



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

---

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

ÁREA ACADÉMICA DE NUTRICIÓN

**FACTORES CONDICIONANTES DE LA  
DEFICIENCIA DE YODO EN NIÑOS MENORES  
DE 5 AÑOS DEL ESTADO DE HIDALGO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN NUTRICIÓN

**P R E S E N T A**

ISABELA SILVA MALDONADO

DIRECTOR: M. EN C. MARCOS GALVÁN GARCÍA

CODIRECTORA: M. EN C. GUADALUPE LÓPEZ RODRÍGUEZ

PACHUCA HIDALGO, DICIEMBRE 2005





**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo**  
**Instituto de Ciencias de la Salud**  
**Área Académica de Nutrición**



De acuerdo con el artículo 134 del Reglamento Control Escolar vigente, el jurado de examen recepcional designado, autoriza para su impresión la tesis titulada

**“Factores Condicionantes de la Deficiencia de Yodo en Niños menores de 5 Años del Estado de Hidalgo”**

Que para obtener el título de Licenciado en Nutrición sustenta la pasante

**C. Isabela Silva Maldonado**

Pachuca de Soto Hidalgo a 11 de octubre del año 2005

**Atentamente**

**“Amor, Orden y Progreso”**

Presidente del Jurado	MNH. Amanda Peña Irecta	
Secretario de Jurado	Dr. Ernesto Alanís García	
1er. Vocal del Jurado	MSP. Javier Villanueva Sánchez	
2do. Vocal del Jurado	M en C Guadalupe López Rodríguez	
3er. Vocal del Jurado	M en C. Marcos Galván García	

c.c.p. Dr. Humberto Veras Godoy, Director del IC Sa.  
c.c.p. Interesado  
c.c.p Archivo

## **RECONOCIMIENTO**

*A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, que transmite y crea conocimientos para la formación de profesionales dispuestos a servir a la sociedad. Siempre recordando y llevando como estandarte el lema de nuestra Casa de Estudios: “**Amor Orden y Progreso**”, “**Amor** como principio, **Orden** como base y **Progreso** como meta”.*

*Al proyecto “Encuesta Estatal de Nutrición, Hidalgo 2003” (ENNH-2003) que depende del Consejo Estatal de Alimentación y Nutrición, por haber sido el origen de la presente investigación*

*Al Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y a la Comisión Nacional del Agua (CNA), quienes oportunamente proporcionaron información para la realización de la presente Tesis.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi Director de Tesis, Maestro Marcos Galván García, sabiendo que no existirá una forma de agradecer su confianza y apoyo a cada instante para mi formación personal y académica, por su guía en la realización de la presente investigación.*

*A mi Codirectora de Tesis, la Maestra Guadalupe López Rodríguez, por su asesoría, apoyo y enseñanzas, por adentrarme al maravilloso mundo de la investigación.*

*Especialmente al Maestro Javier Villanueva Sánchez por ser parte de mi formación profesional y su gran apoyo.*

*A los que han participado en mi formación profesional, a todos y cada uno de mis Maestros, quienes han entregado su tiempo y su corazón, quienes son mi ejemplo y me han guiado para el conocimiento y el desempeño de mi profesión.*

## **DEDICATORIAS**

*A los que no se encuentran, los que han sido base sólida de mi educación, por su existencia, mis abuelos, Marcos Maldonado Montalvo, Maria Teresa Martínez Romero y Daniel Silva Velásquez.*

*A mis padres, Maria Dolores y Daniel Jaime por la vida, por la lucha incansable de lo logrado por su amor; a ella por guiarme y ser el soporte y muestra de la perseverancia de cada día; a él por conducirme y apoyarme incondicionalmente siendo el proveedor de mi estabilidad emocional.*

*A mi hermana gemela Paola quien ha sido mi mas grande apoyo y muestra del amor y la grandeza de Dios; a ella por recorrer junto a mi el camino del crecimiento humano y la que ha estado a mi lado en cada instante.*

*A mis hermanos, al mayor de ellos, Gerardo, quién ha sido mi más grande ejemplo a seguir para ser una mejor persona. A Marcos Daniel quien me ha acompañado y compartido la lucha de cada día, a él por ser mi protector.*

*A mi abuela Leonides Ramos Hernández  
por trascender en mí el cariño  
incondicional y la ayuda a los demás.*

*A mi "Tía Maty", María Gabriela Martínez  
Romero por ser muestra de la valentía y el  
amor por uno mismo.*

*A mi tía "Mere" la Sra. Hermenegilda  
Maldonado Ramos, por ser el soporte  
moral en los momentos difíciles y en las  
grandes alegrías.*

*A mis amigas Andrea de Jesús Cerón  
Herrera y Lorena Alicia Vázquez Montaña  
por compartir estos hermosos años de  
formación profesional y estar a mi lado  
cada día. A "Andy" por enseñarme el  
respeto de la amistad; a "Lore" por  
enseñarme el valor y la lucha incansable  
por la vida.*

*A todas aquellas personas que me han  
acompañado, las que han tenido  
oportunamente una palabra de aliento, las  
que comparten conmigo este gran logro.*

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	<b>12</b>
I. ANTECEDENTES	
CAPITULO 1. EPIDEMIOLOGÍA DE LA DEFICIENCIA DE YODO	
1.1. Datos históricos de la deficiencia de yodo	<b>13</b>
1.2. La deficiencia de yodo, un problema de salud pública	<b>14</b>
1.2.1. Prevalencia de deficiencia de yodo en México	<b>14</b>
1.2.2. Prevalencia de deficiencia de yodo en el Estado de Hidalgo	<b>17</b>
CAPITULO 2. EL YODO EN LA NUTRICIÓN HUMANA	
2.1. El yodo como mineral esencial y características fisicoquímicas	<b>19</b>
2.2. Ciclo del yodo y acción de las hormonas tiroideas	<b>20</b>
2.3. Requerimientos nutricionales del yodo	<b>23</b>
2.4. Trastornos de la Deficiencia del Yodo (TDY)	<b>25</b>
2.5. Diagnóstico de la deficiencia de yodo	<b>29</b>
2.5.1. Yodo urinario	<b>30</b>
CAPITULO 3. FACTORES QUE DETERMINAN LA DISPONIBILIDAD DE YODO	
3.1 Ambientales y Geográficos	<b>33</b>
3.1.1 Suelo	<b>33</b>
3.3.2 Agua	<b>40</b>
3.3.3 Clima	<b>42</b>
3.3.4 Altitud	<b>44</b>
3.2. El Índice de marginación y disponibilidad de yodo	<b>46</b>

	<b>Pág.</b>
<b>CAPITULO 4. ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE LA DEFICIENCIA DE YODO</b>	
4.1 Programas de acción para la eliminación de la deficiencia de yodo	<b>50</b>
4.1.1. Fortificación de alimentos	<b>51</b>
4.1.1.1. Yodación de sal	<b>52</b>
4.1. 2. Otras Acciones	<b>54</b>
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	<b>56</b>
III. JUSTIFICACIÓN	<b>57</b>
IV. OBJETIVOS	<b>58</b>
V. DISEÑO METODOLÓGICO	<b>59</b>
VI. RESULTADOS	<b>62</b>
VII. DISCUSIÓN	<b>77</b>
VIII. CONCLUSIONES	<b>84</b>
IX. RECOMENDACIÓN	<b>85</b>
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	<b>86</b>
XI. ANEXOS	<b>94</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

No.		Pág.
Cuadro 1	Prevalencia de la deficiencia de yodo en mujeres no embarazadas en México. Medio urbano y rural.	16
Cuadro 2	Prevalencia de bocio en escolares y embarazadas en tres regiones del Estado de Hidalgo.	17
Cuadro 3	Casos diagnosticados de Bocio endémico en Hidalgo.	18
Cuadro 4	Recomendaciones Diarias Admitidas de yodo. WHO, UNICEF e ICCIDD.	24
Cuadro 5	Trastornos por Deficiencia de Yodo en grupos de edad.	26
Cuadro 6	Clasificación, características y manifestaciones del cretinismo endémico.	28
Cuadro 7	Criterio epidemiológico para evaluar el estado de yodo en orina.	31
Cuadro 8	Gravedad, características e importancia de los TDY en salud pública.	32
Cuadro 9	Suelos dominantes en el Estado de Hidalgo.	36
Cuadro 10	Descripción de las subunidades del suelo en el Estado de Hidalgo.	39
Cuadro 11	Clasificación del clima por temperatura y humedad.	43
Cuadro 12	Tipos de clima en el Estado de Hidalgo.	44
Cuadro 13	Estratificación del índice de marginación por localidad. CONAPO, 2000.	49
Cuadro 14	Operacionalización de variables.	61

## ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ANEXOS DE RESULTADOS

<b>No.</b>		<b>Pág.</b>
Figura 1	Mediana de yoduria de los municipios del Estado de Hidalgo.	<b>66</b>
Figura 2	Altitud promedio de los municipios del Estado de Hidalgo.	<b>67</b>
Figura 3	Clima por humedad de los municipios del Estado de Hidalgo.	<b>68</b>
Figura 4	Clima por temperatura de los municipios del Estado de Hidalgo.	<b>69</b>
Figura 5	Tipos de suelo de los municipios del Estado de Hidalgo.	<b>70</b>
Figura 6	Índice de marginación de los municipios del Estado de Hidalgo.	<b>71</b>
Tabla 1	Descripción de las variables de acuerdo a dos categorías de yoduria de niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo.	<b>72</b>
Tabla 2	Descripción de las variables de acuerdo a tres categorías de yoduria de niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo.	<b>72</b>
Tabla 3	Concentración de yodo en orina de los niños menores de 5 años de acuerdo al clima por temperatura y humedad en el Estado de Hidalgo.	<b>73</b>
Tabla 4	Concentración de yodo en orina de los niños menores de 5 años de acuerdo a fuentes de agua de consumo en el Estado de Hidalgo.	<b>74</b>

No.		Pág.
Tabla 5	Concentración de yodo de los niños menores de 5 años de acuerdo al tipo de suelo del Estado de Hidalgo.	<b>74</b>
Tabla 6	Concentración de yodo en orina de los niños menores de 5 años de acuerdo al pH de suelo en el Estado de Hidalgo.	<b>75</b>
Tabla 7	Concentración de yodo en orina de los niños menores de 5 años de acuerdo las categorías de Altitud.	<b>75</b>
Tabla 8	Correlación entre las variables de yoduria, altitud, índice de marginación, temperatura media anual, pH de suelo y % de materia orgánica de los niños menores de 5 años del estado de Hidalgo.	<b>76</b>
Tabla 9	Correlación entre las variables de acuerdo a dos categorías de índice de marginación de los niños menores de 5 años del estado de Hidalgo.	<b>76</b>
Anexo 1	Descripción de las variables biológicas, geográficas, ambientales y sociodemográfica en los municipios del Estado de Hidalgo.	<b>94</b>
Anexo 2	Distribución de las yodurias en los niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo. Por municipio y localidad.	<b>96</b>

## RESUMEN

El yodo es un mineral esencial para el funcionamiento de la glándula tiroides, la cuál influye en el crecimiento físico y desarrollo mental del ser humano; su deficiencia produce los conocidos Trastornos de Deficiencia de Yodo (TDY), de importancia mundial en la nutrición. La deficiencia de yodo en el Estado de Hidalgo en la actualidad persiste, por lo que el objetivo del presente estudio fue establecer asociación de los factores ambientales, geográficos y socioeconómicos de la deficiencia de yodo en niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo.

Se realizó un estudio transversal analítico, basada en información disponible de fuentes secundarias, a partir de una base primaria de datos originados por la “Encuesta Estatal de Nutrición, Hidalgo 2003”, de la cual se obtuvieron yodurias de 1447 casos, identificados por localidad y municipio. A partir de ello se procedió a la obtención de variables asociadas a la deficiencia de yodo: características de suelo; fuentes de agua; tipos de clima; altitud; e índice de marginación.

La prevalencia de deficiencia de yodo en el estado de Hidalgo fue de 22.9%. Se encontraron diferencias significativas de yoduria ( $p < 0.001$ ) entre tipos de suelo, fuentes de agua, clima por temperatura y humedad, altitud. La correlación entre la yoduria y los variables de estudio fue: altitud  $R = 0.157$  ( $p < 0.01$ ), índice de marginación  $R = -0.223$  ( $p < 0.01$ ), y temperatura media anual  $R = -0.128$  ( $p < 0.01$ ).

Los factores ambientales, geográficos e índice de marginación son útiles para predecir de manera significativa la deficiencia de yodo en la población. Se permitió identificar los municipios del Estado de Hidalgo con mayor riesgo de padecer TDY.

*Palabras Clave:* Deficiencia de yodo, niños menores de 5 años, factores ambientales, índice de marginación, Estado de Hidalgo.

## I. ANTECEDENTES

### CAPITULO 1. EPIDEMIOLOGÍA DE LA DEFICIENCIA DE YODO

Los datos de la deficiencia de yodo en el contexto histórico y geográfico, permiten ubicar este problema como un elemento característico de la transición epidemiológica y nutricional, principalmente de los países en desarrollo, su estudio en el ámbito nacional y en el estado de Hidalgo se aborda a continuación.

#### 1.1. Datos históricos de la deficiencia de yodo

Se reconoce desde hace más de un siglo la importancia del yodo para el mantenimiento de la salud humana. Desde la época de los egipcios ya se describía en el papiro de Ebers el tratamiento y cirugía de bocio, incluso las manifestaciones de la deficiencia de yodo se ven reflejadas en el arte pictórico de antiguas civilizaciones como la hindú y la china, en esta última se conoce la referencia más fiel donde alrededor de 2800 años a. C. se recomendaba el alga marina como remedio para ese mal; en el renacimiento italiano se encuentran pinturas referentes al bocio, hecho que hace pensar sobre la presencia de deficiencia de yodo en Europa (1). Mientras que el bocio y el cretinismo han sido reconocidos muchos años atrás, la relación entre ellos con la deficiencia de yodo fue descubierto en 1813 (2). En 1846 por primera vez Prevost y Maffoni mencionaron la teoría que señala la deficiencia de yodo como responsable del bocio. Alrededor de 1824 en América del Sur hay referencias de exploradores de la Nueva Granada que se sorprendieron al ver indígenas con grandes bocios, gordos y apáticos, de movimientos lentos que pasaban el día dormidos (1,3)

Investigaciones exhaustivas indican que en el México precortesiano, la deficiencia de yodo se manifestaba de manera endémica, prueba de ello son las voces “quechpezahauliztli”, “tozcapuzauualizli”, “júchacua”, “yizgweh yen bzdo”, “pjädiyzi” y “huehuecho” empleados respectivamente por aztecas, tarascos, zapotecos, mazahuas y mayas, para designar este mal. Un argumento que apoya la suposición de la alta frecuencia de bocio en el México indígena, es que actualmente los focos endémicos más importantes del país, tanto por su incidencia, como por sus secuelas degenerativas, se presentan en núcleos indígenas aislados. Los primeros conocimientos que se tienen respecto a la distribución geográfica del bocio endémico en México, y con indicaciones de la importancia en las distintas áreas, datan de 1889. En 1937 el departamento de Salubridad de nuestro país creó la unidad de lucha contra el bocio endémico, nombrada “Sección de Bocio” dentro de la Oficina General de Higiene de la Alimentación (4).

Los hechos históricos sobre la deficiencia de yodo permiten inferir su presencia y permanencia a través del tiempo como un problema de salud.

## **1.2. La deficiencia de yodo, un problema de salud pública**

Los Trastornos por Deficiencia de Yodo (TDY) afectan a varias partes del mundo, provocando retraso en el crecimiento y bajo desarrollo intelectual, los cuales son irreversibles; permaneciendo como problema de salud pública a nivel internacional. La Organización Mundial de Salud ha señalado a África, las Américas, el este del mediterráneo, Europa, sureste de Asia, y el pacífico Occidental, como zonas afectadas, reportando una prevalencia mundial de deficiencia de yodo del 35% (5).

### **1.2.1. Prevalencia de deficiencia de yodo en México**

En 1884 se realizaron los primeros estudios sobre la presencia de bocio y cretinismo en México, señalando a los estados de Guerrero, Hidalgo y Veracruz con la mayor

prevalencia de los TDY (6). En 1937 el Dr. Stacpoole encontró que en 26 municipios del país existía endemia bociosa con mas de cuatro millones de enfermos, de los cuales cuando menos el 20% sufría formas avanzadas con alteraciones histológicas (4).

En los años de 1993 y 1994, se llevó a cabo la Encuesta sobre Deficiencia de Yodo (ENDEYO), con el propósito de conocer la prevalencia de bocio en niños escolares; este estudio consideró las zonas que reportaron casos de bocio y con un difícil acceso en 12 estados del país, que a saber son: Sinaloa, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Nayarit, Veracruz, San Luís Potosí, Colima, Puebla, Tabasco, Morelos, Jalisco y México, encontrándose una prevalencia clínica de 1.8 por ciento en niños menores de 5 años (7). En 1996 el Consejo Internacional de Lucha Contra los Trastornos de la Carencia de Yodo (ICCIDD) encontró en un estudio, que el 35% de la niñez mostraban concentraciones de yodo en la orina menor a 100  $\mu\text{g/L}$ , y que los nacidos entre los años de 1986 y 1990 ( $n=20169$ ) tenían hipotiroidismo (8).

En 1999 la Encuesta Nacional de Nutrición (9), enfatiza la importancia de la asociación de las deficiencias de algunos micronutrientes con la capacidad de aprendizaje y retardo en el crecimiento. Esta encuesta estableció la deficiencia a partir de la concentración de yodo  $<100 \mu\text{g/L}$ , encontrándose que el 0.05% de los niños escolares tenían alguna deficiencia de yodo; en tanto los menores de 5 años no presentaron casos, descartándose así deficiencia de yodo dentro del país. En las mujeres no embarazadas la deficiencia de yodo fue casi indetectable (cuadro 1), apenas el 2% tuvieron excreciones urinarias de yodo inferiores a 50  $\mu\text{g/L}$  la mayoría en localidades rurales; el 7.9% presentan deficiencia menor a 100  $\mu\text{g/L}$  a nivel nacional; en población rural se registró una prevalencia de 7.9%, mientras que en la urbana un 7.4%.

En el año de 1999 la Thyroid Mobil encabezada por la ICCIDD visitó 16 estados del país, obteniendo 1,150 muestras de orina de 2300 niños escolares encontrando una mediana concentración de yodo urinario de 176  $\mu\text{g/L}$ ; detectando que el 4.4% tenía

concentraciones menores a 100 µg/L, el 25% fue mayor a 200 µg/L, la mediana de yodo urinario en los 16 estados fue de 120 µg/L (8).

Cuadro 1. Prevalencia de la deficiencia de yodo en mujeres no embarazadas en México. Medio urbano y rural						
Yoduria µg/L	Nacional		Rural		Urbana	
	%	Frecuencia acumulada %	%	Frecuencia acumulada %	%	Frecuencia acumulada %
< 20	0.2	0.2	0.8	0.8	0	0
20 - 49	1.7	1.9	2.8	3.6	1.3	1.3
50 - 99	6	7.9	5.8	9.4	6.1	7.4
≥100	92	100	91	100	93	100

Fuente: Rivera ID, Shamah LT, Villalpando HS, González CT, Hernández BP, Sepúlveda J. Encuesta Nacional de Nutrición 1999. Estado de Nutrición de niños y Mujeres en México. Cuernavaca, Morelos México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2001

Como se observa, diversas investigaciones señalan que las deficiencias de micronutrientes, en este caso de yodo, continúan siendo importantes problemas de salud pública. Actualmente México se encuentra catalogado por el Consenso sobre los Trastornos por Deficiencia de Yodo en Latinoamérica dentro del Grupo B, calificado como un país donde los TDY persisten en algunas áreas, posiblemente de grado moderado o leve considerando que existe poca preocupación gubernamental sobre la deficiencia de yodo como problema de salud pública y requiere de una evaluación en su situación actual sobre producción y consumo de sal yodada y sobre niveles de yodurias (10).

### 1.2.2. Prevalencia de deficiencia de yodo en el Estado de Hidalgo

En 1940 la epidemia de bocio en la entidad se encontraba en 35% del total de la población, mientras que el porcentaje de epidemia bociosa en escolares era del 37%. En la década de los cincuentas se calculaba que de 335,509 enfermos que había en el estado, 100 mil casos, tenían bocios que solo eran curables por cirugía (4). En el año 2002 se dieron a conocer cifras sobre la prevalencia de bocio en tres partes geográficas del Estado, Huejutla, Ixmiquilpan y Pachuca ubicadas a 140, 1700 y 2400 metros sobre el nivel del mar respectivamente, en una muestra de 631 niños en edad escolar y 300 mujeres embarazadas; la determinación de yodo en orina y el tamaño de tiroides por palpación fueron los indicadores utilizados para evaluar la prevalencia de la deficiencia de yodo, encontrando persistencia de deficiencia de yodo en las tres regiones, tanto en niños escolares como en mujeres embarazadas (cuadro 2) (11). Ratificando la presencia de trastornos por deficiencia de yodo en el estado de Hidalgo.

Cuadro 2. Prevalencia de bocio en escolares y embarazadas en tres regiones del Estado de Hidalgo

Grupo de Estudio	N	Prevalencia por municipio		
		Pachuca	Ixmiquilpan	Huejutla
Niños Escolares	631	8%	9%	14%
Mujeres Embarazadas	100	19%	20%	52%

Fuente: Martínez H, Castañeda R, Lechuga D, Ramos RI, Orozco M, Rivera J, Mendoza I, Magos C. Deficiencia de yodo y otros posibles bociógenos en la persistencia del bocio endémico en México. Gac Med Mex, 2002. 2 (138): 149 - 156.

Por otro lado, en los últimos 5 años las jurisdicciones sanitarias del Estado han diagnosticado casos frecuentes de bocio endémico (cuadro 3); sin embargo, estos datos únicamente se toma como evidencia de la presencia actual de TDY, así como la identificación de zonas donde se presentan estos casos (12).

De acuerdo a lo presentado, es evidente que existen diferencias sobre las prevalencias de deficiencia de yodo en nuestro país, siendo un problema histórico de incidencia endémica en el Estado de Hidalgo.

Cuadro 3. Casos diagnosticados de Bocio endémico en Hidalgo

Jurisdicción Sanitaria	AÑO					Total
	2000	2001	2002	2003	2004	
<i>Actopan</i>	-	-	1	-	-	1
<i>Huejutla</i>	76	6	2	2	2	88
<i>Huichapan</i>	-	1	-	-	-	1
<i>Ixmiquilpan</i>	6	-	-	-	1	7
<i>Metztitlan</i>	-	-	1	-	-	1
<i>Molango</i>	-	3	4	3	2	12
<i>Tepehua</i>	4	-	-	1	-	5
<i>Tula</i>	-	-	1	-	-	1
<i>Zimapán</i>	11	2	4	2	1	20

Fuente: Archivo General de la Subdirección de Control de Enfermedades, Servicios de Salud Hidalgo, 2005.

## CAPITULO 2. EL YODO EN LA NUTRICION HUMANA

Los minerales son esenciales para el desarrollo de diversas funciones del organismo, en este grupo se encuentra el elemento yodo, el cual se relaciona directamente con el funcionamiento de la glándula tiroides.

## 2.1. El yodo como mineral esencial y sus características fisicoquímicas.

El yodo es considerado biológicamente oligoelemento o micromineral, debido a que se encuentra en cantidades pequeñas en los tejidos corporales de tal modo que se manifiesta en funciones específicas esenciales, para la salud y desarrollo animal. Su esencialidad estriba en que el organismo es incapaz de sintetizarlo, por lo que se requiere obtener de forma exógena, participa en rutas metabólicas específicas, especialmente en la síntesis de hormonas tiroideas en la glándula tiroides (13).

La importancia del yodo como elemento esencial en la nutrición humana se relaciona directamente con el desarrollo de las capacidades intelectuales de los individuos, el crecimiento físico y con la presencia de patologías relacionadas con la glándula tiroides.

El yodo es un mineral que fue descubierto en Francia por el químico francés Barnard Courtois en 1811 a partir de su aislamiento en algas marinas; tiempo más tarde, el químico inglés Humphry Davy y el químico francés Gay-Lussac estudiaron por separado esta sustancia identificándola definitivamente como un nuevo elemento. A pesar de ser considerado como un micromineral por sus necesidades nutricias es también definido como un macroelemento debido al tamaño de su molécula con una masa atómica de 126.0904 g/mol; su símbolo químico es "I"; su nombre deriva de la palabra griega *iodes*: morada o violeta ya que al desprenderse o presentarse como gas es de color violeta; con punto de ebullición de 184.4 °C. En su estado sólido es negro y lustroso, con ligero brillo metálico, pertenece al grupo de los halógenos del griego "*halos*": sal; "*gennao*", cuyo significado es "formadores de sales". El yodo siempre se encuentra de unido a otros elementos, por sus características fisicoquímicas le es imposible estar de manera libre, por esta razón tiene diversas interacciones en la naturaleza en donde se mantiene estable; 1) en condiciones ordinarias existe como molécula diatómica y sus moléculas se mantienen unidas en los estados sólido y líquido; 2) es poco electronegativo, es decir, el yodo tiende a

ganar electrones de otras sustancias, sirviendo, por tanto como agente oxidante; 3) siempre se encuentra de manera combinada en la naturaleza y 4) es soluble en agua, fácilmente combinado con otros elementos. Los derivados inorgánicos del yodo pueden agruparse en tres clases de compuestos; aquellos con más elementos electropositivos, es decir, los yoduros; los formados con otros halógenos; y los formados con el oxígeno (14, 15, 16).

## **2.2. Ciclo del yodo y acción de las hormonas tiroideas**

La estructura anatómica que requiere de la utilización de yodo es la glándula tiroides, considerada el órgano mas grande especializado por su función endocrina en el cuerpo humano; está localizada en la porción anterior del cuello que consta de dos lóbulos, montados sobre las caras laterales de la traquea, unidos o conectados por una porción central llamada “istmo”. La glándula está cubierta por una cápsula delgada de tejido conectivo, por debajo de ella existe una cápsula interna delgada, adherida íntimamente a la glándula y que presenta prolongaciones delgadas extendidas a manera de tabiques dividiendo así a la glándula en lóbulos y lobulillos, integrados por las unidades estructurales de ésta, llamados folículos, constan de una capa de epitelio simple que rodea una cavidad llamada coloide. Las células del epitelio folicular son de dos tipos, células principales o foliculares y células parafoliculares; las células foliculares son la unidad estructural de la glándula tiroides. El coloide llena la luz del folículo, es rico en nucleoproteínas y contiene tiroglobulina (Tg) y enzimas. La tiroglobulina es una glucoproteína que contiene varios aminoácidos yodados, dentro de ésta se retienen cantidades de yodo, y en condiciones normales la reserva es equivalente a un día (17, 18).

El yodo en la tiroides cumple su metabolismo a partir del “ciclo del yodo”, iniciando desde la absorción de éste, en forma de yoduros o yodatos por el aparato digestivo, específicamente por el intestino delgado, hacia la sangre, distribuyéndose en líquidos extracelulares al igual que en riñón, secreciones gástricas y mamarias. Los yoduros

son atraídos por las células tiroideas hacia la membrana basal al interior de la célula folicular; a esta acción específica se le denomina proceso de captación de yoduro, en donde se activa la “bomba tiroidea del yodo” mecanismo que requiere de la hidrólisis de ATP y es acoplado a una bomba de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ . Al entrar el yoduro al citosol de las células foliculares se inicia la oxidación de éste obteniéndose una molécula de yodo ( $\text{I}^+$ ) con mayor estado de valencia tomando la forma activada; la reacción de oxidación está originada por acción de una peroxidasa de naturaleza hemoproteica llamada tiroperoxidasa que se encuentra en células foliculares, utilizando como agente oxidante al peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (17, 18, 19).

Ahora bien, de los yoduros obtenidos con alta valencia se acoplan a los grupos tirosilo en unión peptídica con la tiroglobulina, molécula que es liberada a la luz del folículo celular del complejo de golgi por exocitosis, donde se produce la organificación de grupos tirosilos con yoduros de alta valencia, produciendo la formación de monoyodotirosina ( $\text{T}_1$ ) y diyodotirosina ( $\text{T}_2$ ). En el seno de la tiroglobulina se logra un acoplamiento por medio de un proceso oxidativo con participación de la tiroperoxidasa y el oxígeno, uniéndose dos moléculas de  $\text{T}_2$  para formar tetrayodotironina ( $\text{T}_4$ ), mientras que por otro lado puede haber una unión entre una molécula de  $\text{T}_2$  y otra de  $\text{T}_1$  originando formación de triyodotironina ( $\text{T}_3$ ). La  $\text{T}_3$  y la  $\text{T}_4$  permanecen unidas covalentemente a la tiroglobulina y son las hormonas más activas de la glándula tiroidea; ya transformada la tiroglobulina por el acoplamiento, entra a la célula folicular tiroidea por medio de fagocitosis y pinocitosis, posteriormente se fusiona con lisosomas para formar fagolisosomas, con las que varias de sus proteasas ácidas y peptidasas hidrolizan a la tiroglobulina y aminoácidos incluyendo las yodotironinas formadas ( $\text{T}_1$ ,  $\text{T}_2$ ,  $\text{T}_3$  y  $\text{T}_4$ ). La  $\text{T}_3$  y  $\text{T}_4$ , son liberadas de la porción basal celular, por un proceso facilitado hacia el torrente sanguíneo mientras que la  $\text{T}_1$  y  $\text{T}_2$  son convertidas por la enzima desyodasa o desyodinasa en aminoácidos y yodo libre (17, 20).

Por otra parte, las dos hormonas tiroideas principales circulan en el plasma unidas a tres proteínas principales que son la globulina fijadora de la tiroxina, prealbúmina fijadora de la tiroxina y la albúmina. Las hormonas tiroideas son metabolizadas por el hígado y riñón mediante reacciones de desyodación; la tiroxina ( $T_4$ ) es desiodizada a  $T_3$  o a  $rT_3$ , esta última con una mínima actividad biológica. Esta acción se debe a que la  $T_3$  es más activa que la  $T_4$  y se considera como la forma metabólicamente activa. Las hormonas presentes de manera activa se unen a receptores específicos de alta afinidad en las células blanco, de ahí los receptores son: 1) membranal; 2) citoplasmático y 3) mitocondrial. El receptor citoplasmático sirve como sistema de almacenamiento citosólico de las hormonas, para hacerlas disponibles en el citosol al núcleo uniéndose a su receptor específico en donde interaccionan para la síntesis de RNA, aumentando la síntesis metabólica de cientos de proteínas; en el receptor mitocondrial los efectos metabólicos de las hormonas tiroideas se relacionan con actividades mitocondriales. Por lo tanto las funciones específicas de las hormonas tiroideas dependen de la interacción con la mitocondria, el citosol y principalmente el núcleo celular (20, 20, 21).

Las hormonas tiroideas actúan en la mitocondria aumentando el tamaño y el número de estas, incrementando la formación de adenosintrifosfato (ATP) para estimular la producción de energía celular, elevando el consumo de oxígeno y desacoplando la fosforilación oxidativa, estimulando la síntesis de la enzima adenosintrifosfatasa de  $Na^+/K^+$  que participa en dicha bomba, a medida que las células usan más oxígeno para producir ATP, generan más calor y aumentan la temperatura corporal, la cual se conoce como efecto calorígeno de las hormonas tiroideas, de esta forma desempeñan una función importante en el mantenimiento de la temperatura corporal normal (22, 23).

En cuanto a las consideraciones de la función hormonal sobre el núcleo celular de las células blanco, éstas actúan directamente sobre la transcripción de genes, es decir sobre la actividad del RNA induciendo su síntesis, durante el desarrollo, incrementan

la síntesis de proteínas y producen un equilibrio nitrogenado negativo (20, 21). Tal proceso contribuye al aumento del metabolismo basal en un 50% y al incremento en la sensibilidad al calor, característico en el hipertiroidismo; por otra parte la disminución del metabolismo basal en 30% se relaciona con hipotiroidismo (23). Es por ello que las hormonas tiroideas tienen un papel importante en el crecimiento, desarrollo, diferenciación y metabolismo de casi todos los tejidos del organismo.

Las hormonas tiroideas intervienen en diversos procesos que requieren de un laboratorio operativo que regule su excreción, la cual está dada por el hipotálamo, específicamente por su lóbulo anterior llamado adenohipófisis, capaz de segregar estas hormonas que intervienen en el control de las funciones metabólicas (24).

El mecanismo llamado hipotalámico – hipófisis – tiroides, inicia con la secreción de la hormona hipotalámica liberadora de la tirotropina (TRH) por las terminales nerviosas en el hipotálamo y transportada a la adenohipófisis donde produce la síntesis y liberación de hormona estimulante de la tiroides (TSH) o tirotropina, la cual ejerce otros mecanismos, incrementando la secreción de tiroxina y triyodotironina por la glándula tiroides, produciendo el aumento en la proteólisis de la tiroglobulina almacenada en los folículos, con liberación resultante de las hormonas tiroideas hacia la sangre circulante y disminución de la propia sustancia folicular, además aumenta la actividad de la bomba del yodo, acrecentando así la captación de yoduros y por último incrementa la yodación de la tiroxina y el acoplamiento para formar hormonas tiroideas, así mismo aumenta del tamaño y la actividad secretora de las células tiroideas (20, 22, 24).

### **2.3. Requerimientos nutricionales del yodo**

El yodo como oligoelemento se demanda en pequeñas cantidades, a pesar de ello, en algunos casos el consumo de estos no se asegura del todo, provocando ingesta inadecuada, induciendo deficiencias difíciles de identificar a corto plazo pues su

interacción o efectos son básicamente a nivel celular al no ser consumido de manera adecuada o simplemente su consumo esté disminuido, ocasiona carencia o deficiencia estimulando alteraciones; por otra parte, el exceso en el consumo de algunos minerales puede ocasionar transformaciones metabólicas negativas producidas por intoxicación de éstos. Para prevenir y asegurar el consumo de yodo y de los demás minerales, organismos internacionales como la *Food and Nutrition Board (FNB)*, *Institute of Medicine – National Academy of Sciences* han establecido las cantidades de consumo individual de nutrimentos. Desde la década de los cincuenta se han publicado periódicamente recomendaciones dietéticas de nutrimentos, propuestos con base en investigaciones sobre cantidades mínimas de consumo para prevenir carencia y toxicidad de nutrimentos esenciales (25). Las recomendaciones están orientadas sobre grupos de edad y estado fisiológico, avaladas por el Consejo Internacional de Lucha contra los Trastornos de la Carencia de Yodo (ICCIDD) (cuadro 4) (26).

Cuadro 4. Recomendaciones Diarias Admitidas de yodo.  
WHO, UNICEF y ICCIDD

R D A					
Grupo de edad				Estado fisiológico	
Edad					
Meses	µg	Años	µg		µg
0 - 6	110	1 - 8	90	Embarazo	220
7-12	130	9 - 13	120	Lactancia	290
		≥ 14	150		

Fuente: ICCDD, UNICEF, WHO. Assessment of iodine Deficiency Disorders and Monitoring their Elimination. 2001. WHO/NHD/01.1

## 2.4. Trastornos de la Deficiencia del Yodo (TDY)

La deficiencia de yodo es considerada actualmente en el mundo como la principal causa de discapacidad de desarrollo cerebral y deficiencia mental humana (27). En 1983, Hetzel introdujo el término “*Iodine Deficiency Disorders*”, (IDD) (28), traducido como, Trastornos por Deficiencia de Yodo (TDY), esto redefinió y enfatizó que el problema había ido más allá y puso particular atención a los devastadores efectos que la deficiencia de yodo tiene sobre el desarrollo del cerebro. Actualmente se reconocen a los TDY como los efectos de enfermedad de deficiencia en una población provocados por el déficit de yodo, trastornos de amplia aparición resultado de la deficiencia del mineral en la dieta el cual tiene efectos en el desarrollo intelectual y la capacidad física. Las principales causas de la deficiencia de yodo van desde las manifestaciones mas graves como bocio y cretinismo a las formas mas leves como alteraciones mentales y neurológicas sin desencadenar manifestaciones graves, estos son los efectos conocidos colectivamente como un problema extendido a nivel mundial, debido a que los grados mas sutiles de esta deficiencia aparecen en personas aparentemente normales que sufren bajo rendimiento y baja capacidad intelectual, así como la disminución de la capacidad de trabajo (2). La variedad de trastornos y padecimientos de la deficiencia de yodo han sido descritos en los diferentes grupos de edad. (Cuadro 5).

La deficiencia de las hormonas tiroideas afecta a cada tejido corporal, de manera que los síntomas son múltiples. El hipotiroidismo es la causa a corto plazo de la deficiencia, motivo de preocupación para los países en desarrollo debido a que en los niños es la evidencia causal de retardo mental y bajo crecimiento físico, que a su vez disminuye los procesos metabólicos (29).

El retardo mental varía desde el grave, fácil de reconocer, hasta el leve, difícil de diagnosticar. En áreas con alta prevalencia de TDY gran número de niños no alcanzan a desarrollar su potencial intelectual presentando un rendimiento escolar

deficiente y un coeficiente intelectual (CI) bajo, en comparación con grupos similares en áreas sin carencia de yodo. En su etapa adulta, esos niños, no podrán aportar a la sociedad y al desarrollo nacional su capacidad productiva, que habría sido más adecuada, si se hubiera asegurado cantidades adecuadas de yodo (30).

Cuadro 5. Trastornos por Deficiencia de Yodo en grupos de edad

Efectos de la deficiencia de yodo	
Grupo de Edad	Características
Efecto en el Feto	Abortos Nacidos muertos Anormalidades congénitas Cretinismo Neurológico y mixedematoso Defectos Psicomotores Incremento en la mortalidad Neonatal
Efectos en niños y adolescentes	Bocio Hipotiroidismo juvenil Problema mental y desarrollo físico Disminución en el desarrollo escolar
Efectos en el Adulto	Bocio y sus complicaciones Hipotiroidismo Problemas en la función mental
Todas las edades	Bocio Hipotiroidismo Problemas en la función mental

Fuente: WHO/UNICEF/ICCIDD Progress Towards the Elimination of Iodine Deficiency Disorders (IDD). WHO/NHD/99.4. 2000.

El hipotiroidismo puede acompañar a las manifestaciones mas graves de bocio y cretinismo, estas manifestaciones son vistas en lactantes y preescolares originando

una disminución importante del crecimiento y desarrollo con graves consecuencias permanentes que incluyen retardo mental (29).

El Bocio considerado como trastorno grave se manifiesta como cualquier agrandamiento de la glándula tiroides, el cual puede ser común o endémico, el bocio endémico casi siempre se debe a la falta de yodo y, donde se encuentra también se puede esperar la presencia de otros trastornos por carencia de yodo. Cuando el consumo de yodo contenido en los alimentos, está por debajo de 50 µg por día en adultos, la tiroides empieza a compensar el déficit con una hipertrofia (crecimiento celular) lenta a través del tiempo. La falta de yodo dietético hace cada vez más difícil que la tiroides pueda producir suficiente tiroxina, es entonces que la glándula aumenta su tamaño para tratar de compensar y producir más tiroxina; esta reacción compensatoria es un intento de captar más yodo, teniendo éxito parcial (21, 29).

Otra manifestación grave que se presenta en la infancia es el cretinismo, puede tener su antecedente más próximo durante el embarazo de una mujer que curso el período gestacional con deficiencia de yodo y puede llevar al nacimiento a un niño que puede parecer normal al nacer pero luego crece y se desarrolla con lentitud, es de tamaño pequeño, débil mentalmente, lento en el aprendizaje, atrasado en lograr los hábitos del desarrollo normal y presenta sordomudez. A medida que el niño crece puede tener la apariencia típica de un cretino: piel gruesa, características burdas, nariz aplastada, lengua larga y saliente, y estrabismo (2, 31).

Desde 1974 ha quedado definido el cretinismo endémico con variaciones clínicas; en tres características fundamentales (32):

- 1) Epidemiológicas: se asocia con el bocio endémico y deficiencia de yodo grave;
- 2) Clínicas: deficiencia mental, además de:
  - a) un síndrome neurológico predominante, acompañado de alteraciones del habla y la audición, también dificultades al caminar o estar de pie, o bien;
  - b) Hipotiroidismo predominante y crecimiento limitado;

3) Preventivas: el cretinismo endémico desaparece en lugares donde se ha logrado corregir la deficiencia de yodo.

Existen formas clínicas del Cretinismo, identificadas desde 1908 por Mc Carrison (33), cretinismo neurológico y cretinismo mixedematoso (cuadro 6). Es también evidente que la carencia de yodo en los niños dificulta el desarrollo de la potencialidad intelectual, incluso en los que no son cretinos o con retardo mental grave viéndose afectado su rendimiento escolar. Es relevante mencionar que el daño neurológico, el retardo mental y el enanismo, son irreversibles aun con tratamiento (29).

Cuadro 6. Clasificación, características y manifestaciones del cretinismo endémico

Diferencias de las formas clínicas de cretinismo	
Cretinismo neurológico:	Cretinismo mixedematoso
Retardo mental grave, coeficiente intelectual (CI) cercano a 50.	Retardo mental poco severo.
Alteraciones neurológicas: espasticidad, estrabismo y poca coordinación motora	Hipotiroidismo.
Actividad motora deficiente, por lo general con parálisis de miembros inferiores.	Piel seca y gruesa.
Sordera por falla de percepción.	Cabello frágil, escaso y reseco.
Problemas de lenguaje.	Letargo.
Disartria espástica.	Constipación e ictericia neonatal persistentes.
Talla corta.	Crecimiento lento.
Glándula tiroides crecida (bocio).	Maduración sexual retardada.

Fuente: Mc Carrison R. Observations on endemic cretinism in the Chitral and Gilgit valleys. En: Cretinismo endémico. Gómez FM, Álvarez OCA, Bol Med Hosp Infant Mex. 1997 Feb; 54(2):105-109

## 2.5. Diagnóstico de la deficiencia de yodo

El diagnóstico correcto de la deficiencia de yodo ha sido de primordial interés en todos los países reconocidos como zonas de deficiencia, debido a que es causa de los trastornos que aquejan a la población de una manera seria. Sin embargo a través del tiempo se han llevado a cabo mediciones y comparaciones que permitan reconocer las condiciones de la población respecto a esta deficiencia, los indicadores más usuales son: el volumen o tamaño de la tiroides, la evaluación en sangre de tiroglobulina (Tg) y hormona estimulante de la tiroides (TSH) y contenido de yodo en orina (34).

En el caso del volumen o tamaño de tiroides, es el método que permite reconocer las dimensiones estructurales de la glándula debido a que la condición de ésta existe en respuesta a alteraciones en el consumo de yodo y predice la severidad y la duración de la deficiencia; su determinación es por medio de dos técnicas de inspección: 1) palpación y 2) ultrasonografía tiroidea. La palpación se hace mediante un sistema de clasificación estándar, su utilidad principal es clasificar el bocio en grados permitiendo la comparación de las tasas de prevalencia entre diversas regiones; distinguiéndose tres características: a) bocio no visible o palpable, b) masa en el cuello que corresponde a una tiroides agrandada, y c) hipertrofia visible del cuello cuando la tiroides agrandada se siente a la palpación. La ultrasonografía es un método seguro, con una técnica especializada la cual proporciona una medida precisa del volumen tiroideo, muestra imágenes tiroideas logradas a través de un aparato eléctrico portátil de alrededor de 12 a 15 Kg. de peso; es significativa cuando la prevalencia de bocios visibles es pequeña y el monitoreo de programas de control donde los volúmenes tiroideos han disminuido (26, 34).

Por otro lado existen dos marcadores biológicos que permiten reconocer el estado nutricional de los individuos en condiciones específicas del metabolismo de la tiroides, siendo la Tiroglobulina (Tg) y la hormona estimulante de la tiroides (TSH). La

tiroglobulina, es una molécula glucoproteica de miles de aminoácidos, con un peso molecular de alrededor de 660 000 D, contiene cerca de 140 residuos de tirosilo, es la proteína mas abundante en la tiroides, normalmente pequeñas cantidades son secretadas poco a poco desde la tiroides a la circulación. Esta prueba es sensible por el yodo contenido en la Tg, de 0.1 a 1% del peso total de la molécula; la hiperplasia de la tiroides asociada por una adaptación a los TDY se relaciona regularmente con el incremento en los niveles de la tiroglobulina. Las personas con un adecuado consumo de yodo tienen niveles de tiroglobulina en suero de 10 ng/ml a 20 ng/ml; cuando este límite es mayor se puede definir como hipotiroidismo (17, 34). La determinación de TSH es utilizada en el estudio de la tiroides como un sensible marcador por hipotiroidismo e hipertiroidismo; este método se basa en la toma de una muestra de sangre o suero para la determinación de las concentraciones de TSH la cual se coloca en un papel filtro necesario para la técnica; típicamente conocido como tamizaje; un poco de gotas de la sangre por punción del talón u otro sitio es recolectadas sobre un filtro de papel. Un nivel alto de esta hormona indica que la glándula tiroides esta hipofuncional (lenta), cuando esto sucede el organismo produce más hormona estimuladora, para estimular a la glándula a producir la cantidad necesaria (26, 34).

### **2.5.1. Yodo urinario**

La excreción de yodo urinario es considerada como una de las mediciones mas apropiadas para la identificación de prevalencias de deficiencia de yodo debido a que el yodo absorbido en el cuerpo aparece en la orina. Por lo tanto, la excreción de yodo en 24 horas es un buen marcador del reciente consumo dietético de yodo; sin embargo, la excreción urinaria puede variar de un día a otro. No obstante, la medición del yodo urinario, proporciona una adecuada evaluación en la población, siempre y cuando haya un suficiente número de muestras recolectadas; la aceptación de este indicador es muy alto y una única muestra de orina es suficiente y fácil de obtener para llevar a cabo la determinación del contenido de yodo. El yodo

urinario no es difícil de evaluar, pero requiere meticulosa atención, se debe evitar la contaminación del yodo en todas las etapas del procedimiento; en general solo se requiere una pequeña cantidad de orina de 0.5 a 1.0 ml, la cual es colectada en tubos y posteriormente es medido el contenido de yodo en la misma. Las ventajas de monitorear el yodo urinario, estriba en que refleja de manera directa la ingesta de yodo en el 90% de los casos, valorando los excesos y las deficiencias. Los datos son expresados en  $\mu\text{g/L}$ , la medida de yodo urinario (UI) en muestras representativas de la población es el método más conveniente y fiable. El Consejo Internacional de Lucha Contra las Enfermedades Debidas a la Carencia de Yodo (ICCIDD) ha planteado los valores de corte considerados para determinar el estado de yodo en orina, observándose consideraciones sobre el consumo de yodo y las consecuencias de éste en el organismo (cuadro 7) (26, 34, 35).

Cuadro 7. Criterio epidemiológico para evaluar el estado de yodo en orina

Yoduria $\mu\text{g/L}$	Características	
	Consumo de yodo	Estado nutricio del yodo
< 20	Insuficiente	Severa deficiencia de yodo
20–49	Insuficiente	Moderada deficiencia de yodo
50–99	Insuficiente	Leve deficiencia de yodo
100–199	Adecuado	Estado óptimo
200–299	Mas que adecuado	Riesgo de hipertiroidismo, inducido por yodo
$\geq 300$	Excesivo	Riesgo de consecuencias adversas sobre la salud

Fuente ICCDD, UNICEF, WHO. Assessment of iodine Deficiency Disorders and Monitoring their Elimination. 2001.

WHO/NHD/01.1

Los métodos de yodo urinario y volumen tiroideo permiten determinar la prevalencia de deficiencia de yodo en poblaciones estudiadas. La prevalencia nos puede dar un panorama general sobre la gravedad de la deficiencia, la Organización Mundial de la salud (OMS) ha establecido los parámetros (cuadro 8) que permiten determinar esta deficiencia y la necesidad de su corrección (29, 34).

Cuadro 8. Gravedad, características e importancia de los TDY en salud pública

Gravedad	Característica clínica*			Prevalencia bocio típico	Yoduria promedio ( $\mu\text{g/L}$ )	Necesidad de corrección
	Bocio	Hipotiroidismo	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)	+++	+++	++	> ó =30	<20	Crítica

\* 0 = ausente; += leve / menos grave; ++=moderada / grave; +++ = mas grave.

Fuente: OMS. Indicators for Assesing iodine deficiency Disorders and their control through salt iodization. En: Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo. Lathem MC, FAO. 2002.

### CAPITULO 3. FACTORES QUE DETERMINAN LA DISPONIBILIDAD DE YODO

Las deficiencias de micronutrientes en la población, frecuentemente se encuentran asociadas a factores externos debido a la baja o nula capacidad de síntesis de estos elementos por el organismo, de ahí la importancia de conocer la influencia de tipo de suelo, tipo de clima, temperatura ambiente, altitud e índice de marginación sobre la presencia de Trastornos por Deficiencia de Yodo.

### 3.1 Ambientales y Geográficos

Distintas investigaciones sobre la deficiencia de yodo han mencionado como factores etiológicos y determinantes de la deficiencia de yodo a agentes ambientales y geográficos, en particular a la altitud, al tipo de suelo, la humedad, la temperatura así como la fuente del agua. Algunos autores mencionan estos factores determinantes para la estabilidad del elemento yodo en la naturaleza; mientras que otras investigaciones apuntan a estos factores como modificadores de la acción y función de hormonas tiroideas en el cuerpo humano (29, 37). El yodo como mineral ambiental depende de diversos factores; el Estado de Hidalgo, es uno de los lugares donde se presentan actualmente TDY, desconociéndose de manera precisa la interacción de los factores ambientales, geográficos y socioeconómicos que contribuyen a esta deficiencia; por lo que a continuación se presenta la descripción de las características del suelo, altitud y fuentes de agua que tienen influencia en la disponibilidad de yodo.

#### 3.1.1 Suelo

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre, en la cual se encuentra el soporte de la cubierta vegetal natural; siendo el resultado de la interacción de varios factores del ambiente: clima, tipo de roca del cual se originan, la vegetación, relieve, tiempo y uso del suelo; por lo que el suelo es un elemento dinámico, abierto al medio que lo rodea y está en constante evolución. Al variar estos factores ambientales se obtienen suelos con distribución y características muy diversas, de los cuales se reconoce su clasificación edafológica. El suelo está formado por horizontes y/o capas, las cuales para efectos de identificación se designan con letras mayúsculas y nos indican diferentes propiedades y características (38):

- ✓ *Horizonte superficial orgánico*, donde se acumulan los materiales orgánicos que caen del suelo, pueden ser frescos o descompuestos, asignado con la letra H.

- ✓ *Horizonte superficial mineral*, donde la materia orgánica descompuesta, está asociada con la parte mineral y que generalmente es de color oscuro o pálido; identificado con la letra A.
  
- ✓ *Horizonte subsuperficial mineral*, donde pueden existir aún vestigios de la roca madre que dio origen al suelo. Además se distingue por la remoción o acumulación de materia orgánica y mineral, que le dan colores más intensos que los horizontes superiores o inferiores. Designado con la letra B.
  
- ✓ *Capa profunda*, reconocido con la letra C, muestra marcadamente las características de la roca madre del que se deriva. Aun no manifiesta evidencias notables de desarrollo edáfico.
  
- ✓ *Capa mas profunda*, continua, coherente y muy dura de roca, que está por debajo del suelo y que ha dado origen a éste en muchos casos; en otros, la roca fue sepultada por otro material que dio origen al suelo. Identificado con letra R.

En el suelo tienen lugar nuevos cambios químicos al actuar los agentes climáticos y biológicos. A consecuencia la composición química, contenido orgánico, salinidad y pH varían ampliamente los cuales determinan el grado de asimilabilidad de nutrientes por las plantas. La materia orgánica del suelo es la mezcla inestable de sustancias químicas, manteniéndose en constante cambio, que representa cada etapa de la descomposición de la materia orgánica muerta, desde la más simple a la más compleja. La materia orgánica contiene a todos los minerales esenciales e importantes para la nutrición de las plantas los cuales son el fósforo, el azufre, el nitrógeno, el calcio, el hierro y el magnesio. Los cuales forman complejos de unión con otros minerales como el aluminio, yodo, boro, etcétera. La materia orgánica se origina de la acumulación de materia de plantas muertas, parcialmente descompuestas, residuos de animales, gusanos, bacterias hongos. Esta fracción

orgánica del suelo es la fracción químicamente mas activa del suelo. Dicha porción almacena varios elementos esenciales, estimula la estructura adecuada del suelo, es una fuente con capacidad de intercambio catiónico y regula los cambios de pH, propicia también las relaciones convenientes entre el aire y el agua en los suelos. Es importante señalar que de la putrefacción de materia orgánica y plantas que se encuentre en suelo puede ocasionar que la atmósfera también puede contenerlo y que el yodo puede permanecer en suelo durante mucho tiempo debido a que es combinado con gran cantidad de materia orgánica, asociada con óxidos de hierro y aluminio (39, 40).

El pH del suelo es importante porque los alimentos dependen de él para absorber a los minerales disueltos incluyendo al yodo; además de que la variación del pH modifica el grado de solubilidad de los elementos contenidos; el pH depende en gran medida del contenido de materia orgánica del suelo, dentro de ésta se encuentran los minerales. El óptimo crecimiento de plantas y alimentos dependen de la estabilidad de los elementos minerales presentes en los suelos y estos interactúan con el pH para ser disponibles por la naturaleza; si el pH del suelo es menor de 6.49 se trata de un suelo ácido, si está comprendido entre 6.5 a 6.99 el suelo es neutro y cuando está de 7 a 14 es un suelo básico. El pH óptimo para la mayoría de las plantas está entre 6 y 7 (37, 40, 41).

Para el estudio de suelos en cualquier región de México es necesario consultar la carta edafológica, que nos indica la distribución geográfica de los tipos de suelos en el país. Las unidades edafológicas y subunidades se denominan en función de la clasificación de los perfiles y factores ambientales, por medio de una clave jerarquizada constituida por uno, dos o hasta tres tipos de suelo, reconociendo como predominante a la primera (39).

En el estado de Hidalgo se encuentran 12 unidades del suelo dominantes (cuadro 9), de las cuales se desprenden sus diversas subunidades y representan un porcentaje

dentro de la superficie estatal (42).

Cuadro 9. Suelos dominantes en el Estado de Hidalgo

Unidad de suelo	Subunidad de suelo	Código	% de Superficie Estatal
Acrisol		A	0.21
Cambisol	Éutrico	Be	2.37
Cambisol	Húmico	Bh	0.26
Cambisol	Cálcico	Bk	1.06
Rendizina		E	5.41
Feozem	Lúvico	HI	1.32
Feozem	Háplico	Hh	34.47
Feozem	Calcárico	Hc	3.43
Litosol		I	4.75
Fluvisol	Calcárico	Je	0.53
Castañozem	Cálcico	Kk	1.06
Luvisol	Órtico	Lo	4.49
Luvisol	Crómico	Lc	8.91
Regosol	Éutrico	Re	3.17
Regosol	Calcárico	Rc	16.09
Andasol	Órtico	To	0.79
Vertisol	Pélico	Vp	7.91
Planosol	Mólico	Wm	0.32

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anuario Estadístico, Hidalgo. INEGI. Gobierno del Estado de Hidalgo, 2004

Las características principales de los tipos de suelos predominantes en el Estado de Hidalgo son (39, 42):

- Acrisol, suelos encontrados en zonas tropicales o templadas con vegetación de selva o bosque, pobre en nutrientes y bases.
- Cambisol, se encuentran en cualquier tipo de vegetación, con pequeñas acumulaciones de arcilla, son abundantes y se destinan a muchos usos y sus rendimientos son variables, depende del clima donde se encuentra el suelo con moderada a alta susceptibilidad de erosión. Con un buen contenido de materia orgánica, pero pobre en nutrientes o bases.
- Rendizina, se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener abundante materia orgánica y muy fértil, con gran peligro de erosión, un buen contenido de materia orgánica y rica en nutrientes o bases.
- Feozem, rico en materia orgánica y nutrientes, son utilizados para la agricultura de riego o de temporal, tienen rendimientos bajos y se erosiona fácilmente.
- Fluvisol, formado de materiales acarreados por agua, poco desarrollados, con estructura débil y suelta, presentes en todos los climas, cercanos a los lechos de los ríos.
- Castañozem, suelos alcalinos en zonas semiáridas, con vegetación de pastizal con algunas áreas de matorral, rica en materia orgánica y nutrientes.

- Luvisol, en zonas templadas o tropicales, presentes en vegetación de bosque o selva, se destinan principalmente a la agricultura con rendimientos moderados, con alta susceptibilidad a la erosión.
- Regosol, en diversos tipos de clima, vegetación y relieve; pobres en materia orgánica y nutrientes, su fertilidad es variable, su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad.
- Andasol, suelo de origen volcánico, con alta capacidad para la retención de humedad, en condiciones naturales presente en vegetación de bosque o selva.
- Vertisol, suelos de climas templados y cálidos, la vegetación natural es característica de selvas bajas a pastizales y matorrales, su uso agrícola es extenso, variado y productivo por su alta fertilidad y baja susceptibilidad a la erosión.
- Planosol, presente en climas templados y semiáridos, su vegetación natural es de pastizal o matorral, con lenta permeabilidad y alta susceptibilidad a la erosión.

Las subunidades del suelo, tienen características que especifican a cada tipo de suelo, éstas pueden darle variedad de condiciones a las unidades, por ello es importante reconocer la descripción de cada una de ellas (cuadro 10) (38).

A partir de su revisión se puede concluir que los suelos ricos en materia orgánica son los que contienen mayor disponibilidad de yodo para los alimentos que se producen, aún cuando depende también de otros factores ambientales.

Cuadro 10. Descripción de las subunidades del suelo en el Estado de Hidalgo

Subunidad de suelo	Raíz etimológica	Definición literal	Características
Calcárico	Del latín <i>calcareum</i>	Calcáreo	Rico en cal y nutrientes
Cálcico	Del latín <i>calx</i>	Cal	Rico en cal, con una fertilidad moderada a alta.
Crómico	Del griego <i>kromos</i>	Color	De fertilidad moderada y con alta capacidad para proporcionar nutrientes a las plantas.
Éutrico	Del griego <i>eu</i>	Bueno	Ligeramente ácido a alcalinos.
Háplico	Del griego <i>haplos</i>	Simple	Sin ninguna característica específica más de los suelos que lo contengan.
Húmico	Del latín <i>humus</i>	Tierra	Rico en materia orgánica, pero ácido
Lúvico	Del latín <i>luvi, luo</i>	Lavar	Acumulación de arcilla.
Mólico	Del latín <i>mollis</i>	Suave	Capa superficial suave, oscura, fértil y rica en materia orgánica.
Órtico	Del latín <i>orthos</i>	Recto, derecho	No presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo.
Pélico	Del griego <i>pellos</i>	Grisáceo	Color negro oscuro, y es único para los suelos Vertisoles.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática Anuario Estadístico, Hidalgo. INEGI. Gobierno del estado de Hidalgo 2004

### 3.3.2 Agua

El agua, es otro factor ambiental que contribuye en la cantidad del yodo consumible por el ser humano. La cantidad total de agua que existe en la tierra, en sus tres fases: sólida, líquida y gaseosa se distribuye en tres reservorios principales: los océanos, los continentes y la atmósfera. El movimiento del agua en el ciclo hidrológico es mantenido con la energía radiante del sol y la fuerza de la gravedad por el fenómeno de sublimación, evaporación y transpiración, cuyo proceso conjunto se denomina evapotranspiración. El agua que precipita en tierra puede tener varios destinos, una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación; otra parte escurre por la superficie del terreno, corriente superficial, que se concentra en surcos y va a originar las líneas de agua. El agua restante se infiltra en el interior del suelo; la cual puede volver a la atmósfera por evapotranspiración o profundizarse hasta alcanzar las capas subterráneas. El escurrimiento superficial se presenta siempre que hay precipitación y termina poco después de haber terminado ésta. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen. Estos dos escurrimientos van a alimentar los cursos de agua que desaguan en lo océanos (43, 44).

Así mismo, se sabe que los océanos son los principales reservorios y fuentes de yodo en la naturaleza, y que éste parte de ahí para cumplir su ciclo biológico (37, 41). A partir del agua del mar, el yodo acompaña al ciclo hidrológico, ya que se desprende a la atmósfera a través del rocío del mar en forma de yodo gaseoso; cuyo proceso comienza una vez que en la atmósfera el yodo puede combinarse con agua o con partículas en el aire para entrar al suelo, entonces, desde este elemento el yodo se distribuye sobre la naturaleza y así sobre los diferentes reservorios de agua, considerándola como la fuente natural mas importante y principal; los océanos lo contienen en 60  $\mu\text{g/L}$  aproximadamente, en forma de yodato diluido, a una

profundidad aproximada de 500 m, su actividad biológica y concentración mas cerca de la superficie del mar se ve alterada por su alta volatilidad (41, 43).

Debido al ciclo hidrológico, se reconoce que el agua y por ende los minerales que la acompañan se almacenan en la tierra en aguas de origen subterráneo y superficial. Las aguas subterráneas se almacenan y fluyen por debajo de la corteza terrestre entre grietas y espacios que hay en la tierra, incluyendo arena y piedras, ésta se acumula en capas de tierra, arena y rocas conocidas como acuíferos, los cuales consisten típicamente de gravilla, arena, arenilla y piedra caliza, permitiendo la permeabilidad para que el agua fluya con mayor rapidez; a partir de estos acuíferos se generan los pozos y manantiales; los pozos pueden ser abiertos, es decir que se originan a través de la gran cantidad de agua dentro del acuífero, o pozos creados con maquinaria para sustraer el elemento del acuífero; mientras que, el manantial es el flujo del agua continuo o intermitente que brota del terreno en forma natural. Las aguas superficiales son aquellas en que fluyen o almacenan en la superficie de la corteza terrestre en forma de ríos, arroyos, lagos, lagunas. Los ríos es una corriente de agua que fluye de una zona alta para descender a otros reservorios como lago o mar, el arroyo es un cause de agua ocupado por periodos, el lago es una masa de agua salado o dulce de extensión considerable que rodea la tierra; la laguna es un hundimiento de tierra que contiene agua dulce y/o salada, separada del mar por franjas costeras (43, 45, 46). En el Estado de Hidalgo confluyen aguas de los ríos de Tula, Moctezuma, el de las Avenidas, y en menor cantidad el río San Juan, el río Tuxpan, Cazonos y Tecolutla. Las fuentes primordiales para el consumo humano en el estado son de aguas subterráneas principalmente manantiales y pozos, mientras que de aguas superficiales son los ríos y arroyos (47, 48).

### 3.3.3 Clima

El clima es considerado como otro elemento ambiental que contribuye en la disponibilidad y asimilación del yodo en la naturaleza y su estabilidad metabólica en el cuerpo.

El clima es la suma de los elementos meteorológicos que actúan a lo largo de un período de años; el estudio de éste parte de su clasificación haciéndose a partir de los supuestos de la existencia en la tierra de regiones naturales con clima semejante y límites apreciables, y que comparten algunas características comunes, principalmente en términos de vegetación o suelos. Actualmente la mayor parte de las clasificaciones toman en cuenta a la temperatura y la precipitación pluvial como variables fundamentales para la evaluación del clima (49).

El sistema que se utiliza para clasificar el clima en el mundo, es el llamado “sistema de Köpen” que está basado en la fisonomía de los grandes grupos de plantas superiores, sin embargo este sistema no se adapta adecuadamente a las condiciones climáticas de la República Mexicana por que fue concebido para las amplias zonas climáticas del mundo que se extienden esencialmente en latitud y no en altitud, por tal motivo, en 1964 la investigadora García se abocó a la tarea de modificar y adaptar dicho sistema para México, resultando una nueva clasificación, más detallada y aproximada a las variadas condiciones climáticas del país, siendo la que actualmente se utiliza (50, 51).

Otra clasificación de climas se basa en las distintas temperaturas medias de los meses mas fríos y más cálidos y por valores diferentes de humedad; se clasifican en cinco grupos: A) Climas cálidos húmedos; B) Climas secos; C) Climas templados húmedos; D) Clima frío boreal, de inviernos intensos; E) Climas muy fríos o polares o de grandes alturas (49).

Los tipos de climas son capaces de dar información sobre el régimen térmico y de lluvias de un lugar, éste último en relación a su humedad. Luego entonces, la clasificación de los climas depende de dos factores de temperatura y humedad los cuales tienen sus clasificaciones (cuadro 11). A partir de estas dos clasificaciones se generan combinaciones, siendo aproximadamente 90 (49, 51).

Cuadro 11. Clasificación del clima por temperatura y humedad

Clasificación	
Temperatura	Humedad
Muy cálida	Húmedo
Cálida	Subhúmedo
Semicálida	Seco
Templada	
Semifría	
Fría	
Muy Fría	

Fuente: García ME. Apuntes de Climatología. UNAM. México. 1989. p 103 - 137

En el Estado de Hidalgo encontramos 14 tipos y subtipos de climas de acuerdo a la clasificación internacional y basada en la carta geográfica de climas del Estado (cuadro 12) (42, 49).

Es importante señalar que la temperatura es una medida del calor en un medio determinado, ésta corresponde siempre a la misma cantidad de calor o energía calorífica y es medida por un termómetro; mientras que la precipitación, es el aporte de agua procedente de la atmósfera y que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie terrestre a manera de lluvia, nieve, granizo, llovizna y otras formas similares de caída de agua medida con un pluviómetro (52).

Cuadro 12. Tipos de clima en el Estado de Hidalgo

Tipo o Subtipo	Símbolo	% de Superficie Estatal
Cálido húmedo con lluvias todo el año	Af	0.08
Cálido subhúmedo con lluvias en verano	A(w)	13.4
Semicálido húmedo con lluvias todo el año	ACf	3.92
Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano	ACm	5.86
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano	ACw	0.2
Templado Húmedo con lluvias todo el año	C(f)	0.17
Templado húmedo con abundantes lluvias en verano	C(m)	4.95
Templado subhúmedo con lluvias en verano	C(w)	29.86
Semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano	C(E)(m)	3.86
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano	C(E)(W)	0.09
Semiseco muy cálido cálido	BS1(h´)	0.93
Semiseco semicálido	BS1h	3.36
Semiseco templado	BS1k	2.63
Seco semicálido	BSh	31.69

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática Anuario Estadístico, Hidalgo. INEGI. Gobierno del Estado de Hidalgo 2004

Cuando los seres humanos son expuestos a ambientes calurosos o a temperaturas elevadas se establece un balance biológico corporal, una vez que la temperatura corporal es excedida se incrementa la tasa metabólica, el calor es disipado por el incremento de sudor y la conservación del calor es disminuido por la vasodilatación periférica eliminándose minerales presentes en los fluidos corporales; incluyendo al yodo (53, 54).

### 3.3.4 Altitud

La altitud es la distancia media vertical medida entre un punto y el nivel del mar; la altitud puede ser positiva es decir en áreas situadas por encima del nivel del mar o negativa, territorios situados por debajo del nivel del mar, como es el caso de ciertas

depresiones o fosas (44). A mayor altitud el cuerpo humano sufre cambios corporales a los que el hombre que habita en altitudes bajas no está acostumbrado, estos cambios se deben principalmente a una menor presión del aire, cantidad de oxígeno y temperatura. Estas modificaciones originan cambios en la tasa metabólica, donde las hormonas tiroideas colaboran en el aumento del consumo de oxígeno, mientras que por respuesta a la temperatura la actividad de las hormonas es modificada; especialmente ante el frío, pues una de las funciones principales de las hormonas es mantener la temperatura ideal por medio de producción de ATP (55).

La población de las tierras altas y las zonas de montañas padecen de disponibilidad de alimentos, porque los suelos generalmente son de mala calidad, condiciones del clima, determinan que el crecimiento de la vegetación sea lento. Además la inaccesibilidad y la lejanía de las zonas montañosas obstaculizan el suministro y la comercialización de los insumos y la producción agrícola (37, 56).

Cabe señalar que se considera la ocurrencia de los Desordenes por Deficiencia de Yodo en regiones consideradas y señaladas por ciertas características geográficas. Incluyendo zona montañosa y colinas, particularmente altitud alta y distancias considerables del mar. Esta ocurrencia es confirmada por una alta prevalencia de bocio en residentes de estas poblaciones con dichas características (4).

La estimación de yodo urinario disponible y otros métodos de medición de la deficiencia de yodo han demostrado que los TDY pueden y están ocurriendo en muchas áreas donde ninguna de estas condiciones son conocidas. Frecuentemente, la deficiencia ha sido encontrada cuando la prevalencia de bocio por palpación es normal, en áreas, consideradas como ciudades en países altamente desarrollados y donde los TDY han sido catalogados como eliminados por programas de profilaxis o cambios dietéticos (4, 56).

En México Aguilar elabora la distribución de bocio endémico en la República Mexicana haciendo correlaciones entre la endemia y elementos del medio natural, con el objeto de que este factor sea notado, distribuyó los centros bociógenos por altitud, tomando <1000 msnm, de 1000 a 1999 msnm y  $\geq 2000$  msnm (56).

Los factores ambientales y geográficos son condiciones que contribuyen a la deficiencia de yodo, no pueden ser controlables, pero sí conocidos para determinar áreas con presencia de TDY.

### **3.2. El Índice de marginación y disponibilidad de yodo**

Otro factor que contribuye la disponibilidad de minerales en el ser humano es a través del consumo de alimentos, la adquisición de estos depende del lugar donde se habita, el nivel económico y educativo, estas condiciones se reconocen por el índice de marginación.

El hambre y la desnutrición son problemas serios en los países en desarrollo por el impacto que ocasionan sobre la salud y el bienestar de la población, especialmente en los grupos de más bajos ingresos. La marginalidad social de millones de personas que viven en pobreza extrema, las hace vulnerables a la desnutrición y enfermedad, por la limitada accesibilidad a una dieta adecuada y a los servicios deficientes de salud. Las deficiencias de micronutrientes provocan desnutrición, que afecta a un número muy elevado de personas en áreas rurales y marginales (57).

La pobreza no sólo es sinónimo de bajo nivel de ingresos, sino también de debilitamiento de toda una serie de capacidades humanas fundamentales, incluidas las relacionadas con la salud. El término pobreza humana hace referencia a la carencia de medios para alcanzar dichas capacidades (58).

La marginalidad se sitúa dentro de la teoría de la modernización, la cual, las sociedades subdesarrolladas se caracterizan por la coexistencia de un segmento

tradicional y otro moderno, se trata entonces de vestigios de las sociedades pasadas que conforman personalidades marginales a la modernidad. Las características de la población marginal es que tiende a vivir en localidades ubicadas en círculos de miseria con falta de participación en los beneficios y recursos sociales, con bajos niveles de salud y vivienda, con ingresos y empleos inestables y no participa en las tareas y responsabilidades para la solución de los problemas sociales (59).

La marginación permite dar cuenta del fenómeno estructural que surge de la dificultad para propagar el progreso técnico en el conjunto de sectores productivos y socialmente se expresa como persistente en el proceso de desarrollo y en el disfrute a sus beneficios (60).

Se consideran tres dimensiones estructurales de la marginación: 1) educación, 2) vivienda e 3) ingresos por trabajo. La educación se toma en cuenta por que constituye un aspecto crucial para que las personas estén en condiciones de realizar el proyecto de vida que tienen razones para valorar. En este marco, la escolaridad de la población constituye uno de los factores decisivos para aumentar la productividad del trabajo, incorporar las innovaciones tecnológicas y fortalecer la competitividad de las economías locales y regionales; mientras que la vivienda considerada como el espacio físico donde las personas con parentesco estructuran y refuerzan sus vínculos familiares a lo largo de la vida, asimismo constituye el espacio determinante para el desarrollo de las capacidades y opciones de las familias y de cada uno de sus integrantes, este espacio debe estar provisto de servicios públicos que permitan el desarrollo del individuo para la realización de todas sus capacidades, estos servicios son energía eléctrica, agua entubada, recubrimiento de piso o sanitario exclusivo, promedio de ocupantes por habitación, condiciones que limitan el crecimiento y desarrollo e ingresos por trabajo debido a que las oportunidades con que cuentan las personas de tener un nivel de vida digno están determinadas por una diversidad de factores. De ellos, destacan la posesión de activos, el acceso a satisfactores esenciales relacionados con el gasto social del estado (educación y salud). De estas tres dimensiones se identifican ocho formas de exclusión: 1)

analfabetismo; 2) población sin primaria completa, 3) viviendas particulares sin agua entubada, 4) viviendas particulares sin servicio sanitario exclusivo, 5) viviendas particulares con piso de tierra, 6) viviendas particulares sin energía eléctrica; 7) viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento y 8) población ocupada que percibe hasta dos salarios mínimos. Estos ocho indicadores son consideradas variables de rezago o déficit, esto es, indican el nivel inherente de privación en el que se encuentran subsumidos importantes contingentes de población en cada localidad, o aún más, indican la escala de penuria que alcanza un conglomerado de población y mide su intensidad como porcentaje de la población que no participa del disfrute de bienes y servicios esenciales para el desarrollo de sus capacidades básicas (61).

La información proporcionada por estos indicadores se reduce en una medida que refleja el grado de marginación de las localidades del país, la cual es un fenómeno estructural originado en la modalidad, estilo o patrón histórico de desarrollo, el índice de marginación es una medida de resumen que permite diferenciar las localidades según el impacto global de las carencias que padece la población (60). La aplicación de conocimientos estadísticos para la obtención del índice de marginación permitió identificar cinco estratos de marginación (cuadro 13) (62).

La marginación elevada se encuentra estrechamente relacionada con la pobreza; en el país el 90 por ciento de los municipios que comparten las carencias asociadas a la severidad de pobreza y las intensas privaciones relacionadas con la marginación (63) contribuyen a una mala nutrición por tener rezago educativo, residencia en viviendas inadecuadas y bajas remuneraciones a sus trabajos que nos les permite alimentarse adecuadamente ocasionando déficit en el consumo de micro y macronutrientes provocando desnutrición en la población reflejada en la baja productividad a nivel nacional (57).

Cuadro 13. Estratificación del índice de marginación por localidad. CONAPO, 2000

Grado de Marginación	Límites del intervalo	
	Inferior	Superior
Muy bajo	-3.38332	-1.83846
Bajo	-1.83846	-1.32351
Medio	-1.32351	-0.80856
Alto	-0.80856	0.47883
Muy alto	0.47883	3.05359

Fuente: Consejo Nacional de Población. Concepto y dimensiones de la marginación a nivel localidad. CONAPO. México. 2000 p 17 - 20.

La palabra desnutrición señala toda deficiencia que se manifiesta en el organismo como pérdida de peso, talla insuficiente o bien por signos clínicos presentes en los sujetos que han pasado por periodos agudos o prolongados de subalimentación. Se puede decir que el 90% de los estados de desnutrición en nuestro medio, son ocasionados por una sola y principal causa, la subalimentación del sujeto, ya sea por la calidad o por deficiencia en la cantidad de los alimentos consumidos. A su vez la subalimentación la determinan varios factores, como la alimentación deficiente, falta de higiene o alimentaciones absurdas (64). Sin duda, la desnutrición tiene como causa principal a la pobreza, donde confluyen varias condiciones, como el desempleo, bajos ingresos, bajo nivel educativo, viviendas insalubres y deterioro del medio ambiente; es innegable el papel que juegan estos factores socioeconómicos, por lo que han sido utilizados para construir indicadores de la calidad de vida, uno de

los que cobra mayor importancia por su utilización para canalizar programas y recursos es el índice de marginación.

En el caso del Estado de Hidalgo, el índice de marginación es alto, su severidad radica en el rezago productivo, educativo y la residencia en viviendas inadecuadas conformando una débil estructura socioeconómica para la obtención de una alimentación adecuada que asegure aportes adecuados de macro y micronutrientes.

## **CAPITULO 4. ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE LA DEFICIENCIA DE YODO**

Los conocimientos sobre la severidad de la deficiencia de micronutrientes han traído consigo la preocupación de prevenir, controlar y erradicar los efectos provocados sobre la salud del hombre por medio de diversos programas de fortificación a nivel individual y poblacional.

### **4.1 Programas de acción para la eliminación de la deficiencia de yodo**

A principios del siglo XX comenzó la lucha para combatir la deficiencia de yodo, se ha visto que el mayor progreso es logrado en Asia y África. Para definir la amplia variedad de la deficiencia de yodo en 1987 se acuñó el término "trastornos yodopénicos" cuya expresión demostró ser decisiva para sensibilizar acerca del problema e impulsar acciones para combatir los trastornos por deficiencia de yodo (1). A pesar del progreso en todo el mundo, se estima que el número total de población afectada por trastornos por deficiencia de yodo no ha cambiado substancialmente.

Las metas para eliminar la carencia de yodo es ambicioso, pero se puede lograr en algunos países, exigiendo un aumento rápido y sostenido en los niveles de acciones apropiadas de los gobiernos, los cuales deben formular un plan nacional con

métodos definidos para la toma de decisiones, reconociendo en primer lugar la prevención de los desordenes ocasionado por la deficiencia de yodo (26). Para ello diversos organismos se han preocupado por la regulación y atención de los programas para erradicar la deficiencia de yodo, estas organizaciones van de la mano contra la lucha de tales padecimientos como la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Consejo Internacional para la Lucha Contra los Trastornos de la Carencia de Yodo (ICCIDD), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), quienes sugieren a los diversos países con padecimientos de esta índole adherirse a un programa de eliminación de los TDY, proponiendo programas de acción basados en la fortificación de nutrimentos, principalmente de la sal (26, 34).

#### **4.1.1. Fortificación de alimentos**

La lucha contra el bocio simple y el cretinismo se ha orientado hacia la prevención, corrigiendo el aporte de yodo a la población de las áreas geográficas afectadas (4). La fortificación de alimentos se reconoce ampliamente como la estrategia de profilaxis más importante para controlar y corregir los desórdenes debidos a la carencia de yodo y así hacer llegar el yodo a todas las poblaciones (26, 65). El yodo se ha agregado con éxito a pan, agua, leche, diversas salsas, otros alimentos; así como el agua potable como medio para controlar la deficiencia. Sin embargo, el vehículo más accesible para la fortificación del yodo es la sal, debido a que es el producto consumido por toda la población mundial, lo que ha dado origen a programas de yodación de sal en diversos países (66, 67).

Otro dato importante sobre la fortificación de yodo, data de 1966 donde el gobierno de Tasmania adoptó la adición de yodato al pan como suplemento de yodo, pero esto no fue una medida de tiempo largo pues se notó que había toxicidad inducida por yodo; otras fuentes de yodo de manera indirecta, son la leche y los productos

lácteos, ya que en la industria láctea se han adoptado como medida de sanitización para maquinaria de ordeño y limpieza algunos productos comerciales con alto contenido de yodoforos (68).

Otra medida de fortificación es la adición de yodo a comida de animales, específicamente el forraje de vacas, demostrado por Pennington (69) quien encontró que el contenido de yodo en leche y productos lácteos derivados de vacas con dicha suplementación tienen un contenido mayor de yodo que los productos que no son derivados de este grupo de vacas.

Otras formas de encontrar el yodo son en la industria farmacéutica, tabletas, bebidas y algunos productos farmacológicos en forma de eritrosina, o bien como desinfectantes y colorantes (70).

#### **4.1.1.1. Yodación de sal**

La yodación universal de sal se considera la medida de mayor cobertura, bajo costo y eficaz para controlar los Trastornos por Deficiencia de Yodo. Esta acción solo puede ser lograda con la participación del sector público donde los gobiernos tienen un carácter regulador y normativo para erradicar los TDY, y así proporcionar las herramientas de acción al sector privado, de donde se desprende la industria salinera, capaz de llevar a cabo tales acciones y asegurar la disponibilidad del yodo en la sal (26, 71).

El yodo añadido puede sufrir diversos cambios ocasionados por la molécula de yodo, como se ha demostrado por Diosady y col (72), quienes examinaron la estabilidad del yodo demostrando que a una temperatura constante de 40 °C y una humedad relativa de 60 a 100% fácilmente se pierde, además la presencia de impurezas aceleran esta pérdida; ya en 1953 Nelly había concluido que la estabilidad de yodo en sal esta determinada por el contenido de humedad en la atmósfera, la luz, el

calor, la acidez y la alcalinidad, así como a las impurezas de la propia sal, afirmó que la estabilidad constante de la sal es por el empaque mantenido en seco y fresco (73).

Otro aspecto a considerar es la forma en que se añade la molécula de yodo a la sal, principalmente se recomiendan dos formas, con yoduro de potasio (KI) y yodato de potasio ( $KIO_3$ ); algunos estudios señalan comparaciones entre ellos, indicando al yoduro de potasio como más económico, pero poco estable con alta solubilidad, siendo menos estable a la humedad además de que su pérdida es mayor al someterse a la luz y temperatura; por el contrario el yodato de potasio tiene menor solubilidad y mayor estabilidad, proponiéndose así la fortificación de yodo en sal en forma de yodato de potasio (66, 72,).

En lo que respecta a la república Mexicana sobre los programas de yodación de sal, en los años 50's se reconocieron gran número de zonas cuyos habitantes padecían de bocio endémico y que su distribución abarcaba la mayoría de las entidades federativas. Permitiendo que en 1965 se publicara un decreto presidencial en el Diario Oficial de la Federación el 14 de mayo del año citado, declarando como de interés nacional la prevención del bocio: "toda producción de sal destinada para el consumo humano deberá ser yodada en la proporción de 20 mg de yodato de potasio o sodio por kilogramo, y de ello se hará cargo la industria salinera" (74). Este hecho es el primer antecedente gubernamental destinado para prevenir los Trastornos por Deficiencia de Yodo en nuestro país.

Actualmente la Norma Oficial Mexicana de Bienes y Servicios. Sal yodada y Sal yodada fluorurada. Especificaciones Sanitarias (75), con el objetivo de establecer las descripciones sanitarias de la sal yodada y sal yodada fluorurada destinadas para el consumo humano y la destinada para consumo animal; es complementada con la Norma Oficial Mexicana para la prevención, tratamiento y control de las enfermedades por deficiencia de yodo, encargada de regular los TDY (76);

comprendiendo la detección y diagnóstico oportuno así como la atención integral individual y comunitaria, el registro y la notificación del caso, tratamiento y seguimiento del paciente así como el estudio de los convivientes y su localidad.

#### **4.1.2. Otras Acciones**

El yodo puede ser administrado por vía intramuscular, considerado como suplemento terapéutico en forma de aceite yodado, como Lipiodol, es un método económico y efectivo para la profilaxis y terapia de los Trastornos por Deficiencia de Yodo; es utilizado cuando la prevalencia de deficiencia de yodo es muy alta, y en corto tiempo hay una mejoría. La dosis usual para la inyección de aceite yodado es de 1 ml en personas mayores de un año mientras que para los menores de 1 año sería de 0.5 ml. Los efectos observados por esta suplementación es que la excreción de yodo urinario llega a ser muy alta en los primeros días después de la inyección y gradualmente desciende; la TSH disminuye rápidamente después de la inyección, y decrece lentamente; la T<sub>4</sub> incrementa rápidamente y decrece gradualmente; mientras la tiroglobulina disminuye rápidamente después de la inyección y pasa a ser una reacción gradual y el mejoramiento del umbral auditivo. Se han utilizado la administración de cápsula de aceite yodado cada 6 o 18 meses, administración directa de soluciones yodadas como el lugol yodado, en intervalos regulares o la yodación de agua por adición directa de solución de yodo o por un mecanismo especial (26, 34).

Sin embargo algunos estudios han demostrado, cómo la evaluación del impacto de la suplementación de yodo realizado en 1989 en Theran, el área del norte rural, región montañosa con una altitud aproximada de 2000 msnm, que la profilaxis mediante la suplementación de yodo restaura el hipotiroidismo en niños, así como de la prevención de consecuencias de la deficiencia de yodo en el resto de la población (77) en otro estudio donde se hizo una revisión sobre el efecto de la administración de yodo en niños escolares con problemas auditivos de una villa de Kiga, ubicada a

2480 msnm, después de tres años de haber estado en el programa de aceite yodizado, los resultados mostraron la disminución de bocio y de los disturbios auditivos. Concluyendo que a la administración de aceite yodado disminuye la incidencia de deficiencia auditiva y anomalías neurológicas en áreas con severa deficiencia de yodo (78).

En lo que respecta a la orientación alimentaria y otros métodos para influir cambios en las dietas de la gente, no ha funcionado como medida para controlar los TDY debido a que el contenido de yodo en los alimentos depende más del área geográfica donde éstos se cultivan; por lo tanto no es eficiente fomentar un mayor consumo de alimentos locales en particular. Los alimentos de mar y las algas son fuentes ricas de yodo, debido a que el agua de mar tiene niveles altos de este halógeno; sin embargo estos productos no se pueden recomendar en áreas distantes del mar. El contenido de yodo de las plantas depende en gran parte del contenido de yodo de los suelos donde crecen; por lo tanto la mayoría de los alimentos cultivados en suelos que carecen de yodo, es común en áreas montañosas (37, 56, 79).

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El yodo es un nutriente que se encuentra de manera libre en la naturaleza y es esencial para los seres humanos, la deficiencia de este mineral tiene efectos severos en la salud de la población, los cuales han sido caracterizados como Trastornos por Deficiencia de Yodo (TDY), mismos que en la actualidad son prevenibles mediante la suplementación de yodo en la sal de consumo; sin embargo esta medida no ha erradicado la deficiencia, a nivel mundial se estima una prevalencia del 35% de deficiencia de yodo y el Estado de Hidalgo ha sido señalado en estudios previos como una zona endémica de bocio

Por otra parte, existen evidencias de la interacción de factores ambientales, geográficos y económicos como determinantes de la disponibilidad del yodo para el consumo y la nutrición humana, de ahí la importancia de analizar la asociación de algunos de ellos con base a datos disponibles que contribuyan a esclarecer el problema de las deficiencias de yodo en los niños menores de cinco años del Estado de Hidalgo.

### III. JUSTIFICACIÓN

Los Trastornos por Deficiencia de Yodo (TDY) afectan a 740 millones de personas que equivale al 13% de la población mundial, de ellos aproximadamente 50 millones sufren alguna alteración cerebral. El estado de Hidalgo ha sido caracterizada como una zona endémica de deficiencia de yodo, donde se han reportado prevalencias de TDY en el 10.4% de los escolares; lo que trae como consecuencia un menor desarrollo físico e intelectual ocasionando un impacto negativo en la productividad y en la economía de las poblaciones.

El reconocimiento de la persistencia de la deficiencia de yodo en uno de los grupos de edad determinantes para la salud en la vida adulta y el análisis de los factores ambientales, geográficos y socioeconómicos condicionantes del problema, permitirá caracterizar a las regiones del estado de Hidalgo y contar con información detallada para orientar la toma de decisiones y revertir este problemas de salud pública.

La ejecución del presente estudio es viable a partir de las bases de información que se encuentran disponibles de manera directa y en los organismos estatales y federales, referentes a las variables asociadas a la deficiencia de yodo.

## **IV. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Establecer la asociación de los factores ambientales, geográficos y socioeconómicos con la deficiencia de yodo en niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo.

### **Objetivos Específicos**

- Cuantificar la deficiencia de yodo de los niños menores de 5 años en el Estado de Hidalgo.
- Identificar las condiciones ambientales y geográficas del Estado de Hidalgo que se asocian con la deficiencia de yodo en los niños menores de 5 años.
- Evaluar la asociación entre las condiciones socioeconómicas que prevalecen en el Estado de Hidalgo y los niveles de yodo en orina de los niños menores de 5 años.

## V. DISEÑO METODOLÓGICO

Se aplicó un diseño de estudio transversal analítico, basado en la información disponible de fuentes secundarias.

Se tomo como base primaria los resultados de los diagnósticos de yodo urinario realizados en la “Encuesta Estatal de Nutrición, Hidalgo 2003”; en ella se calculó una submuestra de 2100 niños menores de cinco años para lograr representatividad estatal.

Los criterios de inclusión para formar parte de la base de datos para el análisis, fue básicamente la edad, tomándose a todos aquellos niños menores o iguales a 5 años 0 meses cumplidos, que contaran con datos de yoduria (indicador bioquímico que permite evaluar el estado de yodo en la población); además de estar identificado con el dato de municipio y localidad.

Como segundo paso se agrego a la base de datos las variables identificadas en la literatura como condicionantes de la deficiencia de yodo: característica de suelo, tipo de clima, temperatura media anual, fuentes de agua, altitud e índice de marginación.

Los datos se recolectaron a partir del banco de información del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y la Comisión Nacional del Agua (CNA), (47, 80, 81).

- En el caso de la variable altitud, se obtuvo de una base de datos solicitada a INEGI, de la cual se desprende la altitud de cada municipio y cada localidad ubicada en el estado de Hidalgo (81).

- Las características del suelo de pH y porcentaje de materia orgánica del suelo se obtuvieron a partir de cartas edafológicas, donde se ubicó el tipo de suelo de cada municipio, localizando el punto geográfico seguido de la localización del punto más próximo del análisis geoquímico empleando números arábigos permitiendo obtener los datos de interés en la parte trasera de la carta edafológica obteniendo el dato de modo escrito (82, 83, 84).
- El tipo de clima por humedad y temperatura se obtuvieron de la representación gráfica de ellas en la carta de climas del estado de Hidalgo, distinguidas por colores; prosiguiendo a localizar a cada municipio obteniéndose el dato de forma escrita (85).
- La temperatura media anual se obtuvo a través de dos bases de datos disponibles por la CNA e INEGI, en la primera de ellas se muestran las estaciones meteorológicas de algunos municipios, y la segunda base se muestran las características ambientales de cada municipio. (80, 86).
- El registro de las fuentes de agua se obtuvo a través de una base de datos disponible por la CNA, la cual describe los tipos de aprovechamiento de cada municipio y localidad que regula dicha institución (47).
- Como variable integral socioeconómica se incluyó el índice de marginación por localidad, los datos se obtuvieron de información disponible del Consejo Nacional de Población (CONAPO) (87).

Los datos fueron integrados en una sola base de datos que fue analizada en el software estadístico SPSS, versión 10.0, utilizando estadística descriptiva con pruebas de correlación de Pearson y análisis de varianza (ANOVA), para comparar a los grupos de estudio. Los resultados se presentan con medianas y rango intercuartilar (Ri) para el caso de la variable yoduria y medias,  $\pm$  desviación estándar

(± DE) para las otras variables; se utilizaron descripciones de las variables utilizando porcentajes en cuadros y figuras.

A continuación se describe la operacionalización de variables:

Cuadro 14. Operacionalización de variables

<i>Variable</i>	<i>Fuente</i>	<i>Definición operacional</i>	<i>Instrumento de medición</i>	<i>Indicador</i>
Yoduria	Niños menores de 5 años.	Presencia de yodo en orina.	Muestras de orina como mínimo 10 ml	<100 µg/L 100-299 µg/L ≥300 µg/L (ICCIDD/UNICEF/OMS; 2001).
Índice de marginación	Localidades de residencia de niños menores de 5 años.	Medición que permite diferenciar localidades por el impacto global de las carencias que padece.	Comisión nacional de Población, 2000	Muy bajo $-3.38332$ a $-1.83846$ Bajo $-1.83846$ a $-1.32351$ Medio $-1.32351$ a $-0.80856$ Alto $-0.80856$ a $0.47883$ Muy alto $0.47883$ a $3.05359$
Altitud	Localidades de residencia de niños menores de 5 años.	Metros sobre el nivel del mar	Base de datos, INEGI	<1000 msnm 1000 - 2000 msnm >2000 msnm
Temperatura	Municipios de residencia de niños menores de 5 años	Cantidad de calor en el ambiente	Comisión Nacional del Agua	Templado 12.1 – 18.0 °C Semicálido 18.1 – 22.0 °C Cálido 22.1 – 26 °C
Clima por temperatura	Municipios de residencia de niños menores de 5 años	Suma de fenómenos ambientales	Carta de descripción climática, INEGI	1. Cálido 2. Semicálido 3. Templado 4. Semifrío
Clima por humedad	Municipios de residencia de niños menores de 5 años	Suma de fenómenos ambientales	Carta de descripción climática, INEGI	1. Humedo 2. Subhúmedo 3. Seco
pH de suelo	INEGI	Medida de acidez o alcalinidad de la cubierta superficial de la tierra	Carta edafológica, INEGI	1 pH Acido 0 – 6.49 2 pH Neutro 6.5 -6.99 3 pH Alcalino 7 -14
Fuentes de agua	CNA	Origen del agua para la población	Base de datos, CNA	Subterránea: manantial y pozo Superficial: río, arroyo

## VI. RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 1447 datos de yodurias de niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo, de los cuales el 51.3% fueron del sexo masculino y el 48.7% del sexo femenino con una edad promedio de  $3.3 \pm 1.0$  años; el 42.8% de los datos corresponden a niños que residían en localidades urbanas y 57.2% en localidades rurales, pertenecientes a 56 municipios evaluados de la entidad.

Las características evaluadas en el estudio como son yoduria, climas, características de suelo (pH y porcentaje de materia orgánica), altitud e índice de marginación por municipio, se presentan por medio de figuras de acuerdo a la clasificación utilizada para cada una de las variables, utilizando porcentajes.

La descripción y la relación de las variables de estudio con la variable yoduria se presenta en tablas condensadas (1 a 9), utilizándose dos clasificaciones generales de yoduria: 1)  $<100 \mu\text{g/L}$  y  $\geq 100 \mu\text{g/L}$ ; 2)  $<100 \mu\text{g/L}$ ,  $100-299 \mu\text{g/L}$  y  $\geq 300 \mu\text{g/L}$ . Basadas en criterios de la ICCIDD, que describe deficiencia de yodo cuando las concentraciones de yodo en orina son abajo de  $100 \mu\text{g/L}$ ; estado normal de yodo en orina cuando está en el rango de  $100$  a  $299 \mu\text{g/L}$  y  $\geq 300 \mu\text{g/L}$  cuando hay exceso de yodo en orina; estas categorías permiten diferenciar las asociaciones de la deficiencia de yodo con factores predisponentes.

La mediana (Md) de la yoduria a nivel estatal fue de  $230 \mu\text{g/L}$ ; el 5.4% de los municipios tuvieron concentración Md de yoduria por abajo de  $100 \mu\text{g/L}$ , con el 22.9% de los niños menores de 5 años afectados; el 80.4% de los municipios tuvieron una Md que oscilo en el rango de  $100 - 299 \mu\text{g/L}$  en el 42.1% de los niños; mientras que el 5.4% de los municipios tuvieron concentración Md de yodo  $\geq 300 \mu\text{g/L}$ , con el 35.9% de los niños menores de 5 años (figura 1).

La superficie estatal del Estado de Hidalgo se encuentra ubicada en una altitud de 2000 msnm. De los 56 municipios estudiados el 27% se encuentra en altitud <1000 msnm, 25.7% en altitudes de 1000 - 1999 msnm y el 47.3% corresponden a altitudes  $\geq 2000$  msnm (figura 2).

La temperatura media anual de la entidad es de 18 °C, con un clima predominantemente seco en el 48.2% de los municipios estudiados, el resto corresponde a clima húmedo y subhúmedo en un 35.3% y 16.1% respectivamente (figura 3). En el caso del clima por temperatura, el 58.9% de los municipios presentan clima templado, mientras que el 1.8% corresponde a clima semifrío, en tanto que el 35.7% y el 3.57% presentan clima semicálido y cálido respectivamente (figura 4).

De acuerdo a la clasificación del tipo de suelo de Vertisol representa el 25.0% en los municipios estudiados del Estado de Hidalgo seguida de Feozem con un 23.1% y con el menor porcentaje es el Castañozem 1.7% (figura 5). El pH del suelo promedio encontrado en la entidad fue de 5.9 con una media de 4.2 en lo que respecta al porcentaje de materia orgánica. El 56.7% de los municipios presentan pH neutro, el resto corresponde a pH ácido y alcalino en 10.5% y 32.4% respectivamente.

El índice de marginación a nivel estatal reportada por la CONAPO señala que es de 0.87770. En el estudio se encontró que el índice de marginación a nivel localidad muestra que el 1.8% de los municipio estudiados tienen muy bajo índice de marginación, el 7.1% y el 26.8% índice de marginación bajo y medio respectivamente, mientras que los índices alto y muy alto representan el 28.6% y 35.7% respectivamente (figura 6). Cada variable mencionada anteriormente se encuentra desglosada por municipio en Anexo 1.

La distribución de yodo en orina de los niños menores de 5 años de la entidad se describen por municipios y localidades en el anexo 2, donde las concentraciones de yodo urinario se clasificaron en tres categorías (<100  $\mu\text{g/L}$ , 100 - 299  $\mu\text{g/L}$ ,  $\geq 300$

$\mu\text{g/L}$ ), encontrándose que en la localidad de Zacualtipán se tiene el mayor número de casos con deficiencia de yodo  $<100 \mu\text{g/L}$  el 13.3% ( $n = 13$ ) y en la categoría de 100 a  $299 \mu\text{g/L}$  el 6.5% ( $n = 39$ ), mientras que la localidad de Huejutla de Reyes seguida de Zimapán representan el mayor número de casos dentro de la categoría  $\geq 300 \mu\text{g/L}$  con el 4.6% y 4.4% respectivamente ( $n = 24$  y  $n = 23$ ).

Los niveles de yoduria, altitud, índice de marginación, temperatura media anual, pH y porcentaje de materia orgánica de suelo, se describen según dos categorías de yoduria ( $<100 \mu\text{g/L}$  y  $\geq 100 \mu\text{g/L}$ ), donde se presentaron diferencias significativas entre grupos en relación a la yoduria, altitud, índice de marginación y temperatura media anual,  $p = 0.0001$  (tabla 1). Del mismo modo se muestran estas significancias en tres categorías de yoduria ( $<100 \mu\text{g/L}$ , 100 a  $299 \mu\text{g/L}$  y  $\geq 300 \mu\text{g/L}$ ),  $p < 0.0001$  (tabla 2).

En la clasificación del clima por temperatura se observan diferencias, la concentración media de yoduria en el clima cálido es menor ( $Md = 102.0 \mu\text{g/L}$ ) que en el clima semifrío ( $Md = 390.0 \mu\text{g/L}$ ) mientras que los grupos con los climas semicálido y templado tienden a elevarse ( $Md = 204.5 \mu\text{g/L}$  y  $Md = 253.0 \mu\text{g/L}$ ) significativamente,  $p < 0.0001$ . La distribución de la yoduria de acuerdo al clima por humedad, presentó un nivel de significancia importante entre los grupos ( $p < 0.001$ ), observándose que la mediana de yodo en orina se incrementa en el clima seco ( $275.0 \mu\text{g/L}$ ) en comparación con el clima húmedo ( $180.0 \mu\text{g/L}$ ) con un nivel de significancia  $p < 0.05$  (tabla 3).

La mayoría de los niños menores de 5 años residen en localidades donde existe un solo origen de fuente de agua para consumo humano representando el 95.7%, el resto 4.3%, viven en localidades con dos orígenes de fuente de agua. En los lugares donde existe una sola fuente de agua los niveles de yodo en orina varían significativamente de acuerdo al tipo (pozo, manantial, río, arroyo), encontrándose

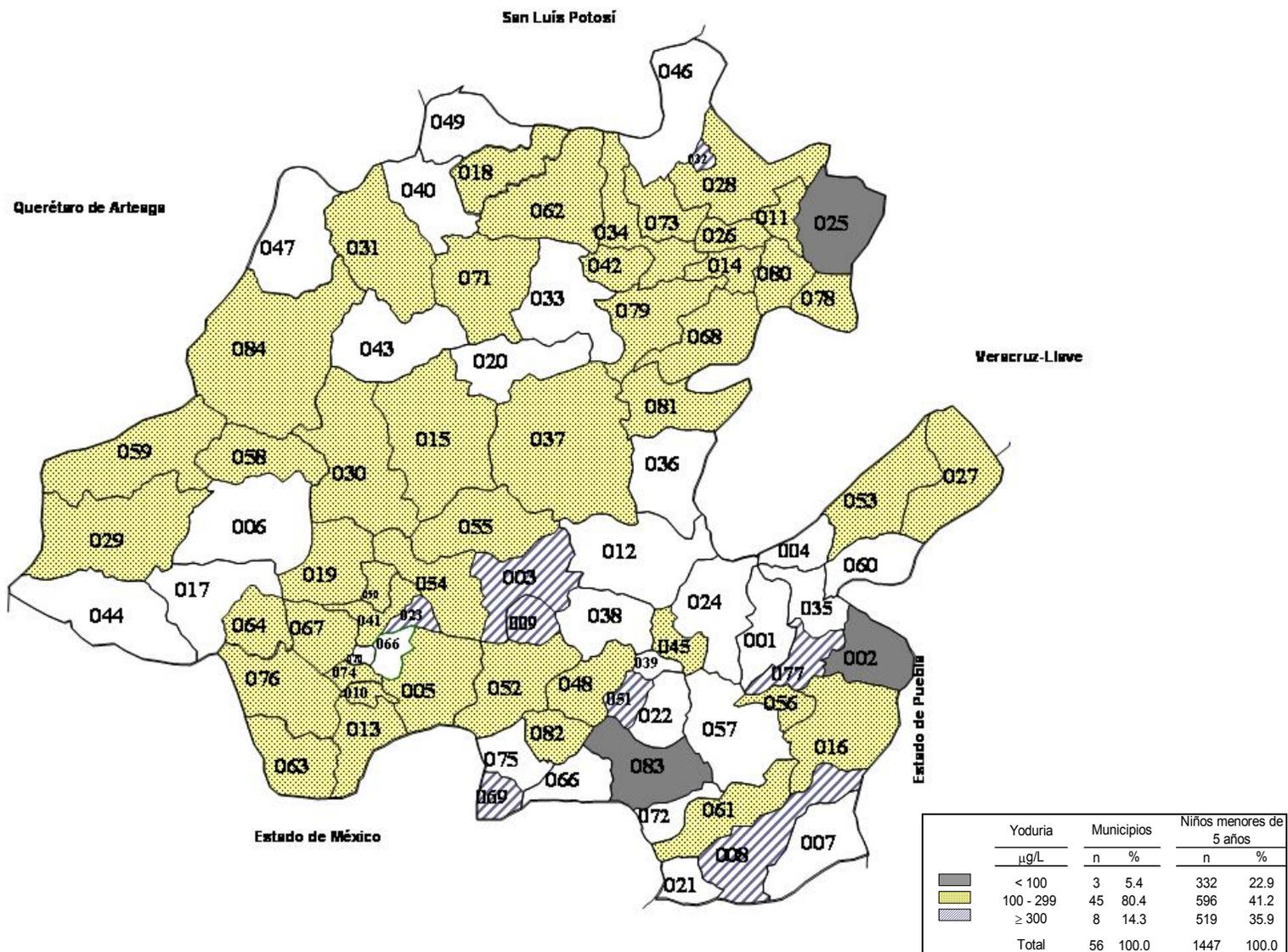
las diferencias mayores de las concentraciones de yoduria de los niños quienes su fuente de agua era de pozo y los niños con fuente de manantial.

Los niveles mas elevados de yodo se presentaron en los niños que residían en lugares con fuente de agua de pozo (Md = 272.0  $\mu\text{g/L}$ ), en tanto que los niveles mas bajos de yodo urinario se presentaron en niños cuya fuente de agua era río (Md = 129.5  $\mu\text{g/L}$ ). Las concentraciones de yodo urinario en los niños que vivían en lugares donde había dos fuentes de agua variaron entre las tres diferentes combinaciones encontradas, pozo y río con una Md = 324  $\mu\text{g/L}$ ; pozo y manantial con una Md = 224.5  $\mu\text{g/L}$  y; manantial y arroyo con Md = 188.0  $\mu\text{g/L}$ , no habiendo diferencias significativas entre grupos (tabla 4).

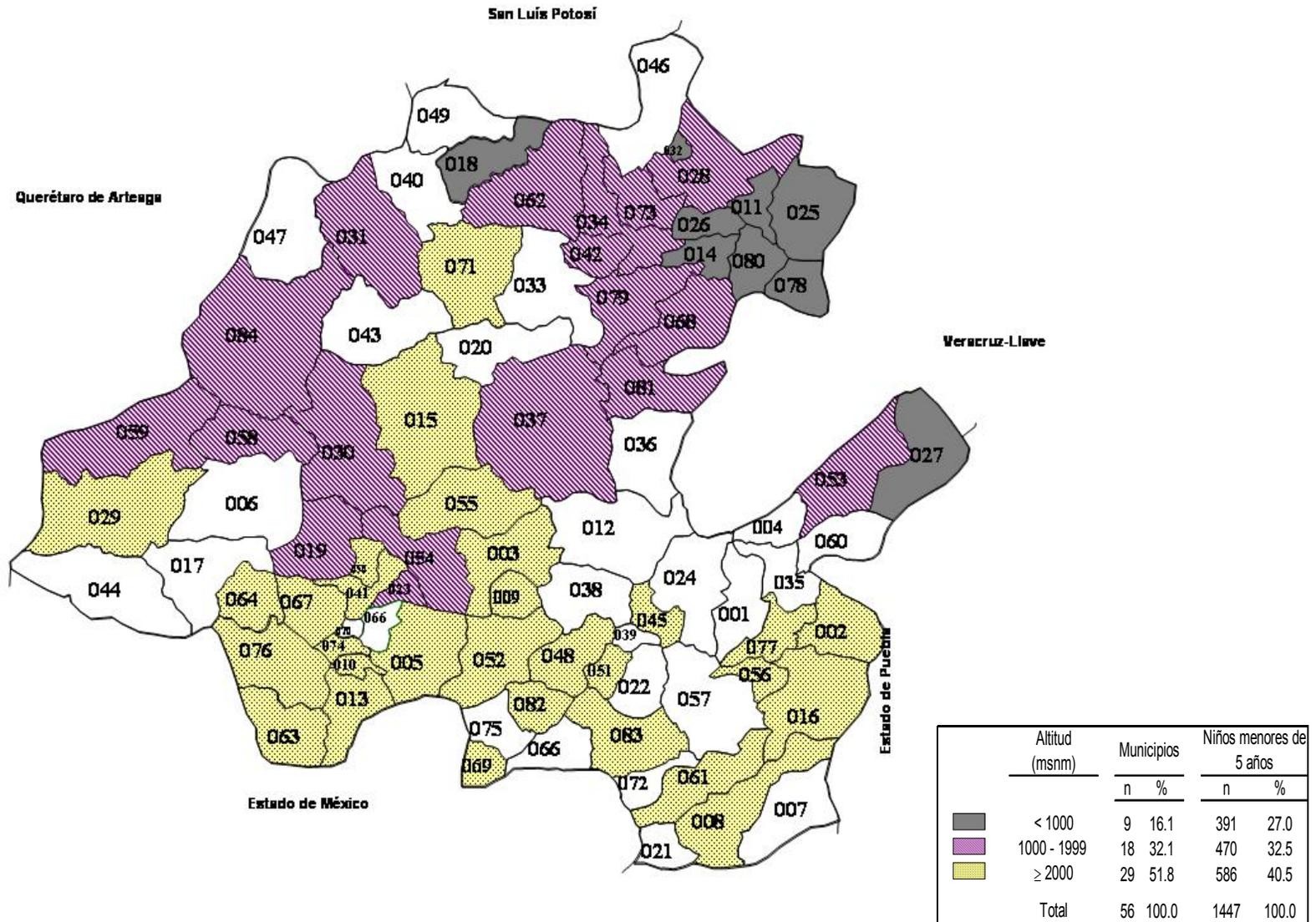
Con lo que respecta al suelo, la mayor concentración de yoduria de los niños menores de 5 años se presentó en aquellos que habitan en el tipo de suelo Vertisol con una Md = a 245.0  $\mu\text{g/L}$  mientras que las concentraciones mas bajas se encontraron en el tipo de suelo Rendizina con una Md = 108.5  $\mu\text{g/L}$  (tabla 5). Dentro de la clasificación de pH, se muestra que la mayor concentración Md de yoduria se encuentra en el pH neutro (274.0  $\mu\text{g/L}$ ) mientras que el pH ácido y alcalino presentan medianas mas bajas (221.0  $\mu\text{g/L}$  y 230.0  $\mu\text{g/L}$  respectivamente), no encontrándose diferencias significativas entre grupos (tabla 6).

Con el fin de evaluar las asociaciones entre los factores ambientales, geográficos y socioeconómicas (altitud, clima, tipo de suelo, altitud e índice de marginación) con la variable yoduria se describen las correlaciones existentes (tabla 7), donde se muestra correlación positiva con altitud  $R = 0.157$ , pH de suelo  $R = 0.034$  y porcentaje de materia Orgánica  $R = 0.057$ ; en tanto que hay correlación negativa con índice de marginación  $R = -0.223$  y temperatura media anual  $R = -0.128$ ; resaltando significancia de yoduria con las variables de altitud, índice de marginación y temperatura,  $p < 0.01$ .

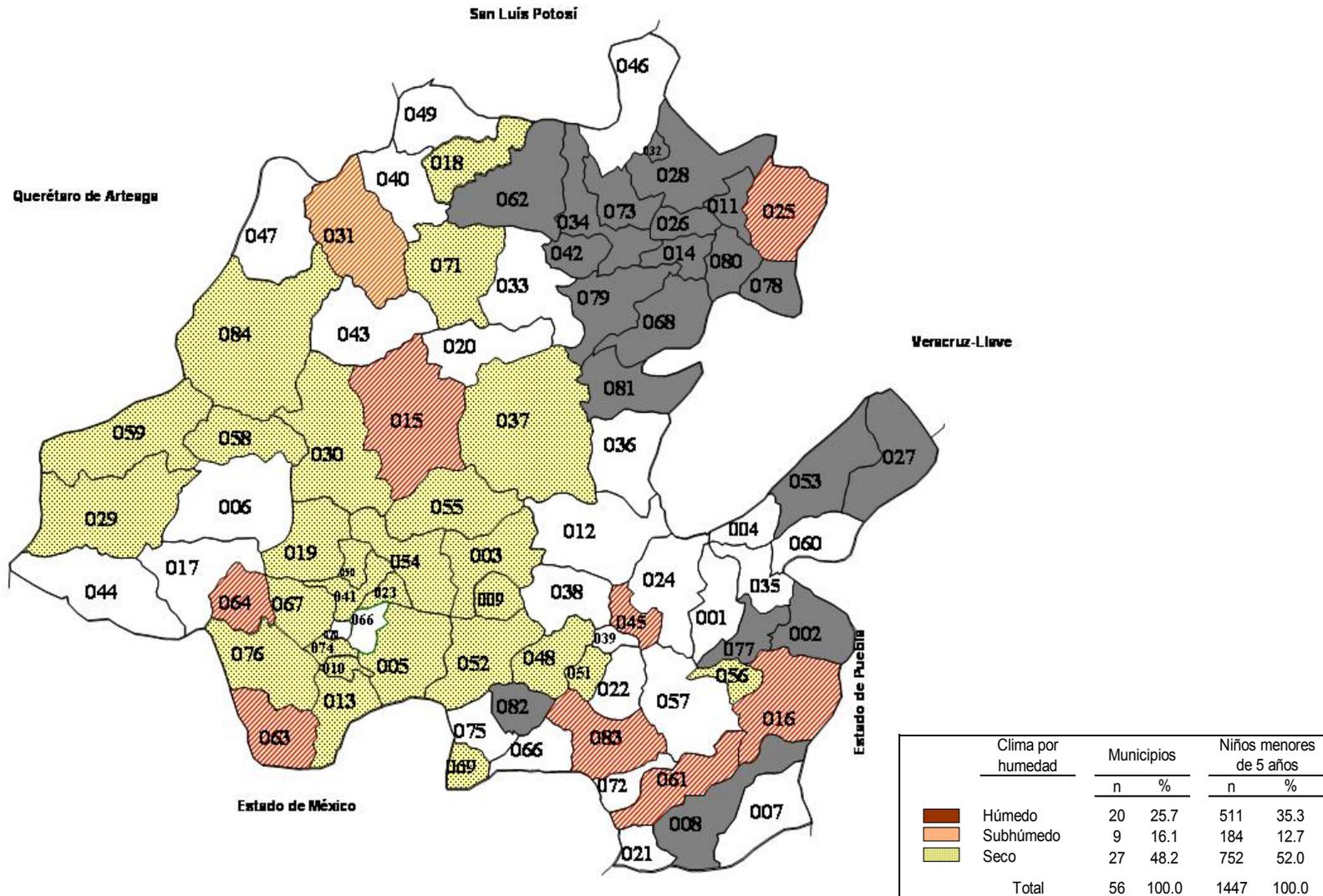
## Mediana de yoduria de los municipios del Estado de Hidalgo



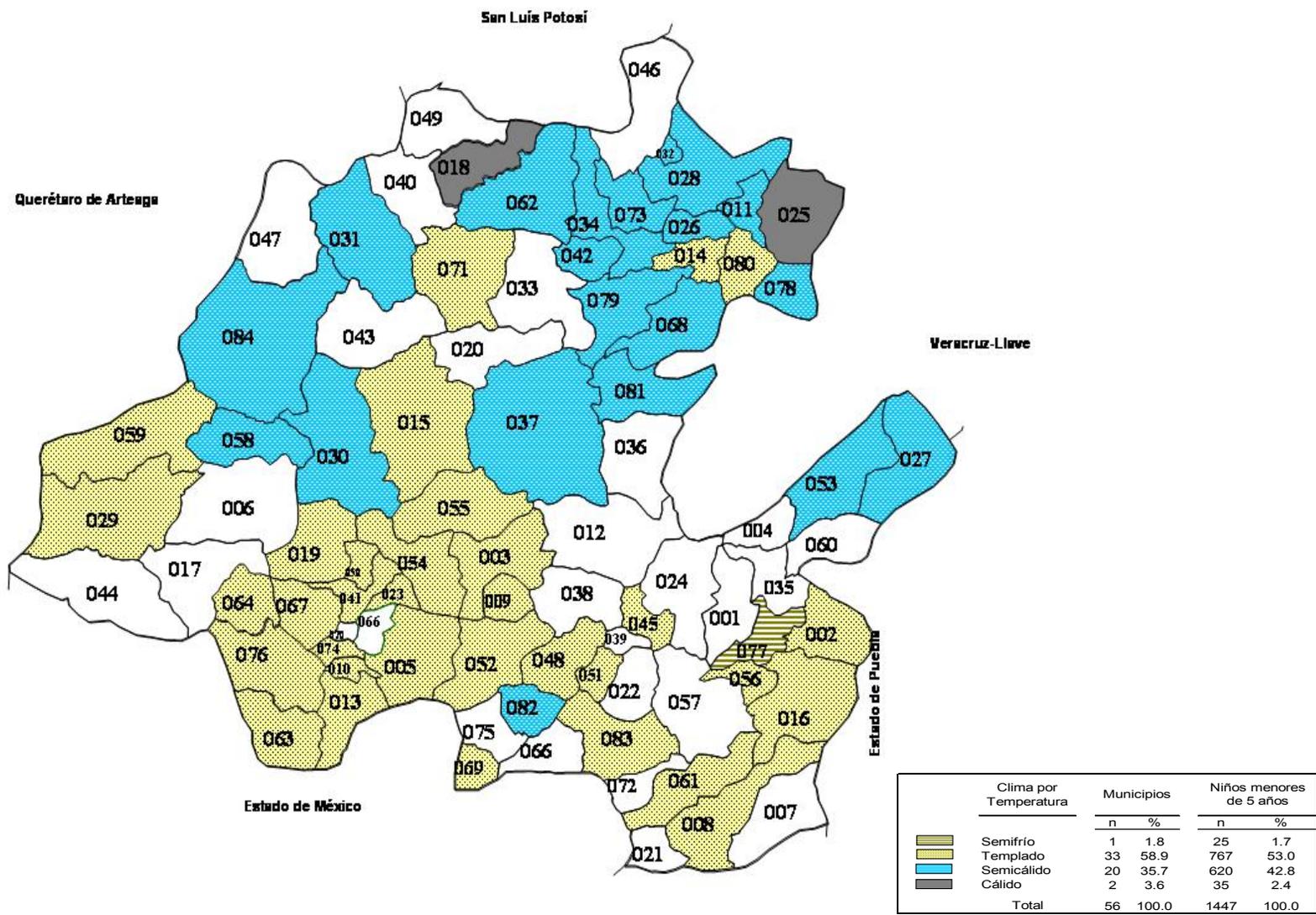
## Altitud promedio de los municipios del Estado de Hidalgo



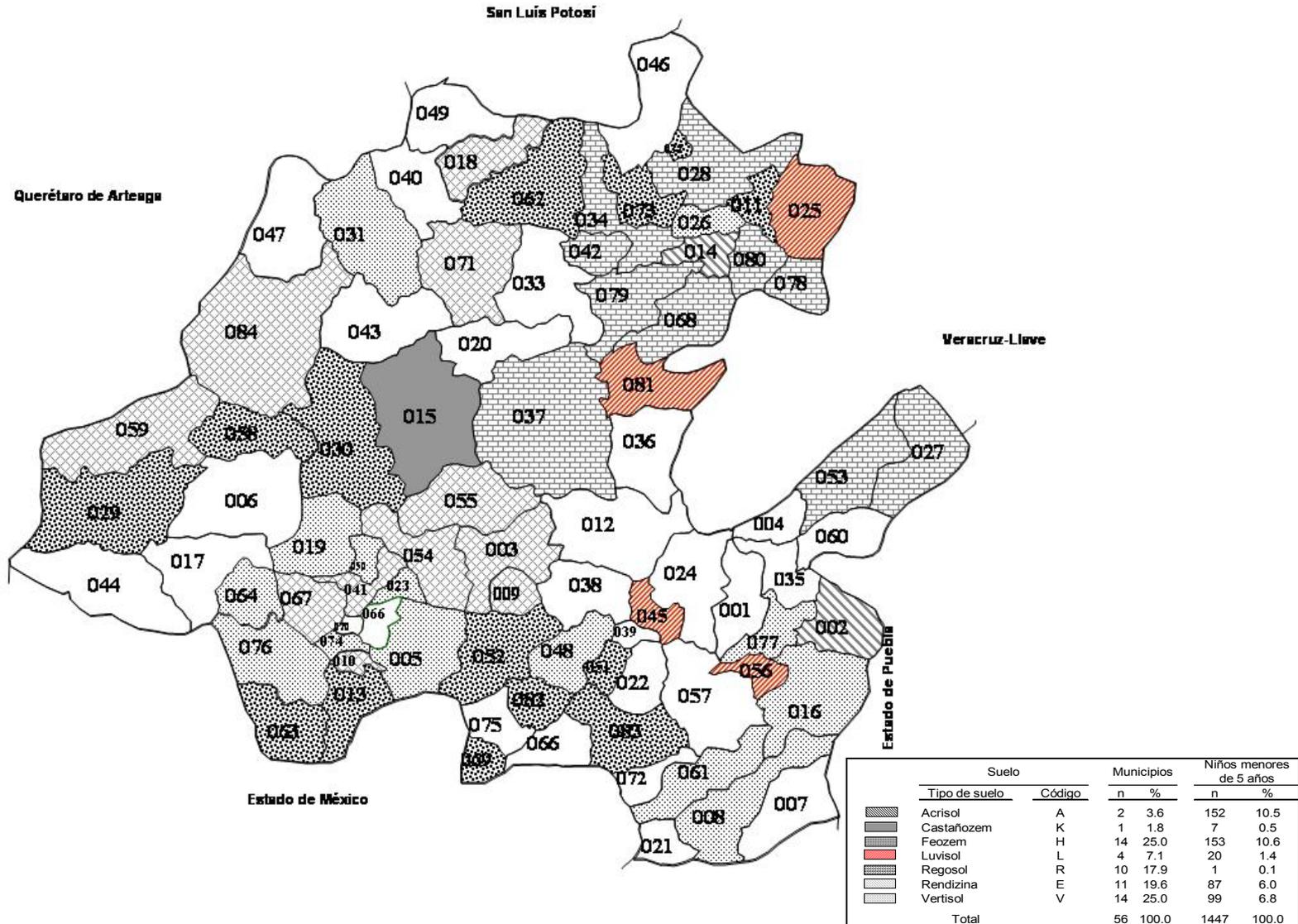
## Clima por humedad de los municipios del Estado de Hidalgo



## Clima por temperatura de los municipios del Estado de Hidalgo



## Tipo de suelo de los municipios del Estado de Hidalgo



## Índice de marginación de los municipios del Estado de Hidalgo

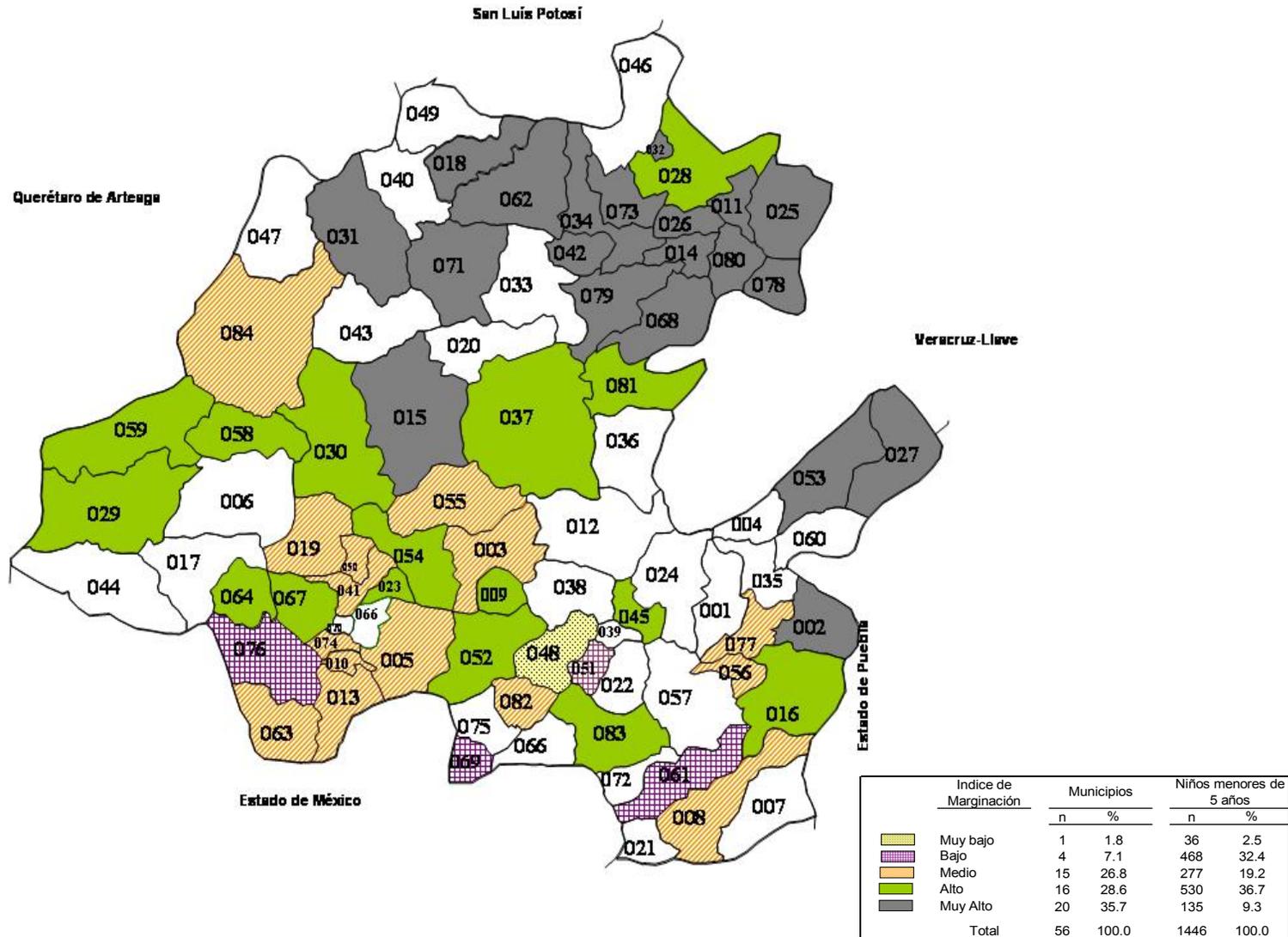


Tabla 1

Descripción de las variables de acuerdo a dos categorías de yoduria de niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo.

Indicador	Yoduria				P <sup>Ω</sup>
	< 100 µg/l		≥ 100 µg/l		
Yoduria <sup>€</sup> (Md, Ri)	61.0	41.0	289.0	405.0	0.0001
Altitud <sup>‡</sup> (x, ±DE)	1401.3	821.4	1618.3	734.5	0.0001
Índice de Marginación <sup>‡</sup> (x, ±DE)	-0.5	1.0	-0.8	0.8	0.0001
Temperatura media anual <sup>‡</sup> (x, ±DE)	18.9	3.3	18.1	2.9	0.0001
pH de suelo <sup>‡</sup> (x, DE)	6.2	0.9	6.3	1.0	0.1090
% Materia orgánica de suelo <sup>‡</sup> (x, ±DE)	4.0	4.1	4.2	5.3	0.4160

Ω ANOVA entre grupos, significancia. € Mediana, Rango intercuartilar; ‡ Media, Desviación Estándar

Tabla 2

Descripción de las variables de acuerdo a tres categorías de yoduria de niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo.

Indicador	Yoduria						P <sup>Ω</sup>
	< 100 µg/dl		100 - 299 µg/l		≥ 300 µg/l		
		± DE		± DE		± DE	
Yoduria <sup>€</sup> (Md, Ri)	61.0	41.0	195.0	106.0	435.0	142.0	0.0001
Altitud <sup>‡</sup> (x, ±DE)	1401.3	821.4	1554.9	760.1	1691.1	697.5	0.0001
Índice de Marginación <sup>‡</sup> (x, ±DE)	-0.5	1.0	-0.7	0.8	-1.0	0.8	0.0001
Temperatura media anual <sup>‡</sup> (x, ±DE)	18.9	3.3	18.3	3.0	17.9	2.7	0.0001
pH de suelo <sup>‡</sup> (x, DE)	6.2	0.9	6.3	1.0	6.3	1.1	0.2760
% Materia orgánica de suelo <sup>‡</sup> (x, ±DE)	4.0	4.1	3.9	4.7	4.7	6.3	0.0530

Ω ANOVA entre grupos, significancia. € Mediana, Rango intercuartilar; ‡ Media, Desviación Estándar

Tabla 3

Concentración de yodo en orina de los niños menores de 5 años de acuerdo al clima por temperatura y humedad en el Estado de Hidalgo

Clima por temperatura	Yoduria ( $\mu\text{g/L}$ )							
	< 100		100 - 299		$\geq 300$		Total	
	n	Md	n	Md	n	Md	n	Md
Cálido	17	62.0	11	148.0	7	419.0	35	102.0
Semicálido	155	62.0	272	193.0	193	432.0	620	204.5*
Templado	156	57.0	308	200.0	303	435.0	767	253.0
Semifrío	4	78.0	5	188.0	16	443.0	25	390.0
$p^{\beta}$	0.4260		0.3320		0.7020		0.0001	
<b>Clima por humedad</b>								
Húmedo	152	56.0	223	188.0	136	421.5	511	180.0
Subhúmedo	52	61.5	74	202.5	58	426.5	184	212.5
Seco	128	63.0	299	204.0	325	443.0	752	274.0**
$p^{\beta}$	0.2620		0.0180		0.2550		0.0001	

$\beta$  ANOVA entre grupos

\* Diferencias significativas entre clima cálido con climas semicálido, templado, semifrío.  $p < 0.05$

\*\* Diferencias significativas entre clima húmedo y seco,  $p < 0.05$

Tabla 4

Concentración de yodo en orina de los niños menores de 5 años de acuerdo a fuentes de agua de consumo en el Estado de Hidalgo									
Un origen	Fuentes de Agua	Yoduria ( $\mu\text{g/L}$ )							
		< 100		100 a 299		$\geq 300$		Total	
		n	Md	n	Md	n	Md	n	Md
Subterránea	Pozo	81	64.0	190	189.5	214	439.0	485	272.0
	Manantial	112	57.0	185	194.0	102	384.0	399	191.0 *
Superficial	Arroyo	4	64.5	5	200.0	7	408.0	16	239.0
	Río	4	44.5	2	214.5	2	439.0	8	129.5
p <sup><math>\beta</math></sup>		0.4680		0.9490		0.0260		0.0001	
<b>Dos orígenes</b>									
Subterráneo y Superficial	Pozo y Río	-	-	1	225.0	1	423.0	2	324.0
	Pozo y manantial	6	82.0	6	157.0	8	435.0	20	224.5
	Manantial y Arroyo	6	61.0	9	188.0	6	439.0	21	188.0
	p <sup><math>\beta</math></sup>	0.0670		0.0823		0.0952		0.0672	

$\pi$  N 951

$\beta$  ANOVA entre grupos

\* Diferencia entre fuente de agua de pozo y manantial  $p < 0.0001$

Tabla 5

Concentración de yodo de los niños menores de 5 años de acuerdo al tipo de suelo del Estado de Hidalgo					
Tipo y subunidades de suelo	Yoduria $\mu\text{g/L}$		Mediana	Mínimo	Máximo
	N	%			
Acrisol	338	23.4	277.0*	1	500
Rendizina	50	3.5	108.5*	1	500
Feozem	415	28.7	241.0	1	500
Castañozem	98	6.8	193.5	1	500
Luisol	6	0.4	124.5*	55	313
Regosol	292	20.2	191.5*	4	594
Vertisol	248	17.1	245.0	1	500
Total	1447	100.0	230.0	1	594

\* Diferencias significativas entre tipos de suelo,  $p < 0.0001$

Tabla 6

Concentración de yodo en orina de los niños menores de 5 años de acuerdo al pH de suelo en el Estado de Hidalgo

pH	N	%	Yoduria $\mu\text{g/L}$		
			Median	Mínimo	Máximo
Ácido	973	67.2	221.0	1	594
Neutro	80	5.5	274.0	22	500
Alcalino	394	27.2	237.5	1	500
Total	1447	100	230.0	1	594

Tabla 7

Concentración de yodo en orina de los niños menores de 5 años de acuerdo las categorías de Altitud

pH	N	%	Yoduria $\text{mg/L}$		
			Median	Mínimo	Máximo
<1000	391	202.7	221.0*	1	594
1000-2000	470	259.34	274.0*	1	500
$\geq 2000$	586	263.33	237.5*	1	500
Total	1447	245.65	230.0	1	594

\* Diferencias significativas entre grupos,  $p < 0.001$

Tabla 8

Correlación entre las variables de yoduria, altitud, índice de marginación, temperatura media anual, pH de suelo y % de materia orgánica de los niños menores de 5 años del estado de Hidalgo

Indicador	N	Indicador				
		Altitud	Índice de marginación	Temperatura media anual	pH de suelo	% Materia orgánica de suelo
Yoduria	1147	0.157**	-0.223**	-0.128**	0.034	0.057*
Altitud	1447	-	-0.563**	-0.836**	0.258**	-0.234**
Índice de marginación	1446		-	0.49**	-0.197**	0.176**
Temperatura media anual	1447			-	-0.193**	0.185**
pH de suelo	1447				-	-0.435**
% Materia orgánica de suelo	1447					-

\*\*Significancia de la correlación < 0.01

\*Significancia de la correlación < 0.05

Tabla 9

Correlación entre las variables de acuerdo a dos categorías de índice de marginación de los niños menores de 5 años del estado de Hidalgo

Indicador	N	1) Índice de Marginación Muy bajo, Bajo y Medio				
		Índice de marginación	Altitud	Temperatura media anual	pH de suelo	% Materia orgánica de suelo
Yoduria	1147	-0.01	-0.025	0.02	-0.054	0.115**
Índice de marginación	1447	-	-0.092*	0.081*	0.112**	0.140**
Altitud	1446		-	-0.759**	0.137**	-0.164**
Temperatura media anual	1447			-	-0.016	0.02
pH de suelo	1447				-	-0.468**
% Materia orgánica de suelo	1447					-
Indicador	N	2) Índice de Marginación Alto y Muy Alto				
		Índice de marginación	Altitud	Temperatura media anual	pH de suelo	% Materia orgánica de suelo
Yoduria	1147	-0.166**	0.153**	-0.108**	0.074	0.053
Altitud	1447	-	-0.448**	0.380**	-0.281**	0.062
Índice de marginación	1446		-	-0.820**	0.283**	-0.222**
Temperatura media anual	1447			-	-0.241**	0.246**
pH de suelo	1447				-	-0.374**
% Materia orgánica de suelo	1447					-

\*\*Significancia de la correlación < 0.01

\*Significancia de la correlación < 0.05

## VII. DISCUSIÓN

De acuerdo con el Consejo Internacional de Lucha Contra los Trastornos de la Carencia de Yodo (ICCIDD) que establece los criterios epidemiológicos para evaluar la gravedad de la deficiencia de yodo, basado en la mediana, en el estado de Hidalgo se encontró una prevalencia de deficiencia de yodo en niños menores de 5 años de 22.9%, de los cuales el 2.1% presentan deficiencia severa, el 6.6% moderada deficiencia y el 14.3% presentan leve deficiencia de yodo.

Los resultados obtenidos demuestran una distribución heterogénea de la muestra estudiada, así el número mayor de niños evaluados pertenecen al municipio de Tula de Allende en una proporción de 5.5% ( $n = 79$ ), en tanto que el municipio de Huejutla de Reyes tiene mayor número de localidades evaluadas con un total de 21, mostrando que la magnitud del problema en cada municipio depende del número de niños menores de 5 años evaluados y de la extensión territorial para cada caso, condicionante de la representatividad de la población para cada municipio.

Los trastornos por deficiencia de yodo están relacionados con el desarrollo neurológico de los niños, debido a que una deficiencia del yodo provoca déficit en el coeficiente intelectual (CI) y el crecimiento normal de éstos. Una de las evidencias más recientes respecto al déficit del CI por deficiencia de yodo fue dirigida por Santiago (30) en el 2004 donde se comprobaron diferencias significativas de la cantidad de yodo en orina sobre dos grupos de niños escolares con diferencias en el CI; de tal forma que el grupo de bajo CI tiene una menor concentración de yoduria que el grupo de alto CI, demostrándose la asociación de que en poblaciones con deficiencia de yodo existe una disminución de las capacidades motoras e intelectuales de los niños.

Las cifras de prevalencia en la entidad demuestran la magnitud del problema, y la necesidad de corregir los trastornos por deficiencia de yodo que han sido

relacionados a través del tiempo con factores que la predisponen, algunos de ellos son, la altitud; la pobreza, que en este caso se asocia con el índice de marginación; características del suelo en pH y presencia de materia orgánica; temperatura ambiental, tipo de clima y la fuente de agua para la población afectada.

Diversos estudios han revelado que las áreas geográficas con deficiencia de yodo se encuentran en zonas montañosas, debido a que la actividad metabólica de la glándula tiroidea es modificada; esto lo demuestra Galton (88), el cual describe que la actividad de la hormona tiroidea en ratas sometidas a hipoxia por una altura aproximada de 5500 msnm, sufre disminución en la proteólisis de la tiroglobulina, molécula que al ser desdoblada libera las hormonas tiroideas para realizar su función, hallazgo comprobado por González (55) que indica que a mayor altura menor nivel de triyodotironina ( $T_3$ ) produciendo un compromiso metabólico; así mismo en Arabia Saudita (89) se diseñó un estudio en el que se compararon dos zonas con presencia de bocio endémico demostrándose que en la población ubicada a 500 msnm la prevalencia de deficiencia es menor (13%) que en la zona con altitud de 3150 msnm (27%).

Como se ha señalado, los cambios climáticos tienen influencia en el metabolismo de las hormonas tiroideas, esto lo comprueba un estudio hecho en un grupo de individuos sanos a los cuales se les midió la excreción de yodo urinario durante un año observándose que la excreción de yodo fue mayor en las estaciones de primavera y verano que las de invierno y otoño (90); otro estudio comprueba que la excreción de yodo cambió durante un año, con valores mas altos en primavera e invierno y mas bajos valores en verano y otoño (78).

En el estado de Hidalgo, los niños menores de 5 años que viven en climas templados presentan una concentración de yodo en orina mayor a los niños que viven en los climas calurosos. La temperatura promedio en la categoría de yoduria  $<100 \mu\text{g/L}$  es mayor ( $18.9 \text{ }^\circ\text{C}$ ) que la temperatura promedio presente en la categoría de yoduria

$\geq 300 \mu\text{g/L}$  ( $17.9 \text{ }^\circ\text{C}$ ). La tasa metabólica se ve incrementada en exposición de temperaturas elevada provocando la disminución de ésta con la producción de sudor; en la cual se pierden minerales presentes en los fluidos corporales; esta condición y la presencia de deficiencias de yodo a tenido poca atención, sin embargo en un estudio elaborado en Taiwán (54) entre 1989 y 1990 cuyo objetivo fue estudiar la pérdida de electrolitos por la sudoración profunda y su relación entre la pérdida de yodo y la deficiencia de este mineral en el crecimiento de la tiroides (bocio); comprobó en una muestra de 13 jugadores de fútbol soccer y 100 estudiantes sedentarios, en una temperatura oscilante de  $30$  a  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ , la concentración de electrolitos en el sudor fue alta, en el caso particular del yodo se estableció que después de una hora de juego la pérdida fue de  $52 \mu\text{g/L}$ ; mientras que el  $38.5\%$  de los jugadores tuvieron concentraciones de yodo por debajo de  $50 \mu\text{g/L}$  comparado con el  $2\%$  del grupo de estudiantes sedentarios y por último el  $46.1\%$  de los jugadores presentaron grado 1 de bocio, visible crecimiento tiroideo comparada con el  $1\%$  de el grupo de los sedentarios. Estos resultados sugieren que la pérdida de yodo por sudor en temperaturas elevadas es un hecho que no se evita, y que puede ocasionar una deficiencia, debido a que no se encuentra disponible el yodo en bebidas para deportistas, sumado a que la alimentación diaria es relativamente baja en este mineral.

Investigaciones orientadas hacia la estabilidad del yodo en la sal, mencionan que tanto la temperatura como la humedad son determinantes de la estabilidad, ya que por su forma química es altamente oxidado en sitios con una alta humedad y temperaturas extremas (71). La clasificación del clima por humedad y los niveles de yoduria de los menores en la entidad confirman este hecho, ya que las concentraciones de yodo en promedio fueron mucho mayores en el clima seco ( $274.0 \mu\text{g/L}$ ) que en el clima húmedo ( $180.0 \mu\text{g/L}$ ). Por lo tanto, para evitar las pérdidas de yodo en sal se debe orientar sobre las especificaciones necesarias del almacén de la sal, así como la corrección de formas de adicionar yodo en ésta.

Respecto al suelo se han encontrado hallazgos sobre la influencia que tienen los diferentes tipos sobre la cantidad de yodo que contienen, debido en gran medida a su origen. La deficiencia de los minerales en el suelo puede predisponer la presencia de trastornos asociados por deficiencia de algún mineral, aspectos que han sido investigados en Nueva Zelanda por Thomson (68) el cual describe que el contenido de yodo en el caso de plantas, frutas, vegetales y animales, depende del área ambiental en donde crecen; otro factor para la disponibilidad del yodo en el suelo es la erosión, ésta provoca disminución en la materia orgánica. Zeltser y col (91) describieron que poblaciones residentes de zonas geográficas con deficiencia de yodo en el suelo, presentaba un consumo menor del mineral en alimentos ahí producidos que los consumidos en áreas con suelos ricos en yodo. En el Estado de Hidalgo los niños menores de 5 años residen en tipos de suelo Acrisol y Feozem en un 23.4% y 28.7% respectivamente, la concentración mediana de yodo fue alta (277  $\mu\text{g/L}$  y 241  $\mu\text{g/L}$  respectivamente) a pesar de que el primer tipo de suelo se caracteriza por tener poca cantidad de nutrientes mientras que el segundo tiene alta erosión se pensaría que hay baja disponibilidad de yodo, condición que no se cumple en este caso.

Se sabe que la disponibilidad del yodo presente en el suelo se debe en gran medida al contenido de materia orgánica y pH de éste (40), pues es ahí donde interactúa con otros minerales para nutrir a los organismos que crecen. En la presente investigación se obtuvieron los tipos de suelo de cada municipio, así mismo el pH y porcentaje de materia orgánica presente, para estudiar la correlación de estos factores con la concentración de yoduria, hallándose que no hay correlación de estos factores con las concentraciones de yodo; esto hace pensar que el análisis elaborado para identificar dicha relación resulta ser limitado, debido a que los datos recolectados para describir estas variables son indirectos y que no hay un análisis bioquímico de cada uno de los tipos de suelos presentes en cada localidad del Estado. No obstante, según el análisis individual de las tres clasificaciones de pH se encontró que los niños que viven en suelos con pH neutro (6.5 - 6.99) tienen una concentración

mediana de yodo mayor (274.6  $\mu\text{g/L}$ ) a los pH ácidos (0 - 6.49) y básicos (7 - 14), (237.8  $\mu\text{g/L}$  y 245.7  $\mu\text{g/L}$  respectivamente), podría pensarse que en un pH básico la disponibilidad de la materia orgánica del suelo es mas provechoso para los alimentos que se producen, sin embargo las diferencias no fueron significativas.

En cuanto a las fuentes de agua, se sabe que los océanos son los principales reservorios de yodo en la naturaleza y que a partir de ellos el yodo se distribuye en suelo, aire, y otras fuentes de agua (43). De esta forma el ser humano adquiere de los recursos naturales al yodo. Las diferencias significativas encontradas en los tipos de fuente de agua fueron en las fuentes subterráneas de pozo y manantial ( $p < 0.01$ ) a pesar de que las dos son del mismo origen se hace pensar que las concentraciones mediana de yodo en el pozo son mas altas que los de manantial (272.0  $\mu\text{g/L}$  y 191 $\mu\text{g/L}$ ) respectivamente por su simple naturaleza, ya que proviene de acuíferos naturales o artificiales mas profundos del suelo haciendo mas rico el aprovechamiento de minerales. Por otra parte las concentraciones de yodo fueron más altas en niños que tienen como fuente de agua principal al agua subterránea de pozo (272.0  $\mu\text{g/L}$ ) que los que tienen como fuente al agua superficial de río como fuente principal (129.5  $\mu\text{g/L}$ ), esta condición se debe a que la concentración y la estabilidad de yodo en el agua subterránea es mayor que en aguas superficiales, en ellas el yodo puede ser evaporado con otros minerales, o simplemente combinarse con otros minerales que lo hacen poco disponible.

Por otro lado las fuentes de agua y el tipo de suelo, contribuyen a que el contenido de yodo en diversos alimentos varíe ampliamente, debido a que depende del contenido del yodo en el suelo donde se cultiva, es por esto que las tablas de composición de los alimentos podrían no ofrecer cifras precisas en cuanto su contenido (29).

En Hidalgo la correlación del estado de yodo en orina con la altitud fue significativa, sin embargo no se cumplen las condiciones demostradas por anteriores estudios,

debido a que esta relación fue positiva, la altitud en que viven los niños menores de 5 años con deficiencia de yodo en la entidad fue de 1401 msnm y en aquellos sin deficiencia de yodo el promedio de la altitud fue de 1618 msnm; con un valor de  $r = 0.157$  ( $p < 0.01$ ).

Esta condición puede ser explicada por la pobreza presente en las localidades con mayor deficiencia, es decir, las localidades ubicadas en menor altura son las que tienen alto índice de marginación (0.02075) en comparación a las localidades con ausencia de la deficiencia, las cuales reportan un índice de marginación medio (-1.12683), estos hallazgos comprueban que la pobreza económica, educativa y en condiciones de vivienda contribuyen a la disminución de la disponibilidad de alimentos, argumento descrito por Hernán (57) quien afirma que la marginalidad social de las de personas que viven en pobreza extrema, las hace altamente vulnerables a las desnutrición y la enfermedad por la limitada accesibilidad de una dieta adecuada, en este contexto, las deficiencias de micronutrientes son una parte importante, aunque no aislada, del más amplio y serio problema del hambre crónica y la desnutrición que afecta a un número muy elevado de zonas marginales en los países en desarrollo.

Sin duda el índice de marginación tiene gran significancia en la disponibilidad de yodo esto se ve reflejado por la mayor correlación que tiene con los factores predisponentes de la deficiencia, notándose que la yoduria en índices de marginación muy bajo, bajo y medio la correlación ( $r = -0.01$ ) no es significativa comparadamente con los índices de marginación alto y muy alto ( $r = -0.066$ ), con un nivel de significancia de  $p < 0.01$ .

El Dr. Rivera (92) hace referencia a que las causas básicas de la desnutrición son la disponibilidad y control de los recursos económicos, humanos e institucionales, los cuales están determinados por la disponibilidad de recursos, la estructura

económica, factores políticos y el acceso y la calidad de la educación, declaración que apoya lo publicado por Hernán.

## VIII. CONCLUSIONES

Este estudio permite corroborar los objetivos planteados, considerando que la persistencia de deficiencia de yodo en la población del estado de Hidalgo, evidenciando que sigue siendo una zona endémica en México de TDY. De manera particular en los niños menores de 5 años es un problema de salud pública aún no resuelto.

El factor determinante mas significativo de la deficiencia de yodo en este estudio fue la pobreza, la cual se refleja en altos índices de marginación que incluye la baja disponibilidad de recursos económicos, educativos y de acceso a los servicios, lo que esta condicionando un limitado acceso o disponibilidad de yodo en la dieta. Aunado a esta condición se agregan factores ambientales y geográficos que de manera clara predisponen la deficiencia de yodo en la entidad, siendo los climas cálidos, húmedos, fuentes de agua superficiales y suelos pobres en materia orgánica las variables que mejor predicen la deficiencia de yodo en la entidad.

Los factores ambientales, geográficos e índice de marginación son útiles para predecir de manera significativa la deficiencia de yodo en la población; el presente estudio permitió identificar los municipios del estado de Hidalgo con mayor riesgo de padecer TDY, constituyéndose en una herramienta útil para la planeación de acciones y la toma de decisiones.

## **IX. RECOMENDACIONES**

- Utilizar como marco metodológico el presente estudio para identificar las localidades y municipios en riesgo de TDY.
- Iniciar programas que incidan sobre la disponibilidad y acceso a yodo (como la suplementación supervisada) en las zonas identificadas con altas prevalencias de deficiencia de yodo en orina.
- Establecer estrategias de orientación a la población sobre la prevención de de los TDY.
- Vigilar el consumo de yodo en sal y de otros alimentos en las zonas identificadas con riesgo.
- Establecer líneas de investigación sobre los TDY en el Estado de Hidalgo con el fin de contribuir en el conocimiento y la prevención de la deficiencia de yodo.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rodríguez, OMA. Deficiencia de yodo y sus implicaciones para la salud del hombre. Rev Cub Aliment Nutr. 1996; 10(2): 1 - 10.
2. WHO/UNICEF/ICCIDD Progress Towards the Elimination of Iodine Deficiency Disorders (IDD). WHO/NHD/99.4. 2000.
3. Organización Mundial de la Salud. Prevención y control de los trastornos por carencia de yodo. 52ª Asamblea mundial de la Salud. 1999. A52/11.
4. Stacpoole LH. El bocio endémico en México. Consejo de Salubridad General Secretaría de Salud. México. 1994. p 353.
5. United Nations, Population Division, World Population Prospects: the 2002 revision. En Prevalence of Iodine Deficiency World Wide. The Lancet. 2003; 362(29):1859 - 1860.
6. Gutiérrez A, González A. Eliminación del Bocio Endémico asociado a Deficiencia de Yodo. Avances y perspectivas. SSA/UNICEF/OPS. 2002. p 48.
7. Dirección General de Epidemiología Encuesta para definir Áreas con Deficiencia de Yodo (ENDEYO).1993. En: Resultados de la encuesta sobre deficiencia de yodo en México. Tapia RC, Kuri MP, González FE, Olaiz FG, Sepúlveda AJ. Bol Med Hosp Infant Mex. 1996; 53(6): 269 - 275.
8. The Western Hemisphere Nears Iodine Sufficiency. IDD Newsletter. 2001; 17(1): 1 - 9.
9. Rivera ID, Shamah LT, Villalpando HS, González CT, Hernández BP, Sepúlveda J. Encuesta Nacional de Nutrición 1999. Estado de Nutrición de niños y Mujeres en México. Cuernavaca, Morelos México: Salud Publica Mex, 2001.
10. Petrell AP, Aguirre A, Canelos P, Higa AM, Ceballos JL, Magos C, et. al. Consenso sobre los Trastornos por deficiencia de Yodo en Latinoamérica. Criterios de Evaluación y monitoreo para su erradicación sostenida. Rev Cubana Endo. 1999; 10(2): 146 - 156.

11. Martínez H, Castañeda R, Lechuga D, Ramos RI, Orozco M, Rivera J, Mendoza I, Magos C. Deficiencia de yodo y otros posibles bociógenos en la persistencia del bocio endémico en México. *Gac Méd Méx*, 2002; 2(138):149 - 156.
12. Archivo General de la Subdirección de Control de Enfermedades, Servicios de Salud Hidalgo, 2005.
13. Casanueva E, Kaufer M, Pérez L, Arroyo. *Nutriología Médica*. Panamericana. 2da ed. México D. F, 2001. p. 719
14. Krukowski S, Iodine. *Min Eng* 2004; 56(6): 27 - 29.
15. Garritz A, Chamizo JA. *Química*. UNAM. México, 1998.
16. Keenan CW, Kleinfelter DC, Wood JH. *Química general universitaria*. 3ra ed. México. CECSA. 2000. p 726 - 738.
17. Grabwki T. *Principios de Anatomía y Fisiología*. 9na ed. México D. F. Interamericana. 2000. p 587 - 593.
18. Gartner LP, Hiato JL, *Texto, Atlas de histología*. 1ra ed. México, D. F. Mc Graw Hill. 2002. p. 297 - 302.
19. Leeson TS, Leeson CR, Paparo AA. *Texto/Atlas de histología*. 1ra ed. Mc. Graw Hill Interamericana. México, D. F. 1998. p 579 - 582.
20. Daryl K, Granner, MD. Hormonas tiroideas. En: Murria RK, Mayes PA, Granner DK, Rodwell VW. *Bioquímica de Harper*. 15ed. México D. F. Manual moderno; 2001. p. 641 - 646.
21. Greenspan FS, Strewler, GJ. *Endocrinología Básica y clínica*. 4ta. ed. México. Manual Moderno; 2000. p. 221 - 296.
22. Guyton AC, Hall JE, *Tratado de fisiología Médica*. 10ma ed. México, D. F. Mc. Graw Hill Interamericana. 2001. p. 1031-1043.
23. Hedley C, Freake. Iodine. En Stipanuk, MH. *Biochemical and Physiological Aspects Nutrition*. 1995: 761 - 781.
24. Prieto JC, Hormonas hipotalámicas, hipofisarias, tiroideas y esteroideas. En: *Bioquímica. Aspectos estructurales y vías metabólicas*. Herrera, E. 2da ed. Madrid, España: Mc Graw Hill; 1991. p 1145 – 1162.

25. Eldridge, AL. Comparison of 1989 RDAs and Minerals. Calcium, Phosphorus, Magnesium, Iron, Zinc, Iodine and Selenium. *Nutr Today*. 2004. 39(3):143 - 147.
26. ICCDD, UNICEF, WHO. Assessment of iodine Deficiency Disorders and Monitoring their Elimination. 2001. WHO/NHD/01.1.
27. Harlem BG. Unites Nations General Assembly Special Session on Children Sustained Elimination of Iodine Deficiency Disorders. WHO. 2002. p 2
28. Hetzel BS. Iodine deficiency disorders IDD and their eradication. En: WHO La eliminación mundial de la carencia de yodo está a nuestro alcance. 15 Dic 2004. en línea: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr93/es/>
29. Latham MC, Trastornos por carencia de yodo. *Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. FAO. 2002.
30. Santiago FP, Fernández TU, Barahona RT, Martínez JA, Hernández L, Escofet S. Déficit de yodo y cociente intelectual. *Med en Familia*. 2004; 5(3): 129 - 135.
31. Querido A, Delante FM, Dunn JT, Fierro-Benitez R, Ibbertson KH, Koutras DA. Definitions of endemic goiter and cretinism, classification of goiter size and severity of endemics and surveys techniques. En: *Cretinismo endémico*. Gómez FM, Álvarez OCA, *Bol Med Hosp Infant Mex*. 1997 Feb; 54(2): 105 - 109.
32. Gómez FM, Álvarez OCA. Cretinismo endémico. *Bol Med Hosp Infan Mex*. Feb 1997; 54(2): 105 - 109.
33. Mc Carrison R. Observations on endemic cretinism in the Chitral and Gilgit valleys. En: *Cretinismo endémico*. Gómez FM, Álvarez OCA, *Bol Med Hosp Infant Mex*. 1997; 54(2): 105 - 109.
34. Stanbury JB. Prevention of Iodine Deficiency. En *Prevention of Micronutrient Deficiencies. Tools for Policymakers and Public Health Workers*. Washington, USA. p 167 - 206.
35. Pardede LVH, Hardjowasito W, Gross R, Dillon D, Totoprajogo OS, Yosoprawoto M, Untoro J. Urinary Iodine Excretion Is the Most Appropriate Outcome Indicators for Iodine Deficiency at Field Conditions at District Level. *J Nutr*. 1998; 128: 1122 - 1126.

36. OMS. Indicators for Assessing iodine deficiency Disorders and their control through salt iodization. En: Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo. Latham MC, FAO. 2002.
37. Hetzel BS, Clugston GA. Yodo. En: Shils, Olson AJ, Shik M, Ross CA. Nutrición en Salud y Enfermedad. 9na ed. Mc Graw Hill. México. 2002; p 291 - 304.
38. Guías para la Interpretación de Cartografía. Edafología. INEGI. 1990. México. p 41.
39. Fitz PE. Introducción a la Ciencia de los suelos. Trillas, 1998. México D. F. p 41 - 129.
40. Bohn HL, Brian LM, CONNOR GE. Química del suelo. Limusa. 1995. México. P 155 - 161.
41. Marshal CP, Fairbridge RW, Encyclopedia of geochemistry. New York, E.U; Kluwer academic publishers, 2000. p. 339 - 342.
42. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática Anuario Estadístico, Hidalgo. INEGI. Gobierno del estado de Hidalgo 2004.
43. Elementos del agua. Educación ambiental. Pax México. 2000. p 165 - 175.
44. Aguirre LN. Ciencia de la tierra y del medio ambiente. Manual moderno. 1999. p 231 - 239.
45. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Diccionario de datos hidrológicos de aguas subterráneas (vectorial). INEGI. 1998, p 30.
46. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Diccionario de hidrología superficial (alfanumérico). INEGI. 2001. p 28.
47. Ordenamiento Ecológico Territorial. Estado de Hidalgo. Periódico oficial. CODE. 2001. p 85 - 123.
48. Fuentes de agua. Base de datos de Comisión Nacional del Agua. CNA Pachuca, Hidalgo; 2005.
49. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Guías para la Interpretación de Cartografía. Climatología. INEGI. 1990. México. p 50.
50. García ME. Apuntes de Climatología. UNAM. México. 1989. p 103 - 137.

51. García ME; Clasificación para la República Mexicana al Sistema de Clasificación climática de Köopen. México. 1988.
52. Comisión Nacional del Agua. Prácticas Operativas de Mantenimiento en Estaciones Climatológicas Convencionales. Manual para el personal operador. CNA 2001.
53. Andersen S, Pedersen KM, Pedersen IB, Laurberg P. Variations in urinary iodine excretion and thyroid function. A 1 – year study healthy men. *Europ J Endo*, 2001; 144: 461 - 465.
54. Mao FI, Chen ML, Ko YC. Electrolyte Loss in Sweat and Iodine Deficiency in a Hot Enviroment. *Arch Env Health*, 2001; 56(3): 271 - 276.
55. González GF. Metabolismo en las grandes Altura. *Acta Andina*, 2001; 9(1-2): 31 - 42.
56. Aguilar FL, Factores Geográficos que afectan la distribución de Bocio Endémico en la República Mexicana. UNAM. 1973. p 99.
57. Hernán DC. Malnutrición de micronutrientes. Estrategia de prevención y control. *Colombia Med*. 2001; 32(2): 95 - 98.
58. OMS. Informes sobre la salud del mundo, caminos hacia el futuro. 2003. OMS. En línea (18 de sept 2005). [www.who.int/whr/2003/chapter2/es/index.html](http://www.who.int/whr/2003/chapter2/es/index.html).
59. CONAPO/progres. Índices de marginación, 1995. Consejo Nacional de Población, México.
60. Cortés, F. Consideraciones sobre la marginalidad, marginación, pobreza y desigualdad en la distribución del ingreso. 2002. *Papeles Pob*; 31: 9 - 25.
61. Consejo Nacional de Población. Concepto y dimensiones de la marginación a nivel localidad. CONAPO. México. 2000 p 17 - 20.
62. Consejo Nacional de población. Metodología de estimación del índice de marginación a nivel localidad, 2000. CONAPO. México. 2000 p 221 - 235.
63. Consejo Nacional de Población. Marginación, severidad de la pobreza y rezago sociodemográfico. CONAPO. México. 2001. p 33 - 52.
64. Gómez F. Desnutrición. *Salud Pública Mex*. 2003. 45(S): 5576-5581.

65. Mercedes J, La regulación Sanitaria en la Prevención del Bocio. Bol Med Hosp Infant Mex. 1996; 53(6): 279 - 280.
66. Sivakumar B, Brahman GNV, Nair M, Ranganathan S, Vishnuvardhan RM, Vijayaraghavan. Prospects of fortification of SALT with iron and iodine. Brit J Nutr. 2001. 85 S: 167 - 173.
67. Hetzel, B. Eliminating iodine deficiency disorders – the role of the International Council in the global partnership. WHO. 2000; 80(2): 410 - 412.
68. Thomson CD, Selenium and iodine intakes and status in New Zealand and Australia. Br J Nutr 2004; 91 (5): 661 - 672.
69. Pennington JA. Iodine concentration in US milk: variation due to time, season and region. En: Dahl L, Opsahl JA, Meltzer HM, Julishemn K. Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. British J Nutr 2003, 90: 679 - 685.
70. Phyllips AI. Iodine. Geol. Surv minerals year Book. 1999: 38.1 - 38.6.
71. Pretell EA, Delante F, Hostales C, Corigliano, Barreado L, Higa AM, Altschuler N y col. Iodine Nutrition Improves in Latin America. Thyroid. 2004; 14(8): 592 - 560.
72. Diosady, L L, Venkatesh M M G, Stability of Iodine in Iodized Salt; on line: (25 de abril de 2005); [http:// www.people.virginia.edu/](http://www.people.virginia.edu/)
73. Nelly FC. Studies on the stability of iodine compounds in iodized salt. En: Stability of Iodine in Iodized Salt. Diosady, L L, Venkatesh M M G, on line: (25 de abril de 2005); [http:// www.people.virginia.edu/](http://www.people.virginia.edu/)
74. Diario Oficial de la Federación el 14 de mayo 1963. En: Factores Geográficos que afectan la distribución de Bocio Endémico en la República Mexicana. Aguilar FL, UNAM. 1973. p 99.
75. Norma Oficial Mexicana de Bienes y Servicios. NOM–040SSA1-1993. Sal yodada y Sal yodada fluorurada. Especificaciones Sanitarias, establece las especificaciones sanitarias de la sal yodada y sal yodada fluorurada destinadas para el consumo humano y para la sal yodada destinada para consumo animal. 1993.
76. Norma Oficial Mexicana NOM-038-SSA2-2002, Para la prevención y control de las enfermedades por deficiencia de yodo. 2002.

77. Salarkia N, Hedayati M, Mirmaran P, Kimiagar M, Azizi F. Evaluation of the impact of and iodine supplementation program on severely iodine-deficient schoolchildren with hypothyroidism. *Public Health Nutr* 2003; 6(6): 529 - 533.
78. Mirmiran P, Hedayati M, Noohi S, The effect of iodized oil administration on the impaired hearing of iodine deficient schoolchildren. *Int Endocrinol Metab* 2003; 2: 61 - 66.
79. Dahl L, Opsahl JA, Meltzer HM, Julishemn K. Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *British J Nutr* 2003, 90: 679 - 685.
80. Base de datos CNA. "Estaciones meteorológicas" de la base de datos de CNA, 2005.
81. Base de datos INEGI. "Altitud por localidad" de la base de datos de INEGI, 2003.
82. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Carta edafológica. Pachuca F14-11-1999. Escala 1:250 000. INEGI. 1999.
83. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Carta edafológica. Ciudad Valles F14-08-1983. Escala 1:250 000. INEGI. 1983.
84. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Carta edafológica. Ciudad de México F14-02-1983. Escala 1:250 000. INEGI. 1983.
85. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Carta de Climas. Estado de Hidalgo. Escala 1:150 000. INEGI. 1999.
86. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Enciclopedia de los municipios de México, Hidalgo. Secretaría de Desarrollo Social. 2000.
87. Comisión Nacional de Población. Base de datos. "Índice de marginación Hidalgo". CONAPO, 2000.
88. Galton VA. Some effects of altitude on thyroid function. *Endocrinology*. 1972; 91(6): 1393 - 403.
89. Abu-Eshy SA, Abolfotouh MA, Al-Naggar YM. Endemic goiter in schoolchildren in high and low altitude areas of Asia region, Saudi Arabia. *Saudi Med J*. 2001; 22(2): 146 - 149.

90. Andersen S, Pedersen KM, Laurberg P. Variations un urinary iodine excretion and thyroid function. A1 – year study healthy men. Europ J Endo, 2001; 144: 461 - 465.
91. Zeltser ME, Aidarkharnov BA, Berezhnaya IM, Speransky GG, Bazarbekova RB, Nurbekova an col. Iodine Deficiency and its Clinical Manifestations in Kazakhstan. Institute of prophylactic pathology, Alma–Ata Kazakhstan. 2000. On line: (15 de mayo de 2005). <http://www.people.virginia.edu/jtd/iccidd/newsletter/idd292.htm>
92. Rivera DJA. Estrategias y acciones para corregir deficiencias nutricias. Bol Med Hosp Infant Mex. 2000; 57(11): 641 - 649.

## XI. ANEXOS

### Anexo 1

<b>Descripción de las variables biológicas, geográficas, ambientales y sociodemográfica, en los municipios del Estado de Hidalgo</b>
--

No	Municipio	n	Yoduria $\mu\text{g/l}$		Temperatura media anual $^{\circ}\text{C}$	Clima		Suelo			Índice de marginación
			Md*	Altitud msnm		Humedad	Temperatura	pH	% Mat. Org.	Código	
2	Acaxochitlan	10	60.0	2240	15	Húmedo	Templado	6	0.3	Ao	0.86002
3	Actopan	39	348.0	2000	16.2	Seco	Templado	5	22.8	E	- 0.93968
5	Ajacuba	9	208.0	2160	19.8	Seco	Templado	8	0.9	Vp	- 0.74580
8	Apan	2	321.0	2480	14.4	Húmedo	Templado	6	1.8	Vp	- 1.03000
9	Arenal, El	23	358.0	2040	16	Seco	Templado	5	22.8	E	- 0.31208
10	Atitalaquia	37	291.0	2080	16.5	Seco	Templado	8	1.4	E	- 1.28343
11	Atlapexco	13	139.0	160	25.3	Húmedo	Semicálido	3	7.6	Hc	1.02607
13	Atotonilco de Tula	40	290.5	2080	17.2	Seco	Templado	6	1.6	He	- 1.12745
14	Calnali	40	113.0	920	19	Húmedo	Templado	6	4.2	Ao	0.62209
15	Cardonal	6	124.5	2040	16	Subhúmedo	Templado	6	3.3	Kk	0.17916
16	Cuautepec de Hinojosa	24	197.0	2260	15	Subhúmedo	Templado	6	1.8	Vp	- 0.18534
18	Chapulhuacan	16	135.5	900	24	Seco	Cálido	8	12.5	E	0.61526
19	Chilcuautla	16	229.5	1860	17	Seco	Templado	8	0.9	Vp	- 0.09520
23	Francisco I. Madero	1	458.0	1980	17	Seco	Templado	8	0.9	Vp	- 0.87230
25	Huahutla	19	90.0	520	18.4	Subhúmedo	Cálido	5	1.6	Lf	0.70493
26	Huazalingo	10	234.5	880	21	Húmedo	Semicálido	2	7.2	Vp	1.31327
27	Huhuetla	30	162.0	440	23.9	Húmedo	Semicálido	6	7.3	Lv	1.55481
28	Huejutla de Reyes	175	192.0	140	22.8	Húmedo	Semicálido	6	7.3	Lv	0.44242
29	Huichapan	23	289.0	2110	16.2	Seco	Templado	8	3.4	HI	- 0.50898
30	Ixmiquilpan	52	276.5	1700	15	Seco	Semicálido	7	3.9	Hc	- 0.63869
31	Jacala	19	241.0	1320	24	Subhúmedo	Semicálido	8	2	Vp	0.06982
32	Jaltocan	2	324.0	200	24.3	Húmedo	Semicálido	6	13	Hc	0.65777
34	Lolotla	14	203.0	1600	18	Húmedo	Semicálido	8	1.2	Re	0.45539
37	Metztitlan	27	273.0	1340	21	Seco	Semicálido	5	2.2	Re	0.35028
41	Mixquiahuala	42	203.5	2100	18.1	Seco	Templado	8	1.4	E	- 1.03655
42	Molango	9	109.0	1600	17	Húmedo	Semicálido	8	1.2	Re	0.08783
45	Omitlan de Juarez	9	160.0	2420	13.3	Subhúmedo	Templado	6	1.6	Lv	- 0.17371
48	Pachuca de Soto	12	201.0	2000	16.5	Seco	Templado	6	1.2	Vp	- 1.85814
50	Progreso de Obregon	14	278.0	2100	13.9	Seco	Templado	8	0.9	Vp	- 1.20788

\* Mediana

(Continúa...)

Anexo 1

(Continuación...)

**Descripción de las variables biológicas, geográficas, ambientales y sociodemográfica, en los municipios del Estado de Hidalgo**

No	Municipio	n	Yoduria <sup>¥</sup> µg/l		Temperatura media anual °C	Clima		Suelo			Índice de marginación
			Md <sup>¥</sup>	Altitud msnm		Humedad	Temperatura	pH	% Mat. Org.	Código	
51	Mineral de La Reforma	4	351.0	2420	16	Seco	Templado	6	10	Hh	- 1.73164
52	San Agustín Tlaxiaca	66	272.0	2360	14	Seco	Templado	6	1	Hh	- 0.53626
53	San Bartolo Tutotepec	8	210.5	1000	19	Húmedo	Semicálido	8	1.2	Re	1.75991
54	San Salvador	11	299.0	1940	17	Seco	Templado	5	22.8	E	- 0.44500
55	Santiago de Anaya	10	238.5	2040	17.2	Seco	Templado	5	22.8	E	- 0.16651
56	Santiago Tulantepec	4	260.0	2180	13	Seco	Templado	6	0.3	Lo	- 0.95303
58	Tasquillo	28	267.5	1640	19.5	Seco	Semicálido	7	3.9	Hc	- 0.28765
59	Tecoautla	41	177.0	1700	17	Seco	Templado	8	1.4	E	0.24539
61	Tepeapulco	4	210.5	2520	14	Subhúmedo	Templado	6	1	Vp	- 1.60510
62	Tepehuacán de Gro.	59	127.0	1000	24	Húmedo	Semicálido	6	4.6	Hh	1.45703
63	Tepeji de Ocampo	70	275.0	2150	17.7	Subhúmedo	Templado	6	1.6	He	- 1.04566
64	Tepetitlan	22	248.5	2010	17.5	Subhúmedo	Templado	6	0.4	Vp	- 0.52352
67	Tezontepec de Aldama	39	282.0	2000	17.1	Seco	Templado	8	1.4	E	- 0.75817
68	Tianguistengo	13	227.0	1640	17.5	Húmedo	Semicálido	6	7.3	Re	1.14909
69	Tizayuca	23	306.0	2270	14.5	Seco	Templado	6	2.8	Hh	- 1.41707
71	Tlahuiltepa	13	208.0	2000	17	Seco	Templado	7	3.8	E	0.64044
73	Tlanchinol	19	223.0	1540	15.9	Húmedo	Semicálido	6	4.6	Hh	0.89248
74	Tlaxcoapan	11	224.0	2080	15.9	Seco	Templado	8	0.9	Vp	- 1.09352
76	Tula de Allende	79	247.0	2030	17.6	Seco	Templado	6	0.4	Vp	- 1.39620
77	Tulancingo	25	390.0	2160	17.5	Húmedo	Semifrío	6	1.8	Vp	- 1.19551
78	Xochiatipán	6	120.0	680	19	Húmedo	Semicálido	6	7.3	Re	1.46304
79	Xochicoatlán	7	129.0	1680	19	Húmedo	Semicálido	8	1.2	Re	0.20403
80	Yahualica	3	234.0	660	15.9	Húmedo	Templado	8	1.2	Re	1.60903
81	Zacualtipán	66	207.5	1980	16.3	Húmedo	Semicálido	6	1.6	Lv	- 0.66812
82	Zapotlán de Juárez	5	188.0	2360	16.2	Húmedo	Semicálido	7	0.1	Hh	- 1.16936
83	Zempoala	11	71.0	2450	14.3	Subhúmedo	Templado	6	7.9	Hh	- 0.73536
84	Zimapan	67	286.0	1780	18.3	Seco	Semicálido	8	1.4	E	- 0.27453
Total		1447	230.0	2000	18	Seco	Templado	5.9	4.2	E	0.87770

\* Mediana

Anexo 2

Distribución de la yoduria en los niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo.  
Por municipios y localidades.

No. Mpio.	N	Nombre	No. Loc.	Nombre de Loc.	Yoduria		
					µg/dL		
					< 100	100 a 299	≥ 300
n	n	n					
2	10	Acaxochitlan	28	Chimalapa	6	4	-
3	39	Actopan	1	Actopan	4	6	12
			11	Dajiedhi	-	4	13
5	9	Ajacuba	1	Ajacuba	1	4	4
8	2	Apan	1	Apan	-	-	1
			51	Lomas de Pedregal	-	1	-
9	23	Arenal, El	12	Col. 20 de Noviembre	-	-	6
			18	Caliente, La	-	2	7
			20	Manzana Uno, La	1	1	3
			21	Garita, La	-	3	-
10	37	Atitalaquia	1	Atitalaquia	1	1	5
			6	Tezoquipa	5	11	12
			13	Cantera, La	-	1	1
11	13	Atlapexco	19	Itzocal	2	4	1
			23	Palo Gordo	1	-	-
			38	Plan Huasteca	-	1	-
			45	Tlahica	2	1	1
13	40	Atotonilco de Tula	2	San José Acoculco	-	4	4
			13	Vito	1	3	11
			15	San Antonio	2	11	2
			25	Sierrita, La	-	1	1
14	40	Calnali	1	Calnali	4	6	2
			6	Coamitla	5	4	-
			15	Tecpaco	3	2	2
			16	Tecueyaca	2	1	1
			17	Techichico	2	2	2
			55	Ahuamolos	2	-	-

(Continua...)

Anexo 2

(Continuación...)

Distribución de la yoduria en los niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo. Por municipios y localidades.					Yoduria μg/dL		
No. Mpio.	N	Nombre	No. Loc.	Nombre de Loc.	< 100	100 a 299	≥ 300
					n	n	n
15	6	Cardonal	7	Buena, El	1	-	1
			10	Cieneguilla	-	1	-
			15	Mesa, La	1	1	-
			16	Moxthe	-	1	-
16	24	Cuautepec de Hinojosa	1	Cuautepec de Hinojosa	1	2	2
			8	Coatzetzingo	4	1	1
			17	San Rafael Mazatepec	1	-	2
			19	Palma, La	2	3	-
			41	Durazno, El	1	3	1
18	16	Chapulhuacan	16	Hondura, La	-	1	2
			29	Piedra, La	2	-	1
			47	Zacatal, El	3	-	-
			79	Loma, La	1	3	-
			84	Colonia Solidaridad	1	-	1
			90	Ceibita, La	-	-	1
19	16	Chilcuautla	13	Texcatepec	4	5	7
23	1	Francisco I. Madero	1	Tepatepec	-	-	1
25	19	Huahutla	11	Coapantla	3	-	-
			46	Tlacuapan	6	5	2
			54	Zacatipa	1	2	-
26	10	Huazalingo	1	Huazalingo	-	-	2
			27	Santo Tomas	1	5	2
27	30	Huhuetla	2	Acuautla	1	-	-
			15	Esperanza # Uno, La	3	-	-
			22	Loma de Buenavista	-	1	-
			34	San Antonio El Grande	1	6	2
			38	San Guillermo	3	2	2

(Continua...)

Anexo 2

(Continuación...)

Distribución de la yoduria en los niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo.  
Por municipios y localidades.

No. Mpio.	N	Nombre	No. Loc.	Nombre de Loc.	Yoduria		
					µg/dL		
					< 100	100 a 299	≥ 300
n	n	n					
28	175	Huejutla de Reyes	90	Cantarranas	2	2	1
			91	Chamizal, El	2	2	-
			1	Huejutla de Reyes	6	17	24
			2	Apartadero, El	1	5	2
			20	Candelacta	2	2	-
			23	Coacuiulco	1	2	3
			32	Coxhuaco 2do.	-	-	1
			35	Cruztitla	3	6	1
			51	Huhuetla	6	4	1
			63	Mesa de Limantitla, La	-	3	-
			69	Pahutlan	5	9	12
			72	Parajes, Los	5	5	-
			78	Ranchi Viejo	3	-	4
			98	Tetzacuath	1	4	1
			110	Zohuala	2	-	1
			119	Ixcuicuila	-	-	-
			137	Tepeolol	2	7	1
			142	Coyoltitla	1	5	-
			156	Poxtla Ixcatlan	-	1	1
180	Coyolzintla	-	1	-			
186	Poxtla Ixcatlan	6	5	-			
205	Peña, La	2	-	-			
223	Garita, La	-	-	1			
29	23	Huichapan	1	Huichapan	-	3	6
			29	Tlaxcalilla	1	8	5
30	52	Ixmiquilpan	1	Ixmiquilpan	4	10	13
			17	Espino, El	1	3	1
			38	Pueblo Nuevo	1	3	5
			42	San Andrés Orizabita	1	3	2
			69	Loma de La Cruz, La	-	3	-
			102	Loma de Pblo. Nuevo,La	2	-	-
31	19	Jacala	29	Quetzalapa	1	1	3
			45	Vado Hondo	2	9	3
32	2	Jaltocan	1	Jaltocan	-	1	1

(Continua...)

Anexo 2

(Continuación...)

Distribución de la yoduria en los niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo.  
Por municipios y localidades.

No. Mpio.	N	Nombre	No. Loc.	Nombre de Loc.	Yoduria µg/dL		
					< 100	100 a 299	≥ 300
					n	n	n
34	14	Lolotla	15	Chiconcoac	4	5	5
37	27	Metztitlan	1	Metztitlan	2	7	6
			49	Tezochuca	1	1	-
			53	Tlatepexe	-	1	5
			95	Miahuatlan	2	1	1
41	42	Mixquiahuala	1	Mixquiahuala	6	9	6
			12	Colonia Veracruz	5	7	9
42	9	Molango	18	San Bernardo	3	2	1
			51	Barrio Tlalaquia	1	1	1
45	9	Omitlan de Juarez	5	Capulin, El	-	1	-
			6	Cerro Gordo	-	-	1
			10	Cruz D Emujer	-	-	1
			27	Tres Cañadas	3	2	1
48	12	Pachuca de Soto	1	Pachuca de Soto	3	5	4
50	14	Progreso de O.	1	Progreso	1	7	6
51	4	Mineral de la Ref.	6	Santa Maria la Calera	1	1	2
52	66	San Agustin Tlax.	1	San Agustin Tlaxiaca	1	4	10
			6	Durazno, El	-	2	-
			10	San Isidrollano Largo	-	4	1
			11	Col. José Ma Pino Suárez	-	1	-
			12	Puerto México	-	1	1
			13	San Juan Solis	4	6	9
			27	Campanario, El	1	2	1
			28	Botho, El	1	1	1
			33	Huizache, El	4	-	-
			39	Providencia, La	-	1	-
			41	Santa Maria	-	2	2

(Continúa...)

Anexo 2

(Continuación...)

Distribución de la yoduria en los niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo. Por municipios y localidades.							
No. Mpio.	N	Nombre	No. Loc.	Nombre de Loc.	Yoduria µg/dL		
					< 100	100 a 299	≥ 300
					n	n	n
			44	Tepozan, El	1	1	-
			63	Barrio Vindho	1	3	-
53	8	San Bartolo Tutot.	1	San Bartolo Tutotepec	2	4	2
54	11	San Salvador	35	Cerro Blanco	-	-	1
			38	Mexquital, El	1	1	1
			40	Xuchitlan	-	4	3
55	10	Santiago de Anaya	2	Aguila, El	-	1	-
			5	Hermosillo Monte Noble	2	2	-
			6	González González	-	1	-
			8	Guerrero	-	-	1
			14	Santa Monica	-	1	1
			25	Puerto, El	-	-	1
56	4	Santiago Tulantepec	1	Santiago Tulantepec	-	1	1
			5	Pedregal de San José, El	-	2	-
58	28	Tasquillo	1	Tasquillo	4	3	5
			17	Portezuelo	2	7	7
59	41	Tecoautla	5	Bajhi	1	2	3
			7	Bomanxotha	4	15	3
			15	Guadalupe	2	1	3
			20	Ninthi	-	2	-
			22	Palmar, El	-	-	4
			89	Huzachal, El	1	-	-
61	4	Tepeapulco	2	F. Bernardino de Sahagun	1	2	1
62	59	Tepehuacan de Gro.	1	Tepehuacan de Gro.			
			4	Acuimantla	3	5	2
			7	Aquilastec	2	4	1
			18	Petlapixca	5	3	5

(Continua...)

Anexo 2

(Continuación...)

Distribución de la yoduria en los niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo.  
Por municipios y localidades.

No. Mpio.	N	Nombre	No. Loc.	Nombre de Loc.	Yoduria $\mu\text{g/dL}$		
					< 100 n	100 a 299 n	$\geq$ 300 n
63	70	Tepeji de Ocampo	20	Reforma, La	7	8	1
			116	Acatlajapa	8	3	2
			1	Tepeji de Ocampo	6	11	10
			6	Melchor Ocampo	9	14	20
64	22	Tepetitlan	6	Loma, La	1	7	3
			15	San Mateo La Curva	-	4	2
			16	Ermita, La	-	-	2
			20	Cuarta Manzana, La	1	1	1
67	39	Tezontepec de A.	1	Tezontepec	1	13	9
			1	Tezontepec de Aldama	-	-	-
			3	Atengo	-	7	9
68	13	Tianguistengo	8	Conchintlan	1	-	-
			14	Chapula	1	2	-
			21	Linderos, Los	-	1	-
			23	Mazahuacán	-	1	-
			40	Tepehuixco	-	1	-
			48	Xalacahuantla	-	2	4
69	23	Tizayuca	1	Tizayuca	3	8	12
71	13	Tlahuiltepa	25	Santiago	1	3	-
			29	Venado, El	-	1	-
			34	Ocotal, El	-	2	1
			36	San Francisco	1	1	-
			67	demañi	-	1	-
			76	Mesa, La	-	-	1
			97	Xuchiatipa	-	1	-
73	19	Tlanchinol	1	Tlanchinol	1	-	-
			22	Ixtlapalla	1	4	1
			19	Pueblo Hidalgo	3	5	4
74	11	Tlaxcoapan	2	Doxey	3	5	3

(Continúa...)

## Anexo 2

(Continuación...)

Distribución de la yoduria en los niños menores de 5 años del Estado de Hidalgo. Por municipios y localidades.							
No. Mpio.	N	Nombre	No. Loc.	Nombre de Loc.	Yoduria µg/dL		
					< 100 n	100 a 299 n	≥ 300 n
76	79	Tula de Allende	8	Llano, El	5	6	6
			13	Mantzha	7	2	5
			18	San Fco. Bojay Pueblo	-	-	2
			22	San Marcos	1	6	3
			24	San Miguel Vindho	3	4	6
			29	Teocalco	3	1	2
			32	Xochitlan de Las Flores	2	7	7
			84	Tesoro, El	-	-	1
77	25	Tulancingo	1	Tulancingo	1	1	10
			18	Santa Ana Hueytlalpan	3	4	5
			70	Frac. del Magisterio T.	-	-	1
78	6	Xochiatipan	1	Xochiatipan	2	3	1
79	7	Xochicoatlan	15	Mixtla	1	-	-
			21	Tlacxcoya	1	3	2
80	3	Yahualica	7	Chiatitla	1	1	1
81	66	Zacualtipan	1	Zacualtipan	13	39	14
82	5	Zapotlan de Juarez	1	Zapotlan de Juarez	1	2	2
83	11	Zempoala	6	Santa Cruz	3	-	1
			30	Trinidad, La	4	3	-
84	67	Zimapan	1	Zimapan	6	12	23
			3	Aguacatito, El	-	-	1
			22	Encarnación	1	3	1
			24	Fco. I Madero (Gpe.)	1	6	4
			33	Estanzuela, La	-	2	3
			48	San Jose del Oro	-	1	-
			111	Marmoles, Los	2	1	-
Total	1447				332	596	519