<b>SALUD</b> I.M.S.S I.S.S.S.T.E Centro de Salud Farmacias
<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA</b> Agricultura Ganadería Fruticultura Industria Comercio Caja de ahorro popular	<b>ATRATIVIVOS</b> Históricos Artísticos monumentales	<b>ATENCION AL VIAJERO</b> Balnearios Restaurantes Fondas Talleres mecánicos

Geografía de Querétaro, Instituto Nacional para la Educación de los Adultos 2007

## 4.2. Pedro Escobedo.

El municipio de Pedro Escobedo se encuentra situado al Suroeste del estado de Querétaro, entre los 20°35' y 20°21' N y los 100°4' y 100°19' E, a una altitud que varía de 1 850 a 1 950 msnm. La Cabecera Municipal se encuentra a 191 Km del Distrito Federal y a 31 Km de la capital del estado (Gobierno del Estado de Querétaro).



Pedro Escobedo cuenta con una población de 48,300 habitantes y una superficie de 290.9 Km<sup>2</sup> equivalente al 2.5 % de la superficie del estado de Querétaro y ocupa el décimo sexto lugar en extensión territorial del Estado. En este municipio se favorece la agricultura donde los principales cultivos son el sorgo para grano y el maíz, le siguen en importancia el trigo, la cebada, la alfalfa, el frijol y en menor cantidad hortalizas como la lechuga, el chile seco, la jícama y la zanahoria. El tipo de ganado importante es el porcino (Gobierno del Estado de Querétaro).

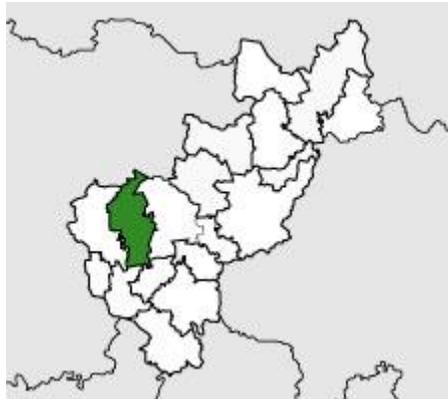
**FIGURA 3.** Infraestructura con la que cuenta Pedro Escobedo en la Cabecera Municipal

<b>PEDRO ESCOBEDO</b>		
<b>Infraestructura Disponible en la Cabecera Municipal</b>		
<b>CULTURA Y ESPARCIMIENTO</b>	<b>SERVICIOS PÚBLICOS</b>	<b>COMUNICACIONES</b>
Casa de la cultura	Energía eléctrica	Carretera
Biblioteca municipal	Alumbrado público	Correo
Centros deportivos	Agua potable	Telégrafo
Centros recreativos	Drenaje y alcantarillado	Teléfono
	Limpia	
	Mercado	
	Panteón	
	Seguridad pública	
	Asistencia social	
<b>TRANSPORTE</b>	<b>EDUCACION</b>	<b>SALUD</b>
Autobuses foráneos	Preescolar	I.M.S.S
Automóviles de alquiler	Primaria	I.S.S.S.T.E
	Secundaria	Centro de salud
	Preparatoria	Farmacias
<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA</b>	<b>ATRACTIVOS</b>	<b>ATENCION AL VIAJERO</b>
Agricultura	Naturales	Fondas
Ganadería	Arqueológicos	
Fruticultura	Históricos	
Explotación forestal	Artísticos y monumentales	
Industria		
Comercio		
Caja de ahorro popular		

Geografía de Querétaro, Instituto nacional para la educación de los adultos 2007

### 4.3. El Marqués.

El municipio del El Marqués se encuentra localizado al Noroeste del estado de Querétaro, entre los 20° 31' y 20° 58' N los 100° 09' y los 100° 24' O. La cabecera municipal es La Cañada, y se ubica a 7 Km de la capital del estado.



El Marqués cuenta con una población de 79, 743 habitantes y una extensión territorial es de 787.4 Km<sup>2</sup>, que representa el 6.7% de la superficie total del estado ocupando el quinto lugar de extensión territorial en el estado (Gobierno del Estado de Querétaro 2011). El Marqués tiene extensos parques industriales en su zona sur, a ambos lados de la Autopista Federal 57 (México-Querétaro).

**Figura 4.** Infraestructura con la que cuenta el Marqués en la cabecera Municipal

<b>Infraestructura Disponible en la Cabecera Municipal</b>		
<b>CULTURA Y ESPARCIMIENTO</b>	<b>SERVICIOS PÚBLICOS</b>	<b>COMUNICACIONES</b>
Casa de la cultura	Energía eléctrica	Carretera
Biblioteca pública municipal	Alumbrado público	Correo
Centros deportivos	Agua potable	Teléfono
	Drenaje y alcantarillado	Telefonía celular
	Limpia	Fax
	Mercado	
	Panteón	
	Seguridad pública	
	Asistencia social	
<b>TRANSPORTE</b>	<b>EDUCACIÓN</b>	<b>SALUD</b>
Autobuses foráneos	Preescolar	Centros de salud y farmacias
Autobuses urbanos	Primaria	
Automóviles de alquiler	Secundaria	
	Preparatoria	
<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA</b>	<b>ATRACTIVOS</b>	<b>ATENCIÓN AL VIAJERO</b>
Agricultura	Naturales	Balnearios
Ganadería	Históricos	Talleres mecánicos
Fruticultura	Artísticos y monumentales	
Industria		
Comercio		

Geografía de Querétaro, Instituto nacional para la educación de los adultos 2007

#### 4.4. Tolimán.

El municipio de Tolimán se encuentra localizado en la parte Centro Oeste del estado de Querétaro, entre las coordenadas 20° 45' y 21° 04' N y entre 99° 47' y 100° 05' O, con altitudes que varían entre 1,350 y 2,740 msnm. La Cabecera está ubicada a 84 km de la capital del estado y a una altitud de 1,560 msnm. El municipio cuenta con una población de 23, 963 habitantes y con una extensión territorial de 724.7 km<sup>2</sup> de un total estatal de 11 449 km<sup>2</sup> que representa el 6% del total del Estado, ocupado el sexto lugar.



En Tolimán se favorece a fruticultura, donde se produce guayaba, aguacate, limón, durazno, piñón y nuez. Su principal ganado se basa en caprino, bovino, ovino, porcino y equino.

La avicultura forma parte de la industria, ya que cuenta con granjas tecnificadas que brindan un aporte económico significativo. (Gobierno del estado de Querétaro).

**FIGURA 5.** Infraestructura con la que cuenta Tolimán en la cabecera municipal.

<b>Infraestructura Disponible en la Cabecera Municipal</b>		
<b>CULTURA Y ESPARCIMIENTO</b>	<b>SERVICIOS PÚBLICOS</b>	<b>COMUNICACIONES</b>
Casa de la cultura	Energía eléctrica	Carretera
Biblioteca pública Municipal	Alumbrado público	Correo
Auditorio municipal	Agua potable	Telégrafo
Centros deportivos	Drenaje y alcantarillado	Teléfono
Centros recreativos	Limpia	
	Mercado	
	Panteón	
	Seguridad pública	
	Asistencia social	
<b>TRANSPORTE</b>	<b>EDUCACION</b>	<b>SALUD</b>
Autobuses foráneos	Preescolar	I.M.S.S.
Automóviles de alquiler	Primaria	I.S.S.S.T.E.
	Secundaria	Centro de salud
	Preparatoria	Farmacias
<b>ACTIVIDAD ECONÓMICA</b>	<b>ATRATIVOS</b>	<b>ATENCION AL VIAJERO</b>
Agricultura	Históricos	Fondas
Ganadería	Artísticos y monumentales	
Fruticultura		
Industria		
Comercio		
Caja de ahorro popular		

Geografía de Querétaro, Instituto nacional para la educación de los adultos 2007

### **III. OBJETIVOS**

#### **Objetivo General.**

Determinar el estado nutricio en yodo en niños escolares de 6 a 12 años de 4 municipios del Estado de Querétaro.

#### **Objetivos específicos.**

- Determinar la excreción urinaria de yodo en niños escolares de los municipios de Tolimán, Pedro Escobedo, Colón y el Marqués del estado de Querétaro.
- Evaluar el estado nutricio a través del IMC.
- Analizar cualitativa y cuantitativamente el contenido de yodo en una submuestra de la sal que consumen los niños en su hogar.
- Evaluar el desarrollo visomotor, a través de el Test Gestált de Bender, y realizar la correlación con la yoduria.

### **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Diseño de Estudio.**

Se trata de un estudio de encuesta poblacional transversal descriptivo en niños escolares entre 6 y 12 años de edad, residentes en los municipios de Tolimán, El Marqués, Pedro Escobedo y Colón.

Los municipios se seleccionaron en base a los siguientes criterios: a) alta prevalencia de desnutrición crónica medida con el indicador de talla para la edad con los datos obtenidos en el Censo Nacional de Talla (DIF-INCMNSZ-INEGI, 2006), b) además que tuvieran datos de referencias históricas de presencia de bocio endémico en niños escolares (Gutiérrez y González, 1997; Maisterrena, 1989). Y c) que cuenten con antecedentes de alta prevalencia de hipotiroidismo congénito (SESEQ, 2008a y b). Tolimán cumplía con los dos primeros criterios y los tres municipios restantes cumplían con el tercer criterio.

De cada municipio se seleccionaron 5 escuelas al azar. Se gestionó en cada escuela, solicitando a los directores la elección aleatoria de 30 a 35 niños, debido a que 30 es el mínimo indispensable para determinar la mediana de yoduria (WHO-UNICEF-ICCIDD, 2007). Finalmente se estudiaron 628 niños, entre 5 y 15 años.

Los criterios de inclusión y exclusión, se presentan a continuación en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Criterios de inclusión y eliminación.

<b>A) Criterios de inclusión</b>
Niñas y niños escolares.
Edad de 5 años cumplidos a 15 años.
Asista a escuelas públicas de educación básica (primaria).
Residente en cualquiera de los siguientes municipios del Estado de Querétaro: Tolimán, Pedro Escobedo, El Marqués, Colón.
<b>B) Criterios de eliminación</b>
Niñas y niños que no presenten consentimiento previo del tutor
Niñas y niños cuya muestra de orina no se haya preservado adecuadamente o haya sufrido daños que puedan alterar los resultados
Niñas y niños cuya hoja de recolección de datos haya sido llenada de forma incompleta y/o con información dudosa.
Niñas y niños de los que no se obtenga el análisis de la glándula tiroides.

## **Registro de Datos Personales, Variables Antropométricas y Socio-Demográficas.**

En los niños se registró el lugar de residencia, la edad, la escuela a la que asiste y se tomaron el peso y la talla conforme a las técnicas estándar (Ávila- Rosas, 2008).

### **Determinación de yodo en orina.**

La yoduria se determinó mediante el método descrito por Pino et al., (1996). Como primer paso, la orina se digirió con persulfato de amonio para eliminar las sustancias que interfieren con el análisis espectrofotométrico. Posteriormente el método se basa en la determinación espectrofotométrica del yodo en la reacción de Sandell-Kolthoff (S-K). La reacción de S-K utiliza como catalizador al yodo para que el arsénico (III) reduzca al sulfato cérico (amarillo) a sulfato ceroso (incolore). La reacción de S-K es una reacción de primer orden con respecto al yodo en condiciones ácidas. Por lo tanto el cambio de coloración que ocurre durante la reacción S-K puede ser usada para determinar la concentración de yodo en un espécimen de orina cuando se compara con una curva patrón de estándares conocidos de yodo. El cambio de coloración se detecta utilizando un espectrofotómetro a una longitud de onda de 420 nm.

Los criterios para evaluar el estado de nutrición de yodo mediante estándares internacionales, se muestran a continuación (Tabla 9).

**Tabla 9.** Criterios para evaluar el estado nutricional de yodo.

Mediana de yoduria (mg/L)	Ingesta de yodo	Estado nutricional de yodo
<50	Insuficiente	Deficiencia moderada
<99	Insuficiente	Deficiencia leve
100 – 199	Adecuada	Adecuado
200 – 299	Arriba de los requerimientos	Riesgo bajo de consecuencias adversas a la salud
>300	Excesiva	Riesgo de consecuencias adversas a la salud

Fuente: OMS-UNICEF-ICCIDD, 2007.

### **Detección de bocio.**

El método de ultrasonografía para la determinación de bocio, es el más recomendado actualmente por OMS-UNICEF-ICCIDD (2007), se caracteriza por ser un método seguro, no invasivo y arroja datos más precisos que la palpación (Vitti et al., 1994). El ultrasonido permite tanto la medición cuantitativa de la glándula y como la comparación del volumen total una referencia internacional (Zimmerman et al., 2004)

Para medir el tamaño de la tiroides se utilizó un ultrasonido portátil Fukuda-Denshi UF 4100 equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz. Para determinar el volumen total de la glándula se consideró la suma de los volúmenes de cada lóbulo sin considerar el istmo. La prevalencia de bocio se definió como el porcentaje de individuos con volumen tiroideo mayor al límite superior del volumen normal de la tiroides según la NORMA Oficial Mexicana NOM-038-SSA2-2002, Para la prevención, tratamiento y control de las enfermedades por deficiencia de yodo. Cabe señalar que la determinación del volumen tiroideo fue realizado por la Lic. en Nut. Ana Cristina García Gaytán.

El escaneo de la tiroides se realizó con los niños en posición supina y se realizó una hiperextensión del cuello con una almohada debajo de este (Zimmerman et al., 2004). La toma del volumen tiroideo se realizó siguiendo la técnica recomendada por Zimmerman et al., 2004 y la WHO- UNICEF-ICCDD, 2007. La descripción puntual de de la técnica se puede consultar en García-Gaytán (2011). Brevemente, para cada lóbulo tiroideo se midieron los diámetros de profundidad (P), ancho (A) y longitudinal (L) de la glándula. Una vez obtenidas las mediciones y para la interpretación de resultados se utiliza la siguiente fórmula para cada lóbulo:  $V \text{ (mL)} = .479 \times P \times A \times L \text{ (cm)}$ ; después se suman los valores de los dos lóbulos para obtener el volumen final de la glándula.

En la NOM-038-SSA2-2002 se encuentra publicada la tabla de referencia, donde se presentan los puntos de corte para el percentil 97 del volumen tiroideo ajustado para la edad (Ver Tabla 10).

**Tabla 10.** Límite Superior del volumen normal de la Tiroides, por ultrasonografía en niños de 6 a 15 años de edad en función a la edad.

Edad	Volumen Tiroideo (mL)	
	Masculino	Femenino
6	5.4	5.0
7	5.7	5.9
8	6.1	6.9
9	6.8	8.0
10	7.8	9.2
11	9.0	10.4
12	10.4	11.7
13	12.0	13.1
14	13.9	14.6
15	16.0	16.1

### **Determinación cuantitativa de yodo en sal.**

A través del método de titulación con tiosulfato de Sodio se realizó la determinación cuantitativa de yodo, extrayendo una submuestra representativa del total de la sal recolectada. Este método consiste que en un medio ácido el yodo es liberado del yodato bajo la influencia de una cantidad de yoduro, el yodo liberado es titulado con una solución de tiosulfato de sodio 0.005 N, adicionando solución indicadora de almidón cerca del punto de equivalencia, cuando el yodo liberado amarillo se va tornando pálido o incoloro (WHO-UNICEF-ICCID, 2007). La reacción general del procedimiento es:



### **Determinación Cualitativa de Yodo en Sal.**

El análisis cualitativo de yodo en sal se realizó mediante un Kit para análisis de yodatos en la sal (Bioteccsa, S.A de C.V, México). Este kit esta compuesto por un acidificante, yoduro de potasio y una solución estabilizada de almidón. Se preparó una solución de 10 g de sal y 20 ml de agua destilada a la que se le agregaron los reactivos del kit en el orden que se indica en el instructivo. Si la solución se torna color amarillo, la muestra se interpreta como positiva en yodatos.

### **Prevalencia de sobrepeso, obesidad y talla baja.**

El estado nutricional de cada niño se evaluó a través del indicador índice de masa corporal (IMC) para la edad según la referencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2007) y se determinó si los niños tenían un estado nutricional adecuado o si existía sobrepeso y obesidad o de bajo peso. El IMC se obtiene dividiendo el peso (Kg) entre la talla elevada al cuadrado ( $\text{m}^2$ ). Por otra parte la talla baja se determino utilizando los valores de referencia de talla para la edad de la OMS

(2007). Un niño de talla baja se considero a que niño que estuviera una talla dos desviaciones estándar por debajo de lo esperado para su edad.

### **Evaluación de madurez visomotora.**

La maduración visomotora de los niños se determinó mediante el Test Gestáltico de Bender. El Test de Bender se basa en la percepción y es una prueba que consiste en pedirle al escolar que copie 9 figuras predeterminadas en un papel en blanco. La tarea consiste primero en la estimulación visual para posteriormente intentar reproducirlo. Entre ambos procesos están integrados sistemas sensoriales complejos tanto aferentes como eferentes, cuando los trazos unos trazos se alejan del modelo original se puede suponer el indicio de un trastorno mental, neurológico o incluso emocional. El test recibe la denominación de visomotor, en cuanto esas son las dos capacidades fundamentales implicadas en su ejecución.

### **Comparación entre los municipios de la Sierra Gorda de Querétaro y los municipios de Colón, Pedro Escobedo, El Marqués y Tolimán.**

Debido a que este trabajo forma parte de un proyecto de investigación más amplio se contó con datos obtenidos de otros cuatro municipios de la Sierra Gorda de Querétaro, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Pinal de Amoles y San Joaquín (García-Gaytán, 2011). Dicho proyecto se intitula, Suficiencia Nutricional de yodo en municipios considerados más vulnerables a la deficiencia de yodo del Estado de Querétaro (Financiado por el Fondo Mixto del Gobierno del Estado de Querétaro-CONACYT clave QRO-2009-C01-117897). Debido a que los datos obtenidos en la Sierra Gorda se obtuvieron siguiendo la misma metodología se hizo una comparación con los resultados obtenidos en los municipios estudiados en este trabajo entre variables que se consideraron relevantes como son la yoduria, la talla baja, el sobrepeso, la obesidad y la madurez visomotora.

## **Consideraciones éticas.**

La participación de los escolares en este estudio fue de manera voluntaria y con el conocimiento previo de sus padres y tutores. A cada padre y/o tutor se les entregó un consentimiento informado el cual explicaba de forma detallada el proceso a realizar con los niños, este documento tenía que estar firmado expresando conformidad antes de comenzar con las pruebas. Este protocolo se apegó a la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y fue aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.

## **Análisis estadístico.**

Se creó una base de datos en el programa Excel (Microsoft Office 2007®) donde se hizo la recopilación y análisis de la información obtenida. Así mismo mediante el Programa Prism® (GraphPad®, La Jolla, CA) se analizaron y graficaron los datos.

La yoduria fue expresada en función de la mediana (local, municipal y global). Para cada uno de los municipios y de manera general, la concentración de yodo en la sal, se expresó en forma de la mediana, el promedio y la desviación estándar. Las prevalencias de bocio, sobrepeso, obesidad, talla baja se expresaron en porcentajes por municipio y localidad. Debido a que los datos obtenidos como la mediana de la yoduria, la prevalencia de bocio, los indicadores del estado nutricional general y la edad visomotora no se distribuyen de forma normal se utilizaron pruebas no paramétricas para su análisis. Dichas pruebas fueron el ANOVA no paramétrico de Kruskal Wallis y la prueba de correlación de Spearman.

## V. RESULTADOS

### Descripción de la población.

Se evaluaron 628 niños que asisten a escuelas primarias públicas de 20 localidades pertenecientes los municipios queretanos de Colón, El Marqués, Tolimán y Pedro Escobedo. En la Tabla 11 se muestra la descripción general de la población estudiada.

**Tabla 11.** Descripción de la población por municipio.

Municipio	N	Relación F/M	Edad (años)
Colón	154	1.20	9.2 $\pm$ 2.0
Pedro Escobedo	161	1.60	9.4 $\pm$ 1.9
El Marqués	164	1.08	9.3 $\pm$ 2.0
Tolimán	149	1.04	9.1 $\pm$ 1.9
Total	628	1.23	9.3 $\pm$ 2.0

F: Femenino; M: Masculino.

### Excreción urinaria de yodo.

El análisis de las muestras de orina arrojó una mediana de la yoduria general (para todos los municipios) de 347  $\mu\text{g/L}$ , lo cuál indica que estos municipios de Querétaro registran un consumo de excesivo de yodo. En la Tabla 12 se observa que 1 de los 5 municipios estudiados presentan esta condición de consumo excesivo de yodo y dos de ellas de muestran un consumo de yodo por arriba de los requerimientos.

**Tabla 12.** Consumo de Yodo por municipio.

Municipio	N	Yoduria( $\mu\text{L}$ ) Mediana (Rango)	Consumo de Yodo
Colón	154	346 (8 – 1450)	Exceso
Pedro Escobedo	161	260 (1-1124)	Arriba de los Requerimientos
El Marqués	164	302 (2-1257)	Exceso
Tolimán	149	531 (2-1213)	Exceso
Total	628	347 (1-1450)	Exceso

Sin embargo, de las 20 localidades estudiadas, se encontró que dos de ellas presentan un consumo adecuado, 4 de ellas consumen yodo por arriba de los requerimientos y el resto presentaron un consumo excesivo de yodo (ver Tabla 13).

**Tabla 13.** Consumo de yodo por localidad según mediana de yoduria.

Localidad	N	Mediana de yoduria, µg/L	Consumo de yodo
<b>Colón</b>			
Los Trigos	32	393.8	Excesivo
Galeras	30	348.9	Ídem
Colón	31	344.0	Ídem
El Mezote	31	342.0	Ídem
El Poleo	30	301.0	Ídem
<b>Pedro Escobedo</b>			
Cabecera	31	334.3	Excesivo
San Fandila	33	331.2	ídem
La Purísima	29	251.8	Arriba de los Requerimientos
Noria Nueva	33	237.9	Arriba de los Requerimientos
San Antonio	33	193.0	Adecuado
<b>El Marqués</b>			
La Piedad	34	513.2	Excesivo
La Cañada	31	506.4	Ídem
Amazcala	33	406.3	Ídem
Las Lajitas	35	219.4	Arriba de los requerimientos
La Laborcilla	31	182.9	Adecuado
<b>Tolimán</b>			
San Pablo	30	701.1	Excesivo
El Granjeo	30	566.5	Ídem
Carrizalillo	29	532.9	Ídem
Gudinos	30	366.1	Ídem
San Antonio	30	281.2	Arriba de los requerimientos

### Prevalencia de bocio.

Se evaluó el tamaño de la glándula tiroides por ultrasonido solo en 611 niños de los 628 reclutados. El 0.7% de los niños presentaron una tiroides con un tamaño por arriba del límite superior de acuerdo a los valores de referencia ajustados para la edad y sugeridos por la Norma-Oficial Mexicana NOM-038-SSA2-2002 (bocio) (ver Tabla 14).

**Tabla 14.**Prevalencia de bocio por municipio.

<b>Municipio</b>	<b>N</b>	<b>Bocio (%)</b>
Colón	149	0.7
Pedro Escobedo	157	0.0
El Marqués	162	0.6
Tolimán	143	2.0
Total	611	0.7

De las 20 localidades estudiadas, únicamente Los Trigos, San Antonio, San Pablo y Amazcala, presentaron casos de bocio, siendo 2 de ellas pertenecientes al Municipio de Tolimán (ver Tabla 15).

**Tabla 15.** Prevalencia De Bocio Por Localidad

	<b>N</b>	<b>Bocio n (%)</b>
<b>Colón</b>		
Cabecera	30	0 (0.0)
Los Trigos	32	1 (3.1)
El Mezote	29	0 (0.0)
Galeras	30	0 (0.0)
El Poleo	28	0 (0.0)
<b>Pedro Escobedo</b>		
Cabecera	33	0 (0.0)
La Purísima	32	0 (0.0)
Noria Nueva	28	0 (0.0)
San Antonio	31	0 (0.0)
San Fandila	33	0 (0.0)
<b>El Marqués</b>		
La Piedad	34	0 (0.0)
La Cañada	31	0 (0.0)
Las Lajitas	33	0 (0.0)
La Laborcilla	34	0 (0.0)
Amazcala	30	1 (3.3)
<b>Tolimán</b>		
Carrizalillo	27	0 (0.0)
El Grangeno	29	0 (0.0)
San Antonio de la Cal	29	1 (3.4)
San Pablo	29	1 (3.4)
Gudinos	29	0 (0.0)

## Contenido de yodo en la sal de mesa.

Se analizó cuantitativamente el contenido de yodo en la sal con la finalidad de determinar el porcentaje de sal que se consume en los hogares que tiene una cantidad adecuada de yodo. Se analizaron un total de 73 muestras, de las cuales el 75.5 % contenía de 20 a 40 ppm de yodo, es decir, esta sal consumida en la mayoría de hogares cumple con lo estipulado en la NOM-038-SSA2-2002; y un 10.8% refiere un bajo contenido de yodo en la sal que no cumple con el contenido mínimo estipulado por la OMS (ver Tabla 16).

**Tabla 16.** Concentración de yodo en la sal: análisis cuantitativo.

Municipio	n	Contenido de yodo (ppm)		
		<15, %	>20-40,%	>40%
Colón	19	26.3	63.2	5.2
Pedro Escobedo	18	11.1	72.2	16.7
El Marqués	18	5.6	83.3	0.0
Tolimán	18	0.0	83.3	5.6
Total	73	10.8	75.5	6.9

Por otra parte se analizaron 365 muestras de sal de forma cualitativa, de las cuales el 94 % resultaron positivas a yodatos y el resto fueron negativas. En la Tabla 17 Se muestran los resultados del análisis cualitativo de yodo en la sal de los cuatro municipios.

**Tabla 17.** Análisis cualitativo de yodatos en sal por municipio.

	Colón, n (%)	Pedro Escobedo, n (%)	El Marqués, n (%)	Tolimán, n (%)	Total, n (%)
Positivas a yodatos	77 (95)	100 (92)	77 (97)	79 (90)	333 (94)
Negativas a yodatos	4 (5)	9 (8)	2 (3)	8, (10)	23 (6)

### Evaluación del estado nutricional.

Se evaluó el estado nutricional general en 628 niños de los cuales el 66.8 % tuvo un IMC normal, 0.95% presentó bajo peso, el 18.5% presentó sobrepeso y el 13.7% sufre de obesidad. En la Tabla 18 se muestra la evaluación del estado nutricional por municipio, así mismo en la Tabla 19 se muestra detalladamente la prevalencia de sobrepeso y obesidad por localidad, siendo San Fandila y el Grangeno las localidades con mayor prevalencia de obesidad.

### Prevalencia de talla baja.

Al evaluar la talla baja, se observó que los municipios de El Marqués y Pedro Escobedo mostraron una prevalencia similar entre ellos de 2.43 y 2.48 % respectivamente, Tolimán fue el municipio que presentó un mayor porcentaje de talla baja, arrojando una prevalencia de 6.04% (Tabla 20). Cabe resaltar que el municipio de Colón, no presentó niños con talla baja. Al evaluar la prevalencia de talla baja por localidad, se puede observar que San Pablo, La Purísima o el Poleo son las que presentan una prevalencia mayor de talla baja, sin embargo las localidades restantes muestran una prevalencia mínima o nula de este indicador (ver Tabla 21).

**Tabla 18.** Prevalencia de la evaluación del estado nutricional por municipio.

	Pedro Escobedo, <i>n</i> (%)	Colón, <i>n</i> (%)	El Marqués, <i>n</i> (%)	Tolimán, <i>n</i> (%)	Total, <i>n</i> (%)
Normal	101 (62.7)	11 (72.1)	106 (65.0)	101 (67.8)	419 (66.8)
Sobrepeso	32 (19.9)	26 (16.9)	34 (20.9)	24 (16.1)	116 (18.5)
Obesidad	26 (16.1)	14 (9.1)	23 (14.1)	23 (15.4)	86 (13.7)
Delgado	2 (1.3)	1 (0.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.5)
Delgado severo	0 (0.0)	2 (1.3)	0 (0.0)	1 (0.7)	3 (0.5)

**Tabla 19.** Prevalencia de sobrepeso y obesidad por localidad.

	Sobrepeso			Obesidad	
	<i>n</i>	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<b>Colón</b>					
Cabecera	31	9	29.0	3	9.7
Los Trigos	32	4	12.5	4	12.5
El Mezote	31	5	16.1	0	0.0
Galeras	30	5	16.7	6	20.0
El Poleo	30	3	10.0	0	0.0
<b>Pedro Escobedo</b>					
Cabecera	33	7	21.2	8	24.2
La Purísima	33	6	18.2	0	0.0
Noria Nueva	29	7	24.1	3	10.3
San Antonio	33	6	18.2	3	9.1
San Fandila	33	6	18.2	12	36.4
<b>El Marqués</b>					
La Piedad	34	8	23.5	7	20.6
La Cañada	30	7	23.3	6	20.0
Las Lajitas	33	7	21.2	6	18.2
La Laborcilla	35	2	5.7	5	14.3
Amazcala	31	7	22.6	2	6.5
<b>Tolimán</b>					
Carrizalillo	29	4	13.8	0	0.0
El Grangeno	30	5	16.6	11	36.6
San Antonio de la Cal	30	4	13.3	6	20.0
San Pablo	30	6	20.0	4	13.3
Gudinos	30	5	16.6	2	6.7

**Tabla 20.** Prevalencia de talla baja por municipio.

	<i>N</i>	Prevalencia (%)
Colón	154	0.0
Pedro Escobedo	161	2.5
El Marqués	164	2.4
Tolimán	149	6.0

**Tabla. 21.** Prevalencia de talla baja por localidad.

Localidad	Talla baja		
	<i>n</i>	<i>n</i>	%
<b>Colón</b>			
Cabecera	31	0	0.0
Los Trigos	32	0	0.0
El Mezote	31	1	3.2
Galeras	30	0	0.0
El Poleo	30	2	6.7
<b>Pedro Escobedo</b>			
Cabecera	33	1	3.0
La Purísima	33	3	9.1
Noria Nueva	29	0	0.0
San Antonio	33	0	0.0
San Fandila	33	0	0.0
<b>El Marqués</b>			
La Piedad	34	0	0.0
La Cañada	31	1	3.2
Las Lajitas	33	1	3.0
La Laborcilla	35	1	2.8
Amazcala	31	1	3.2
<b>Tolimán</b>			
Carrizalillo	29	0	0.0
El Grangeno	30	0	0.0
San Antonio de la Cal	30	3	10
San Pablo	30	5	16.7
Gudinos	30	1	3.3

### **Madurez visomotora.**

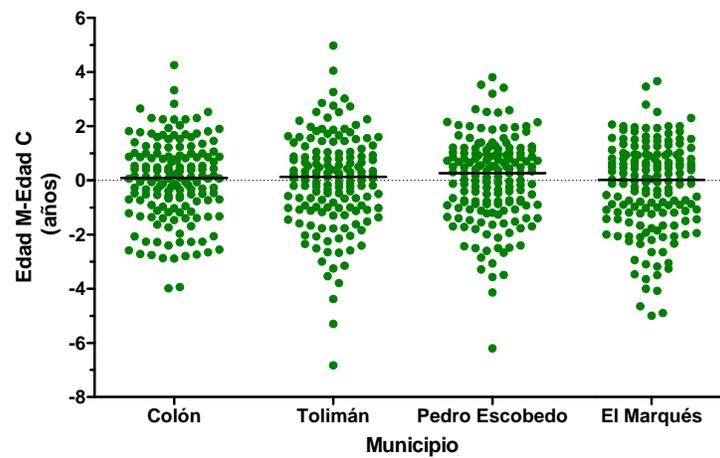
Se evaluaron 628 pruebas visomotoras de Bender y se obtuvo la edad de madurez visomotora (Edad M) de cada escolar. Para comparar el grado de madurez visomotora por municipio a la Edad M se le resta la edad cronológica. En la Tabla 22 se muestra el promedio de la diferencia entre la madurez visomotora y edad cronológica (E M-C). Al comparar los valores de E M-C con una prueba de ANOVA no paramétrica (Kruskal-Wallis) entre municipios no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

**Tabla 22.** Diferencia entre la madurez visomotora y la edad cronológica.

Municipio	<i>n</i>	E M-C* Promedio $\pm$ DE
Colón	154	-0.0126 $\pm$ 1.45
Pedro Escobedo	161	0.0025 $\pm$ 1.57
El Marqués	164	-0.2238 $\pm$ 1.65
Tolimán	149	0.0501 $\pm$ 1.74

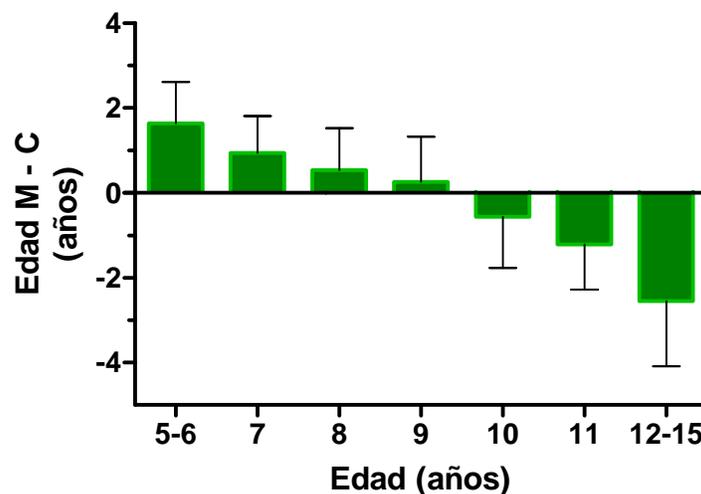
\*E M-C= Edad de madurez visomotora menos la edad cronológica. No se encontraron diferencias significativas entre los municipios por Prueba de ANOVA Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ )

En la Figura 6 se muestra la distribución de los valores de E M- C por municipio.



**Figura 6.** Comparación por municipio de la diferencia de la madurez visomotora menos la edad cronológica (Edad M-C). No se encontraron diferencias significativas entre los municipios por Prueba de ANOVA Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ )

En el análisis de los datos de la E M-C se observó que conforme se avanza la edad cronológica las diferencias con la edad visomotora se van haciendo más notables y negativas. Es decir, que conforme se avanza la edad cronológica los puntajes de madurez visomotora se van reduciendo (ver Figura 7). Esto puede deberse a que la forma de calificar el Test Gestalt de Bender se va haciendo más estricta en los niños más grandes o a que las diferencias en la maduración visomotora son más notables a mayor edad y esto es más evidente por las características propias de la evaluación del Test de Bender. Esta observación por si sola puede tener un impacto importante en el análisis comparación entre los valores E M-C por municipio.



**Figura 7.** Comparación entre diferencia de la madurez visomotora menos la edad cronológica (Edad M-C) por grupo de edad.

### **Análisis de correlación.**

Con los datos de cada localidad se realizó el análisis de correlación de la mediana de la yoduria con los indicadores de IMC, bocio, talla baja, sobrepeso, obesidad, sobrepeso y obesidad y E M-C (n = 20). En la Tabla 23 se muestra que no hubo una relación significativa entre las variables estudiadas ( $p < 0.05$ ).

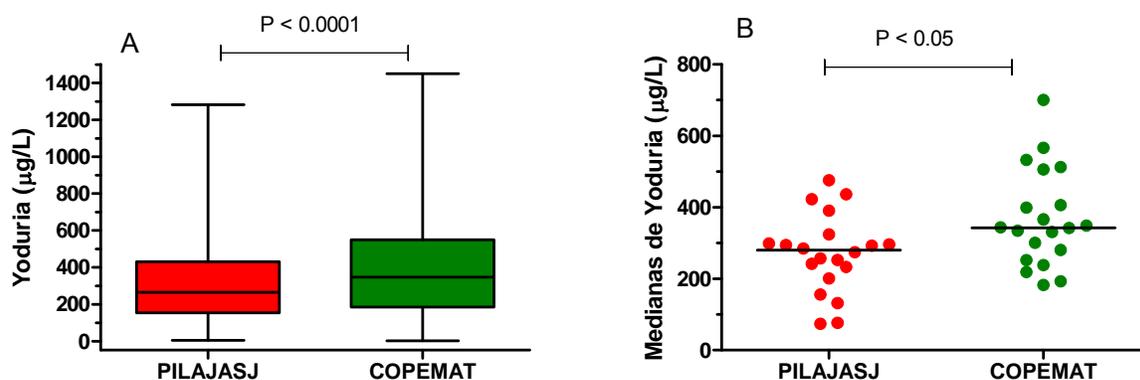
**Tabla 23.** Análisis de correlación entre la mediana de la yoduria de cada localidad con la prevalencia de bocio, indicadores del estado nutricional y la diferencia de E M-C\*.

Variable	n (Municipios)	r de Spearman	p
Bocio	20	0.274	0.242
IMC	20	0.229	0.332
Talla baja	20	- 0.043	0.859
Sobrepeso	20	0.099	0.679
Obesidad	20	0.095	0.691
Sobrepeso y obesidad	20	0.178	0.479
E M-C*	20	0.168	0.479

\*E M-C= Edad de madurez visomotora menos la edad cronológica.

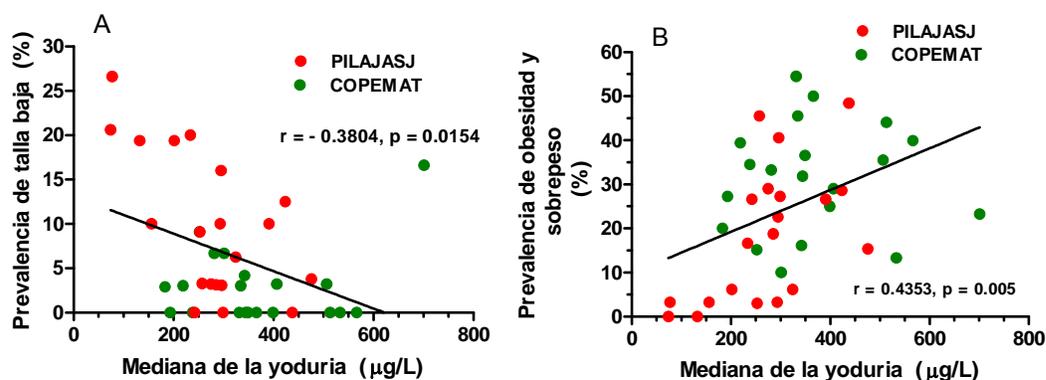
### Comparación entre la Sierra Gorda y los municipios de Colón, El Marqués y Tolimán.

En el trabajo previo realizado por García-Gaytán (2011) utilizando la misma metodología se analizaron las mismas variables en los municipios de Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Pinal de Amoles y San Joaquín. Por considerarlo relevante se realizó una comparación entre dichos municipios con los del presente estudio. Al comparar la yoduria de los municipios de la Sierra Gorda Queretana con la yoduria de los municipios Colón, Pedro Escobedo, El Marqués y Tolimán se encontró que estos últimos tuvieron una yoduria más alta (271 versus 347 µg/L) (Figura 8).



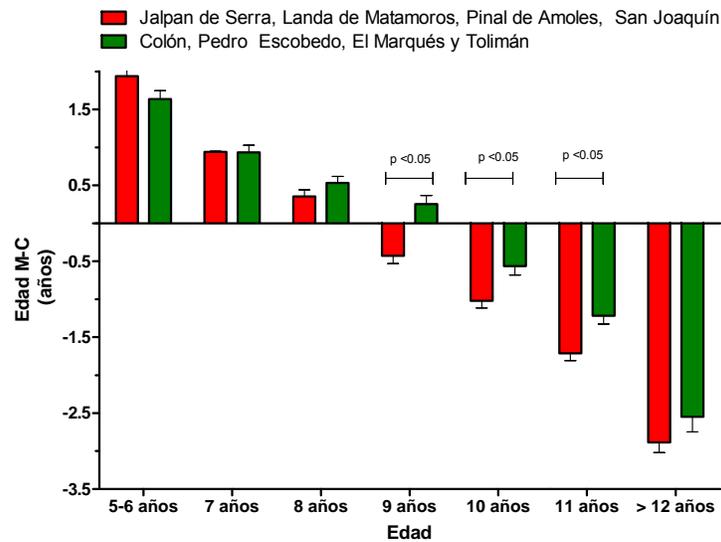
**Figura 8.** Comparación de la yoduria entre de los municipios Pinal de Amoles, Landa de Matamoros, Jalpan y San Joaquín (PILAJASJ, n = 606) con los municipios de Colón, Pedro Escobedo, El Marqués y Tolimán (COPEMAT, n= 628). A. Gráfico de cajas y bigotes (*box and whisker*) donde se muestra la mediana y los valores mínimos y máximos de la yoduria de todos los niños estudiados por grupo de municipios. B. Gráfico de dispersión de puntos (*scatter plot*) donde se muestra la mediana de la yoduria de las 20 localidades analizadas por grupo de municipios. En ambos casos se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Así mismo utilizando los datos de ambos estudios se correlacionó la mediana de la yoduria con la prevalencia de talla baja y con la prevalencia de sobrepeso y obesidad. A diferencia de lo que ocurre con los datos de los municipios de Colón, Pedro Escobedo, El Marqués y Tolimán (Tabla 23) cuando se utilizan todos los datos (8 municipios, 40 localidades) si encontramos una correlación significativa entre las variables analizadas (Figura 8). En la Figura 8A se puede observar que las medianas de yoduria que corresponden a los municipios de la Sierra Gorda (PILAJASJ: rojo) son menores y la prevalencia de talla baja es mayor. Así mismo en la Figura 8B se puede observar que tanto las medianas de yoduria y la prevalencia de sobrepeso y obesidad que corresponden a los municipios de la Sierra Gorda son menores que la de los municipios estudiados en el presente trabajo.



**Figura 9.** Correlación entre la yoduria y los indicadores del estado nutricional general. A. Correlación de la mediana de yoduria con la prevalencia de talla baja y B) la mediana de la yoduria con la prevalencia de sobrepeso y obesidad de los municipios de la Sierra Gorda Queretana, Pinal, Landa, Jalpan y San Joaquín (PILAJASJ) con los municipios de Colón, Pedro Escobedo, El Marqués y Tolimán (COPEMAT). Las correlaciones resultaron significativas cuando se utilizan los datos de las 40 localidades.

Al comparar la Edad M-C de los municipios que corresponden a la Sierra Gorda y los municipios analizados en este estudio, se observa una diferencia significativa en las edades de 9, 10 y 11 años.



**Figura 10.** Comparación de la diferencia entre Edad de madurez visomotora y edad cronológica (E M-C) de los municipios Pinal de Amoles, Landa de Matamoros, Jalpan y San Joaquín (PILAJASJ) con los municipios de Colón, Pedro Escobedo, El Marqués y Tolimán (COPEMAT). Las líneas sobre las barras indican las diferencias significativas

## VI. DISCUSIÓN

La yodación de la sal ha sido la mejor estrategia para erradicar la deficiencia de yodo, ya que los resultados que se han arrojado por este programa muestran una disminución importante de este problema. Sin embargo la falta de un monitoreo no permite tener un panorama de la suficiencia nutricional de yodo en todo el país. La mediana de yoduria que arroja este estudio es de 347 µg/L, de la cual podemos interpretar que hay un consumo excesivo de yodo en la mayoría de las localidades, ya que únicamente 2 de ellas presentaron un consumo adecuado. Aún se desconocen las causas de la yoduria elevada, sin embargo la hipótesis de trabajo que se tiene es que debido a la disponibilidad de los alimentos industrializados ricos en grasas y sal que los escolares consumen. Esto es más evidente cuando se analiza los datos provenientes de las 40 localidades del Estado de Querétaro que se han analizado. No existen suficientes estudios que expliquen claramente las consecuencias del consumo excesivo de yodo pero hay evidencias que avalan que este problema puede originar diferentes enfermedades tiroideas como hipertiroidismo, hipotiroidismo y el bocio inducido por yodo.

Por otra parte, la prevalencia de bocio encontrada fue de 0.7%, y esta nos indica que es mínima en la región estudiada, la meta de la OMS es que debe ser menor al 5%. Aun así es importante implementar la vigilancia epidemiológica recomendada.

En cuanto al análisis de yodo en la sal únicamente el 75% logro tener el contenido adecuado de yodo, el 6.8 % presento exceso y el 10.8 no cumplía con los requerimientos mínimos de yodatos presentes en la sal. Esto nos indica que aun que la mayoría de la sal esta correctamente yodada es importante alcanzar la meta del 90% de los hogares que reciban sal correctamente yodada. Es importante educar a la población para que prefieran la sal industrializada a la artesanal.

El estado nutricional general de la población total se encontró que el 18.5% padece sobrepeso y el 13.7% presentó obesidad. En combinación sobrepeso/obesidad, se reporta un 32.2%, si comparamos los resultados con los obtenidos en este proyecto en los municipios de Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Pinal de Amoles y San Joaquín de la Sierra Gorda Queretana que reporta un 26% de sobrepeso y obesidad (García- Gaytán, 2011), se puede observar que en los municipios estudiados existe un 6% mas de prevalencia de esta enfermedad, esto se puede deber a que son municipios más cercanos a la capital del estado. Estos datos sugieren una fuerte influencia del fácil acceso y disponibilidad de los alimentos industrializados sobre la yoduria y la prevalencia de talla baja, sobrepeso y obesidad.

En cuanto a la madurez visomotora, no se encontraron diferencias significativas entre municipios estudiados en este trabajo. Sin embargo, se observan diferencias notables cuando se comparan los resultados con los municipios de la sierra Gorda donde se observan diferencias significativas a los 9,10 y 11 años. Estas diferencias pueden deberse a diferencias en el nivel socioeconómico y desarrollo de cada municipio. Finalmente, se considera necesario hacer un análisis mas detallado de los datos de la E M-C por grupos de edad.

## **VII. CONCLUSIONES**

El estudio en los Municipios de Colón, El Marqués, Tolimán y Pedro Escobedo, arroja un resultado de consumo global de yodo excesivo, únicamente dos localidades, pertenecientes a Pedro Escobedo y El Marqués son las que presentaron un consumo adecuado de yodo y más de la mitad de las localidades presenta un consumo excesivo de yodo. Por ahora no se tiene una explicación de las causas del exceso de yodo pero parece estar implicado el consumo de alimentos industrializados ricos en energía y sal.

## REFERENCIAS.

- Ávila – Rosas H, Caraveo-Enriquez V, Valdés-Ramos R, Tejero-Barrera E. 2008. Evaluación del estado de nutrición. En: Casanueva E, Kaufer-Horwitz M, Pérez-Lizaur AB, Arroyo P (Eds.) Nutriología Médica 3ª ed. México: Editorial Médica Panamericana.
- Bender L. 1995. Test gestáltico visomotor: usos y aplicaciones clínicas (B.G). México: Editorial Paidós.
- Beaufriere B, Bresson JL, Brind A, Ghisolfi J, Goulet O, Navarro J, et al. 2000. Iodine Nutrition in the infant. Commite on Nutritión of the French Society of Pediatrics. Arch Pediatrics 7, 66-74.
- Chávez A, Muñoz de Chávez M, Roldán JA, López G. 1996. El bocio endémico en México: Prioridades de investigación. Rev Endocrinol Nutr 4: 63-66.
- Carrasco N. 2005. Thyroid iodine synthesis. En: Braverman L y Linger R (Eds). The Thyroid: a fundamental and clinical text. 9ª ed. Filadelfía: Lippincott Williams & Wilkins.
- DIF-INCMNSZ-INEGI. 2006. Cuarto censo nacional de talla 2004. México: DIF-INCMNSZ.
- Dunn JT. 1996. Seven deadly sins in confronting endemic iodine deficiency, and how to avoid them. J Clin Endocrinol Metab. 81, 1332-1335.
- Delange F, Hetzel B. 2006. Chapter 20. The Iodine Deficiency Disorders. Fecha de acceso: Nov 2007, dirección electrónica: <http://www.thyroidmanager.org/Chapter20/index.html>.
- Delange F. 1994. The disorders induced by iodine deficiency. Thyroid. ;4, 107-28.
- FAO. 2003. Perfiles nutricionales por países-México. Roma: FAO.
- Fuentes X. 1999. Bioquímica Clínica. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.
- Fox S. 2008. Fisiología Humana. 10ª ed. México. Ed. Manual Moderno.
- García-Gaytán AC. 2011. Evaluación de la suficiencia de yodo en niños de 6 a 12 años de 4 municipios de la Sierra Gorda Queretana y su relación con

- variables físicas e Intelectuales (Tesis de Licenciatura). Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Gannog W. 2004. Fisiología Medica. 19 ed. México: Ed. Manual Moderno
- Gutiérrez J, González A. 1997. Eliminación del Bocio endémico asociado a deficiencia de yodo en México. Avances y perspectivas. México: Secretaría de Salud.
- Gobierno del Estado de Querétaro. Instituto Nacional para la Educación del Adulto, 2007. Municipios del estado. Querétaro: Gobierno del Estado de Querétaro.
- Hetzel BS. 2002. Eliminating iodine deficiency disorders: the role of the international council in the global partnership. Bull World Health Org 80, 410-2.
- Hetzel BS. 2004a. The nature and magnitude of the iodine deficiency disorders (IDD). En: Hetzel BS, Delenge F, Dunn JT, Ling J, Mannar MV, Pandav C (Eds.), Towards the global elimination of brain damage due to iodine deficiency. (Pp. 1-22). Delhi: Oxford Univ. Press.
- Hetzel BS. 2004b. Apedix I. Iodine Nutrition and programs for its control: Tables from ICCIDD, UNICEF, WHO. En: Hetzel BS, Delenge F, Dunn JT, Ling J, Mannar MV, Pandav C (Eds.), Towards the global elimination of brain damage due to iodine deficiency. (Pp. 1-22). Delhi: Oxford Univ. Press.
- Hetzel BS. 2004c. Reports from the Regions and the Countries by ICCIDD Regional Coordinators (RC). En: Hetzel BS, Delenge F, Dunn JT, Ling J, Mannar MV, Pandav C (Eds.), Towards the global elimination of brain damage due to iodine deficiency. (Pp. 1-22). Delhi: Oxford Univ. Press.
- Lanni A, Moreno M, Lombarda A, Goglia F. 2003. Thyroid hormone and uncoupling proteins. FEBS Let 543:5-10.
- Litvak, J. 1959. Cretinismo. Rev Chil Pediatr. 30:33-39.
- Maisterrena JA. 1989. La ingestión de yodo en la dieta y sus repercusiones en la salud. Serie "Educación, Comunidad y Salud Pública # 4". México: Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán.

- Martínez-Salgado H, Castañeda-Limones R, Lechuga-Martín del Campo D, Ramos-Hernández RI, Orozco-López M, Rivera-Domarco J, Mendoza I, Magos C. 2002. Deficiencia de yodo y otros posibles bociógenos en la persistencia del bocio endémico en México. *Gac Med Mex* 108, 140-156.
- Méndez, Virginia et al. 2007. Pesquisa neonatal de hipotiroidismo congénito: supervisión del déficit de yodo en la provincia de Misiones. *Rev Argent Endocrinol Metab.* 44: 17-24.
- Monárrez-Espino J, Greiner T. 2005. Iodine nutrition among indigenous Tarahumara schoolchildren in Mexico. *Eur J Clin Nutr* 59, 1213-1216.
- Muñoz J, García X. 2004. Fisiología, células, órganos y sistemas. Ed. Fondo de Cultura económica.
- Navarro M, Gil F. 2010. Selenio, manganeso, cromo, molibdeno, yodo y otros oligoelementos minoritarios. En: Gil A (Ed). *Tratado de nutrición.* 2 ed. Tomo 1. Madrid: Ed. Panamericana.
- WHO. 2004. Iodine Status Worldwide. WHO global data base on iodine nutrition.
- WHO, UNICEF, ICCIDD. 2007. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. 3<sup>rd</sup> Edition. Geneva: WHO
- Pineda-Lucatero A, Ávila-Jiménez L, Ramos-Hernández RI, Magos C, Martínez H. 2008. Iodine deficiency and its association with intelligence quotient in schoolchildren from Colima, Mexico. *Pub Health Nutr* 11:690-698.
- Pino S, Fang S-H, Braverman LE. 1996. Ammonium persulfate: a safe alternative oxidizing reagent for measuring urinary iodine. *Clin Chem* 42, 239-243.
- Pockock, G. Richards, C. 2002. *Fisiología Humana.* Barcelona: Mason.
- Pretell EA, Delange F, Hostalek U, Corigliano S, Barreda L, Higa A. 2004. Iodine nutrition improves in Latin America. *Thyroid* 14, 590-599.
- Raven J. 1999. *TEST Matrices Progresivas, Escalas Coloreada, General y Avanzada.* México, DF: Editorial Paidós Mexicana SA.
- Rivera J, Shama T, Villalpando S, González T, Hernández B, Sepúlveda J. 2001. Encuesta Nacional de Nutrición, 1999. Estado nutricional de niños y mujeres en México. Cuernavaca, Morelos (México): Instituto Nacional de Salud Pública.

- Santiago-Fernández P, Torres-Barahona R, Muela-Martínez JA, Rojo-Martínez G, García-Fuentes E, Garriga MJ, León AG, Soriguer F. 2004. Intelligence quotient and iodine intake: a cross-sectional study in children. *J Clin Endocrinol Metab* 89, 3851-3857.
- Santisteban P, Bernal J. 2005. Thyroid development and effect on the nervous system. *Endocrine Metab Dis* 6, 217–228.
- Shi Y, Ritchie JWA, Taylor PM. 2002. Complex regulation of thyroid hormone action: multiple opportunities for pharmacological intervention. *Pharmacol Ther* 94, 235–351.
- Solís-Sáinz JC, García-Solís P, Hernández-Montiel HL, Robles - Osorio ML, Saldaña C, García-Gutiérrez MC, Leo - Amador E, Rodríguez-Méndez AJ, Gallegos-Torres RM. 2010. Regulación de la Hormogéneis Tiroidea. *Rev Med Centro* 3: 41-46.
- Secretaría de Salud. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-038-SSA2-2002. Para la prevención, tratamiento y control de las enfermedades por deficiencia de yodo. *Diario Oficial de la Federación*, 18 de septiembre.
- SESEQ (Secretaria de Salud del Estado de Querétaro). 2008a. Servicios de Salud Estado de Querétaro. Atención a la salud de la infancia y la adolescencia. Disponible en: <http://www.sesa-qro.gob.mx/ss/>. Fecha de consulta: noviembre 2008.
- SESEQ. 2008b. Servicios de Salud Estado de Querétaro. Indicadores demográficos 2000-2007. Disponible en: <http://www.sesa-qro.gob.mx>. Fecha de consulta: noviembre 2008.
- Solís-S JC, Valverde-R C. 2006. Hipotiroidismo Neonatal: fisiopatogénia, aspectos moleculares, metabólicos y clínicos. *Rev Invest Clin* 58, 318-34.
- Thews G. 198. *Anatomía, fisiología y fisiopatología del hombre*. Barcelona: Reverté.
- USEBEQ (Unidad de Servicios para la Educación Básica en el Estado de Querétaro). 2008. Directorio de escuelas en el estado ciclo escolar 2008-2009. Subcoordinación de Gestión Administrativa. Dirección de Planeación

- Educativa. Departamento de Estadística. Disponible en: <http://www.usebeq.sep.gob.mx/>. Fecha de consulta: Mayo 2009.
- Valverde C, Orozco A, Becerra A, Jeziorski MC, Villalobos P, Solís JC. 2004. Halometabolites and cellular dehalogenase systems: an evolutionary perspective. *Int Rev Cytol* 234:143-99.
- Vásquez-Garibay EM, Romero-Velarde E, Nápoles-Rodríguez F, Nño-Cosío ME, Trujillo-Contreras F, Sánchez-Mercado O. 2002. Prevalencia de deficiencia de hierro y yodo, y parasitosis en niños de Arandas, Jalisco, México. *Salud Pub Mex* 44, 195-200.
- Vela-Amieva M, Hernández-Osorio C, Gamboa-Cardiel S, González-Contreras CR, Pérez-Andrade ME. 2003. Hipertirotropinemia en recién nacidos mexicanos. *Salud Pub Mex* 45, 269-275.
- Vela-Amieva MC, Gamboa-Cardiel S, Pérez-Andrade ME, Ortiz-Cortés J, González-Contreras CR, Ortega-Velázquez V. 2004. Epidemiología del hipotiroidismo congénito en México. *Salud Pub Mex* 46, 141-8.
- WHO-UNICEF-ICCIDD. 2007. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. 3rd Edition. Geneva: WHO.
- WHO. 2007. The WHO Growth Child Standards.: Growth Reference Standards for 5-19 years. Geneva. WHO. Disponible en: <http://www.who.int/growthref/en/> Fecha de consulta: noviembre de 2010.
- Zimmermann M, Hess SY, Molinar L, de Beboist B, Delange F, Braverman LE, Fujieda K, Ito Y, Moosa K, Pearce E, Pretell E, Shisshiba Y. 2004. New reference values for thyroid volume by ultrasound in iodine-sufficient schoolchildren: a World Health Organization/Nutrition for Health and Development Iodide Deficiency Study Group Report. *Am J Clin Nutr* 79: 231-237.
- Zimmermann M. 2007. The adverse effects of Mild-to-moderate iodine deficiency during pregnancy and childhood: A review. *Thyroid* 17, 829-835.