



**Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Nutrición Humana**

**Efecto de la deficiencia de micronutrientes en la
composición corporal, sobrepeso y obesidad de niños
escolares**

Tesis
Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Nutrición Humana

Presenta:
Lilian Viridiana López Loeza

Dirigido por:
Dra. Olga Patricia García Obregón



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Nutrición Humana

**Efecto de la deficiencia de micronutrientos en la
composición corporal, sobrepeso y obesidad de niños
escolares**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Nutrición Humana

Presenta:

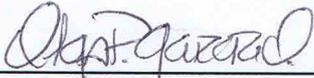
Lilian Viridiana López Loeza

Dirigido por:

Dra. Olga Patricia García Obregón

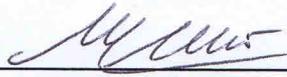
SINODALES

Dra. Olga Patricia García Obregón
Presidente



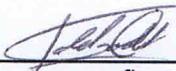
firma

M. en C. María del Carmen Caamaño Pérez
Secretario



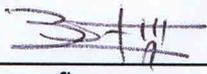
firma

Dra. Karina de la Torre Carbot
Vocal



firma

Dra. Juana Elizabeth Elton Puente
Suplente

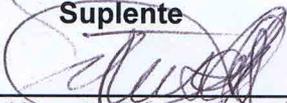


firma

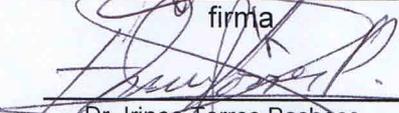
M.N.H. Shadia Elian Mendoza
Suplente



firma



Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca
Director de la Facultad



Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y Posgrado

Resumen

La deficiencia de micronutrientos puede aumentar el riesgo de obesidad y enfermedades crónicas. El objetivo de este estudio observacional transversal fue evaluar la relación entre los niveles de micronutrientos y la obesidad. Participaron en este estudio 98 niños en edad escolar con sobrepeso/obesidad y 99 niños en edad escolar con peso adecuado. Peso, altura, circunferencia de cintura y composición corporal (DEXA) se determinaron en ambos grupos. Se tomaron análisis de sangre de perfil de lípidos, zinc, hierro y concentraciones de vitaminas A, C y E. Los niños con sobrepeso/obesidad presentaron significativamente mayor concentración sérica de vitamina A comparado con los niños de peso normal ($p < 0.05$). Los niños con sobrepeso/obesidad tuvieron menor concentración sérica de vitamina E, ajustado a lípidos comparado con los niños de peso normal ($p < 0.05$). Bajas concentraciones de vitamina C fueron asociadas con mayor promedio de circunferencia de cintura para la altura, masa grasa y masa grasa abdominal en correlaciones ajustadas ($p < 0.05$). A menor concentración de vitamina E ajustada por lípidos menor IMC, IMC para la edad, cintura, cintura para la talla, porcentaje de grasa corporal total y abdominal, colesterol y triglicéridos ($p < 0.05$). Vitamina A fue asociada positivamente con IMC, IMC para la edad, promedio de circunferencia para la altura, grasa abdominal, triglicéridos, colesterol y LDL ($p < 0.05$). Las concentraciones de zinc se asociaron en forma positiva con colesterol total y LDL ($p < 0.05$). En esta población, la deficiencia de micronutrientos no aumenta el riesgo de tener sobrepeso/obesidad. En conclusión, bajas concentraciones de vitamina C y vitamina E ajustada por lípidos se asociaron con obesidad y adiposidad en esta población, observándose el efecto contrario de la vitamina A. Además, altas concentraciones de vitamina A y zinc en niños escolares de zona rural en México con sobrepeso y obesidad se asociaron con altos niveles de lípidos. Son necesarios más estudios para determinar las causas de estas asociaciones.

Palabras clave: micronutrientos, sobrepeso, obesidad, niños.

Abstract

Micronutrient deficiencies could increase the risk of obesity and chronic disease. The objective of this cross-sectional study was to evaluate the relationship between micronutrient status and obesity. Participated in the study 98 school-aged children with overweight/obesity and 99 school-aged children with adequate weight. Weight, height, waist circumference, and body composition (DEXA) were determined in both groups. A fasting blood sample was taken for the analysis of zinc, iron and vitamins A, C and E concentrations. Children with overweight/obesity had significantly higher serum vitamin A compared to normal weight children ($p < 0.05$). Children with overweight/obesity had lower serum vitamin E, lipid-adjusted compared with normal-weight children ($p < 0.05$). Low concentrations of vitamin C were associated with higher average waist-to-height ratio, fat mass and abdominal fat mass adjusted correlations ($p < 0.05$). A lower concentration of lipid-adjusted vitamin E lower BMI, BMI for age, waist, waist-to-height ratio, percentage of total body and abdominal fat, cholesterol and triglycerides ($p < .05$). Vitamin A was positively associated with BMI, BMI-for-age, waist-to-height ratio, abdominal fat, triglycerides, cholesterol and LDL ($p < 0.05$). Zinc concentrations were associated positively with total cholesterol and LDL ($p < 0.05$). In this population, micronutrient deficiency does not increase the risk of overweight/obesity. In conclusion, low concentrations of vitamin C and vitamin E adjusted by lipids are associated with obesity and adiposity in this population, showing the opposite effect with vitamin A. In addition, high concentrations of vitamin A and zinc in children at countryside schools in Mexico with overweight and obesity were associated with high levels of lipids. More studies are needed to determine causality of these associations.

Key words: micronutrients, overweight, obesity, children

INDICE

	Página
Resumen	i
Abstract	ii
Índice	iii
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
Deficiencia de micronutrientos en niños	3
Prevalencia de la deficiencia de micronutrientos	3
Consecuencias de la deficiencia de micronutrientos	3
Vitaminas C y E	3
Vitamina A	4
Zinc	5
Hierro	5
Obesidad infantil como problema de salud pública en México	6
Prevalencia de sobrepeso y obesidad	6
Consecuencias del sobrepeso y obesidad infantil	7
Micronutrientos y adipocitocinas	8
Deficiencia de micronutrientos y el sobrepeso/obesidad infantil	10
Antioxidantes	10
Vitamina A	11
Zinc	11
Hierro	12
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	13
IV. METODOLOGIA	14
Sujeto y población de estudio	14
Diseño experimental	15
Mediciones y análisis	16
Evaluación antropométrica y de composición corporal	16
Análisis bioquímicos de sangre	17
Hemoglobina	17

	Zinc	18
	Hierro total	18
	Vitaminas A y E	18
	Vitamina C	19
	Perfil de lípidos	19
	Cuestionarios	20
	Historia clínica	20
	Cuestionario nivel socioeconómico	20
	Evaluación de la dieta	20
	Análisis estadístico	21
V.	RESULTADOS	22
VI.	DISCUSIONES	28
VII.	CONCLUSIONES	32
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
	ANEXOS	43

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Valores de Ingesta Diaria Recomendada (IDR) e Ingesta Diaria Sugerida (IDS) de población mexicana en edad escolar	21
2	Características generales de los niños que participaron en el estudio de acuerdo a su Índice de Masa Corporal (IMC).	23
3	Consumo de energía, macronutrientes, zinc, hierro, vitaminas A , E y C de los niños que participaron en el estudio de acuerdo a su Índice de Masa Corporal (IMC).	24
4	Concentraciones de zinc, hierro, vitamina A, vitamina C y vitamina E en los niños que participaron en el estudio de acuerdo al Índice de Masa Corporal (IMC).	25
5	Riesgo de tener sobrepeso/obesidad o tener obesidad de acuerdo al estado de micronutrientes en los niños en edad escolar.	24
6	Correlaciones ajustadas entre micronutrientes y variables bioquímicas en niños en edad escolar en zona rural, México.	28

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Aumento de las prevalencias de sobrepeso y obesidad en escolares mexicanos.	5
2	El adipocito como célula endócrina.	8
3	Distribución porcentual de la prevalencia de bajas concentraciones y deficiencias de micronutrientes en los niños con peso normal y con sobrepeso/obesidad.	26

I. INTRODUCCIÓN

En México, las deficiencias de vitaminas y minerales en niños en edad escolar siguen siendo un problema serio de salud pública. Por otro lado, la prevalencia de obesidad ha ido aumentando con el paso del tiempo y continúa con esa tendencia, presentándose cada vez desde edades más tempranas (Olaiz-Fernández, 2006). En México uno de los mayores incrementos de obesidad infantil se ha presentado en niños varones en edad escolar (Olaiz-Fernández, 2006).

Estudios demuestran que la obesidad que generalmente está asociada a excesos puede estar relacionado con deficiencias de micronutrientos (De Souza Valente da Silva, 2007).

Se han observado que las deficiencias de micronutrientos contribuyen a la deposición de grasa. Personas con obesidad tienen menores concentraciones de vitaminas y minerales en plasma comparado con individuos sin sobrepeso u obesidad (Aasheim et al 2008, Kimmons et al 2006, Singh et al 1998).

Sin embargo, es poco conocida la etiología y la relación que existe entre la obesidad y la deficiencia de ciertas vitaminas y minerales. Adicionalmente la asociación entre la deficiencia de micronutrientos y la obesidad ha sido estudiada mayormente en adultos.

Un niño con sobrepeso u obesidad en México, particularmente de zonas rurales, pudiera tener un mayor riesgo de presentar deficiencias de micronutrientos comparado con un niño con peso adecuado.

Definir la relación que tienen el sobrepeso y la obesidad, el porcentaje de grasa total y adiposidad central con la deficiencia de vitaminas y minerales, ayudará a entender el impacto que tiene en la salud a corto, mediano y largo plazo.

El identificar el efecto de la obesidad infantil en la prevalencia de la deficiencia de micronutrientes en niños, es un paso de suma relevancia para poder diseñar estrategias de prevención y tratamiento efectivas, dirigidas a este grupo de edad, ya que el aumento en la morbilidad en los niños afecta su calidad de vida y también limita sus posibilidades de desarrollo. Este efecto negativo puede ser aún mayor en niños obesos.

Por lo tanto es relevante realizar estudios sobre el estado nutricional de micronutrientes y el efecto en el sobrepeso/obesidad y la composición corporal particularmente en el porcentaje de grasa corporal total y abdominal en niños en edad escolar.

II. REVISION DE LITERATURA

Deficiencia de micronutrientos en niños

Prevalencia de la deficiencia de micronutrientos

La desnutrición infantil es la causa de aproximadamente 3.5 millones de muertes al año (Black y col., 2008). Las deficiencias de micronutrientos como vitamina A, zinc y hierro son las de mayor importancia para el sector salud en países en vías de desarrollo. En México, la prevalencia de deficiencias de micronutrientos en escolares es muy alta: aproximadamente 16.6% de los niños tienen anemia, 13% de los niños presentan deficiencia de hierro, 45% de vitamina E, 30% de vitamina C y 23.6% de zinc (Rivera-Domarco, Olaiz-Fernández et al 2006, Shamah-Levy et al 2012). Estudios demuestran que la deficiencia de vitamina A se presenta un 10% de los niños en zonas rurales y menos del 1% en zonas urbana (Rosado, 1995). Las deficiencias de micronutrientos afectan seriamente el crecimiento y al mismo tiempo limitan la respuesta inmune (Bhutta y col., 2008).

Es probable que la prevalencia de las deficiencias de micronutrientos contribuya al desarrollo de la obesidad, particularmente en áreas rurales, donde la prevalencia de las deficiencias de micronutrientos es más elevada.

A pesar de los programas federales que se han establecido en el país desde hace más de 30 años, las deficiencias de vitaminas y minerales continúan siendo un problema serio de salud pública en México.

Consecuencias de la deficiencia de micronutrientos

Vitaminas E y C:

Dentro de las vitaminas con capacidad antioxidante se encuentran la vitamina C y E. Los antioxidantes reducen el daño causado por los productos

tóxicos liberados cuando el cuerpo transforma la comida en energía o combaten las infecciones.

La vitamina E es una vitamina liposoluble que se encuentra principalmente en aceites vegetales y semillas. Su principal función es la de antioxidante por lo que reduce el daño causado por los radicales libres. La deficiencia de vitamina E ocurre en personas que no pueden absorber la grasa adecuadamente, incluyendo algunas condiciones como la pancreatitis, fibrosis quística y enfermedades biliares (Obikoya 2000). Su deficiencia produce anemia hemolítica y aumenta el riesgo de enfermedades ocasionadas por radicales libres como enfermedad cardiovascular y cáncer (Traber, 1999).

La vitamina C es una vitamina hidrosoluble que se encuentra en cereales fortificados, cítricos, verduras de hoja verde y tomates, entre otros. Es vital para la producción de colágeno (Jacob 1999). Junto con la vitamina E es un importante antioxidante que ayuda a proteger a la vitamina A y vitamina E de la oxidación por los ácidos grasos. La vitamina C ayuda a la absorción y metabolismo de hierro (Díaz et al 2003). Su deficiencia ocasiona en su forma severa escorbuto.

Vitamina A:

La vitamina A es una vitamina liposoluble derivada de 2 fuentes: retinoides reformados y carotenoides. Los retinoides naturales están presentes en todos los organismos vivos, ya sea como vitamina A preformada o carotenoides, y son requeridos para un gran número de procesos biológicos como regular la visión y el crecimiento celular. Al conjunto de síntomas relacionados con la visión por deficiencia de vitamina A se le conoce como Xeroftalmia (Ross 1999). Una deficiencia conlleva a alteraciones vitales que pueden llevar a la morbi-mortalidad, principalmente por su importancia en el sistema inmune (Maggini y col., 2007; Wintergerst y col., 2007, Zimmermann, 2006).

Zinc:

El zinc es un micronutriente indispensable para el organismo que se puede encontrar en alimentos de origen animal como res, cerdo y cordero, además de granos enteros, nueces y legumbres (King & Keen, 1999). Juega un papel importante en procesos metabólicos como en el sitio catalítico de varios sistemas enzimáticos, participa como ion estructural de membranas biológicas y guarda una estrecha relación con la síntesis de proteínas y sistema inmune entre otros procesos (Maggini y col., 2007; Wintergerst y col., 2007). Es por esto que la deficiencia está asociada con consecuencias importantes en la salud y funcionalidad de los individuos durante las primeras etapas de la vida como es retraso en el crecimiento y aumento de morbilidad (Rosado, 1997).

Hierro:

El hierro es un elemento de vital importancia que se encuentra principalmente en los alimentos de origen animal, a partir de los cuales se absorbe bien el hierro, ya que este tipo de alimentos contienen hierro hemo (Tandara & Salamunic 2012). El hierro no hemo se encuentra en una gran variedad de alimentos de origen vegetal, pero es afectado por diversos factores en la absorción, como el ácido fítico (Tandara & Salamunic 2012). La falta de absorción de hierro es una de las principales causas de deficiencia en países en vías de desarrollo. La consecuencia principal de la deficiencia de hierro es la anemia ferropénica (Fairbanks 1999). Otras alteraciones están implicadas en el crecimiento y el desarrollo, retardo en la maduración de las capacidades intelectuales y neurológicas, trastornos en el epitelio gastrointestinal, y alteraciones en diversos componentes inmunitarios (Soyano, 1999).

Obesidad infantil como problema de salud pública en México

Prevalencia de sobrepeso y obesidad

En los últimos años, la prevalencia de obesidad pediátrica en México y en otros países ha ido en aumento en forma alarmante. La prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en escolares Mexicanos es de 26.8% para niñas y 25.9% para niños cuando en 1999 era de 20.2% en niñas y de 17% en niños (Olaiz-Fernández et al, 2006). El aumento en la prevalencia de obesidad en los últimos 7 años fue de 33% en niñas y 52% para niños, siendo este último grupo, el que presentó el mayor incremento de obesidad de todos los grupos de edad como se muestra en la Figura 1.

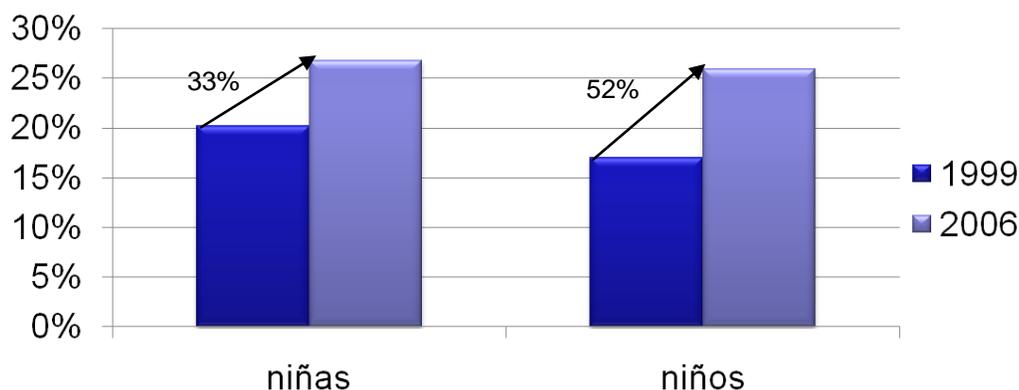


Figura 1. Aumento de las prevalencias de sobrepeso y obesidad en escolares mexicanos.

En el estado de Querétaro la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del año 2006 mostró una prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en niñas de 20.3% y en niños de 21.9%. Tanto en niños como en niñas, la prevalencia de sobrepeso es mayor a la de obesidad. La prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en ambos sexos es mayor en localidades urbanas con 27.9% que en localidades rurales 9.7%. Aún cuando la prevalencia de sobrepeso y obesidad en escolares es menor a la media nacional, en Querétaro 1 de cada 5 niños lo padece (Olaiz-Fernández, 2006).

Consecuencias del sobrepeso y obesidad infantil

Las principales consecuencias de la obesidad durante la niñez que se conocen son (Rodríguez, 2006):

- Pulmonares: Apnea, asma
- Hepáticas: cálculos biliares
- Psicosociales: depresión, desórdenes alimenticios, baja autoestima
- Cardiovasculares: dislipidemias, hipertensión, inflamación crónica
- Endócrinas: resistencia a la insulina, diabetes, pubertad precoz, ovarios poliquísticos, hipogonadismo.
- Muscoesqueléticas: pie plano, problemas ortopédicos.

Actualmente es sabido que el exceso de grasa corporal en forma de adiposidad central está asociado con resistencia a la insulina y con un incremento en la concentración de lípidos circulantes, los cuales son factores de riesgo importantes para el desarrollo de diabetes tipo 2 e hiperlipidemia. Estudios epidemiológicos demuestran asociación entre obesidad, resistencia a la insulina y enfermedad aterosclerosa de manera prematura (Despres, 1993). La obesidad central (visceral, abdominal) tiene mayor asociación con complicaciones metabólicas y cardiovasculares que la obesidad periférica.

En un estudio reciente realizado por el grupo de Investigación en Nutrición Humana de la Universidad Autónoma de Querétaro, en niños en edad escolar de escuelas públicas en Querétaro (Rosado y col., 2007), se determinó una prevalencia de sobrepeso y obesidad del 35%. En una submuestra de la población estudiada se encontró que 57% presentaron concentraciones elevadas de triglicéridos, 33% tenían niveles elevados de colesterol de baja densidad (LDL), 6% tuvieron concentraciones bajas de colesterol de alta densidad (HDL) y 65% presentaron altos valores de la relación LDL-HDL. Lo anterior indica que en esta población, 3 de cada 10 niños tiene sobrepeso y obesidad, y presentan ya factores de riesgo de enfermedad cardiovascular. Urgen medidas para disminuir la

prevalencia de obesidad dirigidas a escolares y corregir las comorbilidades asociadas con este problema de salud pública.

Micronutrientes y adipocitocinas

El tejido adiposo visceral y periférico presenta diferencias en el metabolismo de adipocitos de acuerdo a la edad, género, sensibilidad a estímulos endócrinos, incremento en la producción de ciertas citocinas, entre otros. Las principales responsables del metabolismo del tejido adiposo son las conocidas adipocitocinas como la leptina, el factor de necrosis tumoral alfa, adiponectina, la hormona de crecimiento, entre otros.

La leptina es un péptido producido principalmente en el tejido adiposo blanco que actúa como marcador de las reservas energéticas del organismo e interviene en diversos procesos fisiológicos como la regulación del balance energético, el control del apetito y el peso corporal, el metabolismo de grasas y carbohidratos (Simón y Del Barrio, 2002). También regula componentes de la respuesta inflamatoria responsables de factores de riesgo para la obesidad. Se ha observado que la deficiencia de esta hormona genera obesidad extrema en ratones transgénicos y en humanos.

Concentraciones de diferentes antioxidantes, vitaminas y minerales se han relacionado con concentraciones séricas de leptina, por ejemplo a mayo (Chen y Lin, 2000). Por ejemplo, estudios realizados con ratas demuestran que una dieta deficiente de vitamina A aumenta la expresión de leptina en tejido adiposo blanco y marrón (Kumar et al., 1998; Bonet et al., 2000).

Otras adipocitocinas relacionadas con micronutrientes que se encuentran actualmente en estudio son: Glicoproteína Zinc-alfa 2 (ZAG) que es usado como biomarcador de inflamación, el TNF- α mediador de inflamación,

implicado en la sensibilidad a la insulina y se le relaciona con el incremento de triglicéridos mediante la estimulación de producción de lipoproteínas VLDL (Recasens et al, 2004) y la IL-6 es una citocina reguladora de actividades celulares y componente importante de la respuesta inflamatoria (Marrades et al 2008, García 2012). Se ha observado que existe una relación en mujeres de zonas rurales de Querétaro de adipocitocinas e inflamación sistémica y micronutrientes. En este estudio se observó una asociación negativa de niveles elevados de zinc y vitamina A e inflamación y una asociación positiva de vitamina E y altas concentraciones de IL-6 (Zavala et al 2012). Son necesarios más estudios para entender los mecanismos de acción del efecto de los micronutrientes con adipocitocinas.

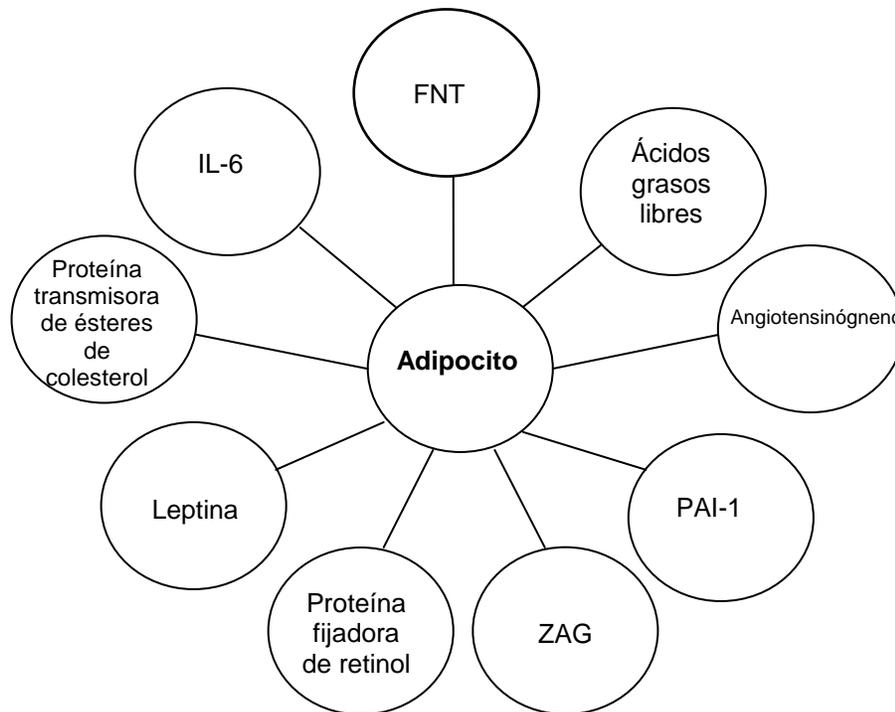


Figura 2. El adipocito como célula endócrina. Múltiples citocinas producidas con repercusión sistémica.

IL-6: Interleucina 6

PAI-1: inhibidor del activador del plasminógeno-1

ZAG: Glicoproteína Zinc-alfa 2

Deficiencia de micronutrientes y el sobrepeso/obesidad infantil

Se ha encontrado que niños con sobrepeso y obesidad tienen concentraciones de vitaminas y minerales en sangre más bajas que los niños con peso adecuado para su talla y edad.

Antioxidantes

Los niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad presentan un mayor riesgo de concentraciones bajas de antioxidantes, específicamente alfa-tocoferol, beta-caroteno y vitamina C, comparados con los de peso adecuado (Strauss, 1978; Desci y col., 1997; Neuhouser y col., 2001; Sarni y col., 2005; De Souza Valente da Silva y col., 2007). Una deficiencia de antioxidantes en niños y en adolescentes obesos puede tener un impacto en el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas y mayor riesgo de morbilidad.

Deficiencias de vitamina E y C han sido asociadas con depósitos de grasa abdominal en individuos obesos (Ohrvall y col., 1993; Singh y col., 1998; Misra y col., 2001; Wallstrom y col., 2001; Viroonudomphol y col., 2003; Molnar y col., 2004; Johnson y col., 2007). Por ejemplo, un estudio de casos y controles en Tailandia encontró una correlación negativa entre IMC y el índice cintura cadera con concentraciones séricas de vitamina E (Viroonudomphol y col., 2003).

La relación de las deficiencias de antioxidantes con la obesidad y sus comorbilidades pudiera ser explicada por varios mecanismos. Campion y colaboradores encontraron una asociación entre el menor consumo de ácido ascórbico y el incremento de peso y el aumento de depósitos de grasa en ratas alimentadas con una dieta alta en grasas. Esta reducción fue asociada con la baja regulación de genes involucrados en la adipogénesis, diferenciación de adipocitos y el mecanismo de glucocorticoides (Campion y col., 2006; Campion y col., 2008). El efecto de las deficiencias de antioxidantes en la regulación bioenergética puede

ser otro mecanismo que señala la asociación entre las deficiencias, obesidad y las condiciones de comorbilidad.

Vitamina A

La vitamina A juega un papel importante en la regulación del peso y en la obesidad. Se ha encontrado una correlación negativa entre concentraciones séricas de retinol y el peso, IMC y circunferencia de cintura en adultos de Tailandia con sobrepeso y obesidad en un estudio de casos y controles (Viroonudomphol y col., 2003).

La vitamina A puede reducir la adiposidad por medio de diferentes mecanismos. El ácido retinoico puede inhibir la adipogénesis a altas dosis en etapas tempranas de diferenciación adipocitaria (Xue y col., 1996); también puede aumentar la apoptosis de células grasas (Kim y col., 2000).

El ácido retinoico también regula la producción de distintas proteínas secretadas en el adipocito incluyendo la leptina y resistina, importantes para la regulación de energía, gasto energético y composición corporal (Menendez y col., 2001).

Es importante admitir que cualquier asociación entre obesidad y los niveles de vitamina A puede en parte resultar en el efecto de estado inflamatorio crónico encontrado en la obesidad por lo que es importante el monitorear biomarcadores de inflamación como la proteína C reactiva (PCR) para encontrar la asociación entre la obesidad y los niveles de vitamina A.

Zinc

Estudios epidemiológicos han reportado una relación entre la baja concentración y el bajo consumo de zinc con un incremento en la prevalencia de

obesidad y sus comorbilidades. Singh y colaboradores encontraron que la deficiencia de zinc es un factor de riesgo de adiposidad central en una población rural de la India (Singh y col., 1998). En un estudio de niños obesos en Chile no encontraron asociación entre zinc y composición corporal (Weisstaub y col., 2007).

Hierro

Una mayor prevalencia de deficiencia de hierro y anemia por deficiencia de hierro se ha encontrado en niños y adolescentes obesos comparados con niños y adolescentes con peso adecuado (Pihhas-Hamiel y col., 2003; Nead y col., 2004).

La deficiencia de hierro en individuos obesos pudiera ser el resultado de un bajo consumo de hierro, una disminución en su absorción y por secuestro de hierro, resultado de la inflamación crónica encontrada en individuos obesos dando como resultado niveles elevados de citocinas pro-inflamatorias como interleucinas (IL-6) y factor de necrosis tumoral (TNF-alfa). (Yanoff y col., 2007)

En México, la prevalencia de deficiencia de vitaminas y minerales en niños obesos no se conoce, siendo este uno de los puntos fundamentales para la realización del estudio. Al mismo tiempo no se conoce bien el efecto de las deficiencias de micronutrientes en la deposición de grasa, principalmente abdominal, o si la relación puede incrementar el riesgo de enfermedades crónicas en niños con obesidad.

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Hipótesis

Los niños con sobrepeso y obesidad, niveles elevados de lípidos en sangre, porcentaje elevado de grasa corporal y adiposidad central, tienen mayor deficiencia de micronutrientes que los niños con peso normal.

Objetivo general

Evaluar la relación de la deficiencia de micronutrientes (zinc, hierro, vitamina A, C, y E) con el porcentaje de grasa corporal, la adiposidad central, el perfil de lípidos y el sobrepeso/ obesidad de niños de una zona rural del estado de Querétaro.

Objetivos específicos

1. Determinar la prevalencia de deficiencia de vitaminas y minerales en niños con sobrepeso y obesidad y niños con peso adecuado.
2. Evaluar la asociación entre la deficiencia de vitaminas y minerales con el sobrepeso/obesidad, con el porcentaje de grasa corporal y la adiposidad central.
3. Evaluar el riesgo de obesidad de acuerdo a la deficiencia de vitaminas y minerales en esta población.
4. Evaluar la asociación entre las deficiencias de vitaminas y minerales y el perfil de lípidos.

IV. METODOLOGÍA

Sujeto y población de estudio

Participaron en el estudio un total de 197 niños en edad escolar entre de 6 a 10 años de edad, 99 niños con peso normal y 98 niños con sobrepeso u obesidad, de acuerdo a los criterios de la Organización Mundial de la Salud (WHO Suppl., 2006). Los niños se reclutaron de la escuela primaria de la comunidad de Amazcala en el municipio de El Marqués del Estado de Querétaro incluyendo tanto al turno matutino como al vespertino. A los padres de familia se les dio información tanto oral como escrita del estudio, explicando en qué consistía la participación de sus hijos. El estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

Los criterios de inclusión para participar en el estudio fueron:

1. Qué el padre/madre del niño(a) o el tutor acepté la participación de su hijo(a) y que haya firmado Carta de Consentimiento.
2. Niño(a) que tenga entre 6 y 10 años de edad.
3. Permanecer en su residencia actual durante el periodo del estudio.

No participaron en el estudio aquellos niños que:

1. Se le haya confirmado una enfermedad crónica o alguna enfermedad severa en el último año.
2. Actualmente participe en otro estudio de investigación
3. Presente alguna discapacidad física, mental o alguna condición médica que pueda afectar adversamente los resultados del estudio.
4. Hubieran consumido suplementos de vitaminas en el mes anterior.

Fueron eliminados del estudio los niños que:

1. No terminaron todas las evaluaciones del estudio.
2. Presentaron algún criterio de exclusión durante el estudio.
3. Por alguna razón decidieron no continuar participando en el estudio.

El tamaño de muestra fue calculado con la fórmula para comparar dos proporciones con un error alpha de 0.05, un poder estadístico de 0.80 para poder detectar una diferencia de 10% en una tasa de prevalencia de obesidad y considerando un 20% de pérdida de datos de laboratorio.

Diseño experimental:

Todos los niños participaron previo consentimiento informado y con la autorización de los padres en un estudio observacional transversal.

A las madres de los niños se les realizó una historia clínica de sus hijos y respondieron los cuestionarios para evaluar el nivel socioeconómico de sus hijos, así como la evaluación de la alimentación de los niños. Adicionalmente, a los niños se les midió peso, talla, circunferencia de cintura y circunferencia de cintura.

Con el peso y la talla se calculó el Índice de Masa Corporal (IMC) para la edad para identificar a los niños que presenten sobrepeso y obesidad de acuerdo a los criterios de la Organización Mundial de la Salud (WHO Suppl., 2006). Se dio cita para la toma de muestra sanguínea en ayunas; específicamente se pidió que el niño no consumiera alimentos 12 horas antes de la cita. Los análisis bioquímicos incluyeron biometría hemática (hemoglobina), vitaminas (A, C y E), minerales (hierro y zinc) y perfil de lípidos.

En un día diferente al de la muestra de sangre, los niños fueron transportados de la comunidad a la Clínica de Nutrición de la UAQ, acompañados de uno de sus padres o un tutor, para las determinaciones de composición corporal por DEXA y la evaluación de ingesta dietaria.

Mediciones y análisis

Evaluación antropométrica y de composición corporal

Las medidas antropométricas que se midieron fueron peso, talla y circunferencia de cintura, realizadas de acuerdo con los procedimientos sugeridos por la Organización Mundial de la Salud (Habicht, 1974). Todas las medidas fueron realizadas por duplicado por nutriólogas previamente estandarizadas. El peso se tomó con una báscula digital (Seca-erecta 844, Seca, Hanover MD) con capacidad de 140 Kg y precisión de 10 g; los niños fueron pesados con ropa ligera, sin zapatos, sin suéter o chamarras y sin objetos pesados. Para la talla se utilizó un estadímetro (Seca-bodymeter 208, Seca, Hanover MD), de 2 metros, con separación de 0.1 cm; La estatura se midió con los niños de pie, sin zapatos ni adornos en la cabeza que dificulten o modifiquen la medición. Colocando la cabeza, hombros, caderas y talones juntos pegados a la pared bajo la línea de la cinta del estadímetro, con los brazos colgando libre y naturalmente a los costados del cuerpo, y la posición de cabeza en plano de Frankfurt. Para la circunferencia de cintura fue utilizada una cinta métrica (Seca), descubriendo el área de la medición para realizarla sobre la piel.

El análisis de la composición corporal para determinar el porcentaje de grasa abdominal y total, se llevó a cabo utilizando un equipo DEXA Hologic Mod. Explorer (Hologic Mod Explorer, 4500 C/W QDR, INC 35 Crosby Drive, Bedford, MA 01730, USA) manejado por un técnico certificado. Para esta evaluación se colocó al niño boca arriba con la cabeza en el extremo derecho de la mesa del equipo y se le indicó mirar al techo para mantener la posición de la cabeza, se

colocaron sus brazos a sus lados con las palmas boca abajo, separadas de los muslos y dentro del borde que delimita la exploración. Se giraron las piernas del niño 25 grados hacia dentro hasta que los dedos de los pies se tocaran y, a continuación, se colocó una cinta alrededor de los pies para mantener la posición. Se le indicó que no se moviera y que respirara con normalidad hasta que la exploración se hubiera completado.

Masa grasa abdominal y porcentaje de grasa abdominal fueron estimados con el procedimiento previamente descrito por Hill et al programado por el equipo DEXA (Hill et al 2007). Un adecuado porcentaje de grasa total para niñas fue considerado entre 17 – 32%, y entre 10 – 25% para niños (Ellis et al 1997).

Análisis bioquímicos en sangre

Una muestra de sangre en ayunas fue recolectada en cada sujeto. A los niños y sus madres se les indicó que el niño no debía consumir ningún alimento 12 horas antes de la muestra. El plasma y el suero fueron separados por centrifugación a 1800-2000 rpm por 15 minutos y la parte líquida y la parte alícuota fue almacenada a -70°C para futuros análisis. Los análisis de sangre incluyeron hemoglobina, vitamina A, C y E, hierro total, zinc, colesterol total, lipoproteínas de baja densidad (LDL), lipoproteínas de alta densidad (HDL) y triglicéridos.

Todos los análisis fueron realizados por duplicado en el laboratorio de Nutrición Humana de la UAQ.

a) Determinación de hemoglobina

La determinación de hemoglobina se llevó a cabo utilizando el equipo Cell-Dyn (Cell-Dyn 1400, Abbott EEUU), y los estándares certificados correspondientes.

Se consideró como anemia concentraciones en plasma de 12 g/dL.

b) Determinación de zinc en plasma

La determinación de zinc se realizó utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica con flama (Perkin Elmer Instruments, Mod. Analyst 7000, Norwalk, CT), con lámpara de zinc y utilizando estándares certificados de 1000 ug/mL (Pekin Elmer #Cat N930-0168).

La deficiencia de zinc fue determinada con concentraciones en plasma <65mg/L (Hotz et al 2003).

c) Determinación de hierro total

La evaluación de hierro total fue medida en suero usando un kit comercial (Iron Ferrozine, Elitech, Sees, France) y un espectrofotómetro (Perkin Elmer, Mod Zeeman 5100), con el estándar certificado de hierro de 1000 ug/mL (Perkin-Elmer # Cat N930-0126).

Bajas concentraciones de hierro se consideraron <60 µg/dL y la deficiencia con concentraciones <45 µg/dL (OMS, 2004).

d) Determinación de vitaminas A y E

La técnica utilizada para la detección de las vitaminas A y E se basa en la técnica reportada por Bieri y col. (Bieri y col., 1979). Esta técnica consiste en la determinación simultánea de ambas vitaminas por cromatografía de líquidos de alta presión (HPLC) de fase reversa (Mod. 2996, Waters Associates, Milford, MA, USA), a una velocidad de onda 300 nm, usando estándares certificados de retinol y alfa tocoferol, con una columna C18 (WATERS, New Braunfels, TX), y una fase móvil 100% metanol (J.T.Baker).

La deficiencia de vitamina A fue considerada con concentraciones de retinol <10 µg/dL y bajas concentraciones <20 µg/dL (Gibson, 2005).

La deficiencia de vitamina E fue definida con una concentración de alfa tocoferol <5 µg/mL y bajas concentraciones <8.6 µg/mL (Food and Nutrition Board

2000). Cuando se utilizó la relación vitamina E:lípidos, la deficiencia de vitamina E se consideró <0.8 mg/g (Drewel et al, 2006).

e) Determinación de vitamina C

La determinación de la vitamina C se realizó con una técnica previamente reportada (Ravi y Howell, 1993). Las muestras de sangre fueron colocadas inmediatamente en tubos cubiertos con papel aluminio y almacenadas en frío para evitar la degradación de la vitamina. La concentración de vitamina C fue determinada por duplicado por HPLC con detector de fotodiodo (Waters modelo 2996, Waters Associates, Milford, MA, USA) a una velocidad de onda de 254 nm, usando una columna C18 (WATERS, New Braunfels, TX) y una fase móvil de NaH_2PO_4 0.01 M y EDTA 0.2 mM (J.T.Baker).

La deficiencia de vitamina C fue considerada con concentraciones de ácido ascórbico < 2 $\mu\text{g/mL}$ y bajas concentraciones con niveles <4 $\mu\text{g/mL}$ (Gibson, 2005).

f) Perfil de lípidos

Colesterol HDL y LDL se midieron por espectrofotometría (Genesis 20 ThermoSpectronic, Thermo Electron Corp, Madison, WI) usando kits comerciales (Colesterol HDL, Elitech, Sees, France; Colesterol LDL, Spinreact, Sant Esteve de Bas, Spain). Triglicéridos y colesterol total fueron determinados utilizando un kit comercial (Colesterol SL, Elitech, Sees, France; Triglicéridos, Elitech, Sees, France) usando un analizador químico clínico (Bayer RA-50, Bayer Diagnostics, Dublin, Ireland).

Concentraciones de colesterol que indican alto riesgo fueron determinadas como ≥ 200 mg/dL, LDL alto con concentraciones ≥ 130 mg/dL, triglicéridos elevados con concentraciones ≥ 100 mg/dL para niños <9 años y ≥ 130 mg/dL para niños >10 años, y bajas concentraciones de HDL con concentraciones <40 mg/dL (NHLBI 2011).

Cuestionarios

a) Historia clínica

La entrevista realizada a los padres comprende aspectos relacionados con las características generales del niño, antecedentes familiares de enfermedades y estado general de salud del niño.

b) Cuestionario nivel socioeconómico

El cuestionario socioeconómico cubre aspectos relacionados con las condiciones de la vivienda, condiciones de hacinamiento y propiedad de la vivienda las cuales son necesarias para la conformación de la variable del nivel socioeconómico de los niños. Esta variable es indispensable para el control de variables confusoras durante el análisis estadístico de los resultados.

c) Evaluación de la dieta

Se aplicó a las mamás o tutores de cada uno de los niños tres recordatorios de 24 horas, dos días entre semana y uno de fin de semana y un cuestionario de frecuencia de alimentos cuantitativo para la evaluación de la dieta de los niños. Estos recordatorios y el cuestionario fueron aplicados por nutriólogas previamente estandarizadas. La finalidad de esta evaluación era determinar las diferencias en el consumo energético y de micronutrientes entre el grupo de niños con sobrepeso/obesidad y el grupo con peso adecuado.

Tabla 1. Valores de Ingesta Diaria Recomendada (IDR) e Ingesta Diaria Sugerida (IDS) de población mexicana en edad escolar (Meléndez, 2008).

Sexo y edad (años)	Vitamina A	Vitamina E	Vitamina C	Hierro	Zinc
	$\mu g ER^+$	μg	μg	mg	mg
Niña(o)s: 4-8	400*	7*	25*	15 ¹	6.6 ¹
Hombres: 9-13	580*	11*	45*	20 ¹	11.6 ¹
Mujeres. 9-13	590*	11*	45*	16 ¹	11.6 ¹

+ $\mu g ER$ = μg equivalente de Retinol, 1 μg retinol = 12 μg de β -carotenos, 24 μg α -caroteno o 24 μg criptoxantina.

* Valores correspondientes a la Ingesta Diaria Recomendada (IDR)

¹ Valores correspondientes a Ingesta Diaria Sugerida (IDS)

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo con las características generales de la población total y por grupos.

La comparación de las variables continuas entre grupos fue realizada con ANOVA. Las variables discretas fueron comparadas entre grupos con la prueba de chi cuadrado. La correlación de Pearson entre las variables de micronutrientes y las variables de respuesta (Antropometría, porcentaje de grasa y marcadores bioquímicos) fueron realizados. Para evaluar el riesgo de presentar sobrepeso u obesidad cuando se tienen bajas concentraciones de micronutrientes se realizó una regresión logística ajustada por las variables de confusión: género, hacinamiento y escolaridad de los padres.

Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS v. 11.

V. RESULTADOS

Se estudiaron en total 197 niños en edad escolar de entre 6 y 10 años de edad. Los niños con sobrepeso u obesidad presentaron los niveles de colesterol total y triglicéridos más altos comparados con los niños con adecuado IMC ($p < 0.05$) (**Tabla 2**). La prevalencia de niveles más altos de triglicéridos (30.6%) y la prevalencia de bajas concentraciones HDL (12.2%) fue significativamente más alta en niños con sobrepeso/obesidad comparado con niños con peso normal (6.1% y 2%, respectivamente) ($p < 0.001$).

Tabla 2. Características generales de los niños que participaron en el estudio de acuerdo a su Índice de Masa Corporal (IMC)¹.

Características	Peso Normal	Sobrepeso/Obesidad	Total	Sig
N	99	98	197	
Edad, meses	98±15.4	99.7±17.7	99±16.6	0.478
Antropometría				
Peso, Kg	25.20 ± 1.19	34.55 ± 1.28	29.49 ± 1.30	<0.001
Talla, m	125.97 ± 7.93	130.17 ± 9.26	128.06 ± 8.85	.001
IMC, Kg/cm ² *	15.95 ± 1.08	20.50 ± 1.14	18.07 ± 1.18	<0.001
IMC para la edad, Zscore	0.01 ± 0.69	1.99 ± 0.72	0.99 ± 1.21	<0.001
Cintura, cm *	58.13 ± 1.09	70.27 ± 1.13	63.88 ± 1.15	<0.001
Cintura para la talla *	46.24 ± 1.06	54.12 ± 1.08	50.00 ± 1.11	<0.001
Composición corporal				
Porcentaje de grasa, %	27.07 ± 4.79	35.24 ± 5.06	31.13 ± 6.40	<0.001
Grasa abdominal, Kg *	299.48 ± 1.44	639.43 ± 1.53	436.76 ± 1.73	<0.001
Perfil de lípidos				
Triglicéridos, mg/dL	63.65 ± 29.09	98.28 ± 49.15	80.88 ± 43.82	<0.001
Colesterol Total, mg/dL	120.58 ± 26.39	137.00 ± 30.29	128.75 ± 29.50	<0.001
Lipoproteínas de baja densidad, mg/dL	71.21 ± 16.18	83.62 ± 21.26	77.18 ± 19.74	<0.001
Lipoproteínas de alta densidad, mg/dL	68.65 ± 16.20	65.01 ± 19.95	66.84 ± 18.21	0.161

¹Valores son medias o medias geométricas (*) ± desviación estándar

Se observó que el consumo dietario incluido el consumo de micronutrientes fue similar en ambos grupos (**Tabla 3**). De los macronutrientes, únicamente el hierro fue diferente en ambos grupos, siendo menor su consumo en niños con sobrepeso/obesidad. Se observó en ambos grupos que la energía ingerida por día es menor a la recomendada para la edad y la distribución del consumo de energía muestra una ingesta alta en grasas y baja en aporte proteico. En toda la población estudiada aporte dietario de fibra, hierro y vitamina A están por debajo de la IDR (Ingesta Diaria Recomendada), el consumo de zinc y vitamina E de la población se encuentra muy por debajo de la IDR para la edad. Únicamente la vitamina C cubre el aporte indicado.

Tabla 3. Consumo de energía, macronutrientes, zinc, hierro, vitaminas A , E y C de los niños que participaron en el estudio de acuerdo a su Índice de Masa Corporal (IMC) (N=197) ¹

Nutrientes	Peso normal	Sobrepeso/Obesidad	Sig
N	99	98	
Energía (kcal)	1,486.16 (1,485.902, 1,485.90)	1,574.91 (1,574.652, 1,574.65)	0.138
Carbohidratos (g)*	229.06 (223.86, 234.63)	228.61 (223.41, 233.92)	0.895
% Energía de carbohidratos	59.66 (58.492, 58.49)	59.07 (57.802, 57.80)	0.505
Proteína (g)*	48.96 (47.18, 50.86)	48.33 (46.53, 50.15)	0.616
% Energía de proteína	12.90 (12.402, 12.40)	12.62 ± 2.22	0.413
Grasa (g)*	46.48 (44.57, 48.47)	47.47 (45.51, 49.50)	0.499
% Energía de grasa	27.44 (26.332, 26.33)	28.31 (27.132, 27.13)	0.295
Fibra (g)*	13.56 (12.62, 14.57)	12.10 (11.25, 13.00)	0.029
Hierro (mg)*	11.30 (10.75, 11.88)	10.22 (9.72, 10.74)	0.005
Zinc (mg)*	3.77 (3.39, 4.20)	3.71 (3.33, 4.12)	0.815
Vitamina A (µg)*	424.11 (382.60, 470.13)	414.88 (373.90, 459.90)	0.762
Vitamina E(µg)*	2.84 (2.60,3.10)	2.80 (2.56, 3.06)	0.824
Vitamina C (mg)*	42.14 (36.71, 48.38)	46.11 (40.13, 52.98)	0.368

¹Todos los valores son medias geométricas (95%IC)

* Los valores fueron estimados con medias geométricas (95%IC) ajustadas por energía

Las concentraciones en sangre de micronutrientes de acuerdo al IMC se muestran en la **Tabla 4**. La relación vitamina E: lípidos fue significativamente más baja en niños con sobrepeso/obesidad comparado con niños con peso normal. La concentración del resto de los micronutrientes evaluados fue similar entre grupos, excepto en el caso de la vitamina A la cual se presentó en mayores concentraciones en niños con sobrepeso/obesidad con una diferencia significativa.

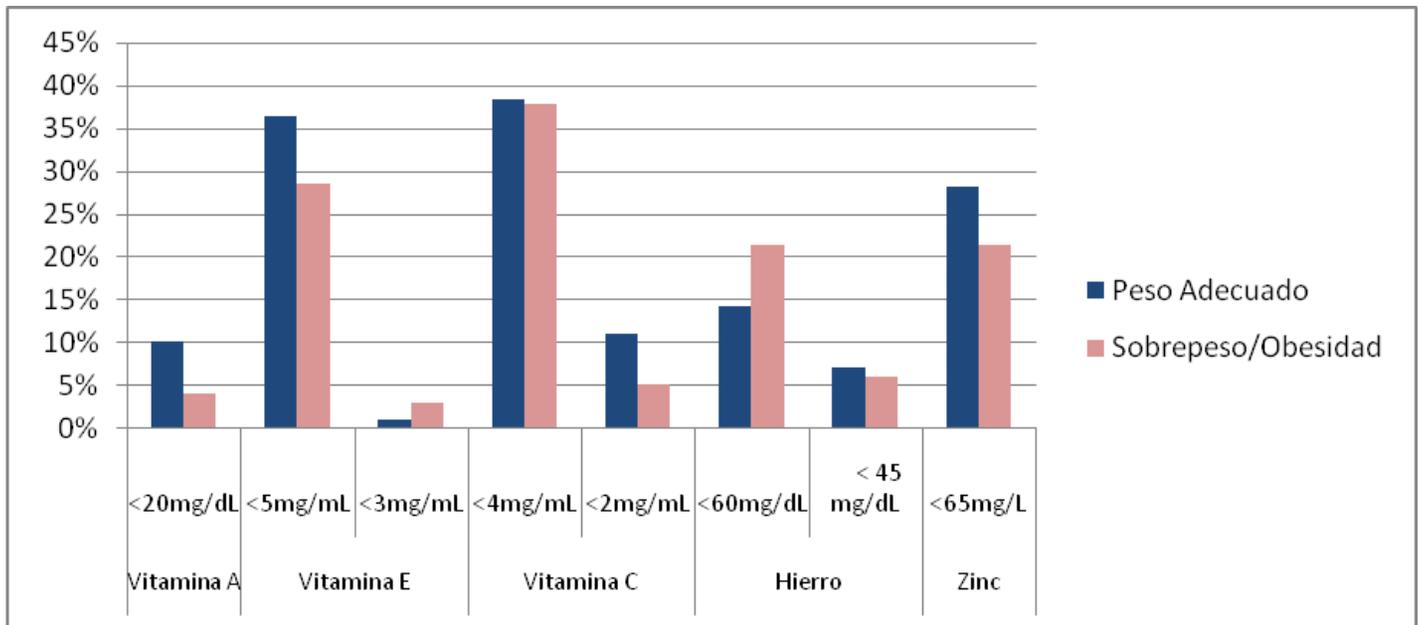
Tabla 4. Concentraciones de zinc, hierro, vitamina A, vitamina C y vitamina E en los niños que participaron en el estudio de acuerdo al Índice de Masa Corporal (IMC) (N=197)¹

	Peso normal	Sobrepeso/Obesidad	Total	Sig
Vitamina A, µg/dL	28.18 ± 6.50	31.27 ± 7.57	29.72 ± 7.20	.002
Vitamina E, µg/mL	5.64 ± 1.28	5.96 ± 1.53	5.80 ± 1.42	.117
Vitamin E:Lipids ratio	3.48 ± 0.76	3.05 ± 0.71	3.27 ± 0.77	<0.001
Vitamina C, µg/mL	4.22 ± 1.60	4.27 ± 1.43	4.25 ± 1.51	.816
Hierro, µg/dL	88.59 ± 28.80	86.96 ± 29.47	87.78 ± 29.07	.695
Hemoglobina, g/dL	14.35 ± 0.82	14.63 ± 0.71	14.49 ± 0.78	.011
Zinc, mg/L	0.73 ± 0.13	0.76 ± 0.13	0.74 ± 0.13	.230

¹Los valores son medias ± desviación estándar

La prevalencia de la deficiencia de micronutrientes observada fue similar entre niños con sobrepeso/obesidad y niños con peso adecuado (**Figura 3**). De igual forma, no se encontraron diferencias en el porcentaje de niños con bajas concentraciones entre grupos. En esta población, no hubo deficiencia de vitamina A y la deficiencia de zinc fue elevada. La prevalencia de niños con bajas concentraciones de vitamina E, vitamina C y hierro fue alta en ambos grupos.

Figura 3. Distribución porcentual de la prevalencia de bajas concentraciones y deficiencias de micronutrientes en niños con peso normal y con sobrepeso/obesidad.



Uno de los objetivos de estudio era determinar si la deficiencia de micronutrientes aumentaba el riesgo de presentar sobrepeso u obesidad. De acuerdo a la **Tabla 5**, la deficiencia de micronutrientes no está asociada con el riesgo de tener sobrepeso/obesidad en esta población.

Tabla 5. Riesgo de tener sobrepeso/obesidad o tener obesidad de acuerdo al estado de micronutrientes en los niños en edad escolar. (N=197)

	Riesgo de sobrepeso/obesidad			Riesgo de obesidad		
	RM*	95% IC	Sig	RM	95% IC	Sig
Hierro, <60 µg/dL	2.05	0.89, 4.74	0.092	0.55	0.22, 1.36	0.194
Zinc, < 65mg/mL	0.84	0.38, 1.82	0.654	0.78	0.32, 1.89	0.577
Vitamina A, < 20 µg/dL	0.31	0.08, 1.16	0.081	7.11	0.82, 61.98	0.076
Vitamina E, < 5 µg/mL	0.88	0.44, 1.75	0.706	0.96	0.42, 2.17	0.919
Vitamina C, <4 µg/mL	1.21	0.65, 2.28	0.551	0.55	0.27, 1.14	0.107

*Razón de momios representa el riesgo de tener sobrepeso/obesidad con deficiencia de micronutrientes. El modelo fue ajustado para la edad, género, educación de los padres y hacinamiento.

Las correlaciones ajustadas muestran una asociación positiva entre la concentraciones de vitamina A e IMC, IMC para la edad, cintura, promedio de cintura para la edad, grasa abdominal, triglicéridos, colesterol y lipoproteínas de baja densidad (LDL) (**Tabla 6**). La vitamina E ajustada por la concentración de lípidos se asoció negativamente con todas las variables antropométricas, grasa corporal y abdominal, colesterol, triglicéridos, excepto LDL. Se encontró una asociación negativa significativa entre concentraciones de vitamina C y promedio de cintura/altura, grasa corporal y grasa abdominal ($p<0.05$). Se encontró una asociación positiva entre las concentraciones de zinc y colesterol total y LDL. No se encontró ninguna asociación con las concentraciones de hierro.

Tabla 6. Correlaciones ajustadas entre micronutrientos y variables bioquímicas en niños en edad escolar en zona rural, México (N=197)¹.

Variables bioquímicas	Vit A (µg/dL)	Vit E (µg/mL)	Vit E:Promedio lípidos	Vit C (µg/mL)	Hierro (µg/dL)	Zinc (mg/L)
IMC, Kg/cm ²	0.223*	0.115	-0.372*	-0.116	-0.137	0.028
IMC para la edad, Zscore	0.219*	0.100	-0.365*	-0.077	-0.119	0.044
Cintura, cm	0.178*	0.116	-0.395*	-0.142	-0.128	0.048
Promedio cintura para la edad	0.178*	0.080*	-0.405*	-0.157*	-0.114	0.03
Grasa corporal, %	0.116	0.081	-0.389*	-0.231*	-0.092	-0.026
Grasa abdominal, Kg	0.192*	0.137	-0.372*	-0.204*	-0.111	0.004
Triglicéridos, mg/dL	0.333*	0.406*	-0.416*	-0.023	-0.012	0.087
Colesterol total, mg/dL	0.340*	0.500*	-0.535*	0.041	0.090	0.224*
Lipoproteinas alta densidad, mg/dL	0.092	0.118	0.082	0.043	0.126	0.121
Lipoproteinas baja densidad, mg/dL	0.309*	0.438*	-0.417*	-0.006	0.05	0.208*

¹Los valores son correlación de los coeficientes que se ajustaron para hacinamiento y edad de los niños.

*Nivel significancia <0.05

VI. DISCUSION

En el presente estudio las concentraciones de hierro y zinc, y vitaminas A, C y E, se relacionaron de manera diferente con marcadores de obesidad y lípidos, en niños de edad escolar de un área rural en México.

La prevalencia de deficiencias de vitaminas en niños con sobrepeso y obesidad fue baja y no fue diferente comparado con el grupo de niños con peso normal. En esta población de niños, la deficiencia de zinc tuvo mayor prevalencia, pero no fue diferente entre grupos. Además, la prevalencia de niños con bajas concentraciones de micronutrientos fue elevada en ambos grupos. Únicamente la relación vitamina E:lípidos fue significativamente menor en niños con sobrepeso y obesidad comparado con niños con peso normal.

Los resultados muestran que la deficiencia de micronutrientos no incrementa el riesgo de tener sobrepeso u obesidad. Resultados similares fueron observados previamente con algunos micronutrientos en otras poblaciones. Por ejemplo, en niños Chilenos, los niveles de zinc no fueron asociados con ninguna medición de composición corporal (Weisstaub et al 2007) y en Turquía, las concentraciones de zinc fueron similares en niños obesos y no obesos (Tascilar et al 2010). Otros estudios encontraron que niños con sobrepeso y obesidad tenían concentraciones menores de hierro, vitamina A, vitamina C y vitamina E que niños sin sobrepeso u obesidad (Aeberli et al 2009, De Souza Valente da Silva et al 2007, Desci et al 1997, Molnar et al. 2004, Nead et al 2004, Neuhouser et al 2001, Sarni et al 2005, Strauss 1999).

Así, los diferentes resultados observados en diferentes poblaciones sugieren que la relación entre los micronutrientos y la adiposidad es complicada y otros factores pueden estar involucrados.

La similitud de los niveles de micronutrientos entre grupos puede ser explicados por la información de la ingesta alimentaria. La ingesta alimentaria fue similar en ambos grupos; no se encontraron diferencias entre los niños con sobrepeso/obesidad y los que no tenían sobrepeso u obesidad en la ingesta de

vitamina A, vitamina C, vitamina E y zinc. Nuestros resultados coinciden con los de Garipağaoğlu et al 2008, en el que encontraron en niños de Turquía en edad escolar consumos similares de vitamina A, vitamina E, hierro y zinc en niños obesos y no obesos. El consumo de estos nutrientes fue mayor al recomendado en la ingesta alimentaria recomendada.

Las concentraciones de los micronutrientos estudiados fueron asociados de manera diferente con las mediciones de obesidad y grasa corporal. Bajas concentraciones de vitamina C, por ejemplo fueron asociadas con mayor grasa corporal, grasa abdominal y la relación cintura/altura. Resultados similares fueron obtenidos en poblaciones adultas con sobrepeso y obesidad, donde concentraciones de vitamina C fueron inversamente asociadas con IMC, grasa corporal y circunferencia de cintura (Johnston et al., 2007, García et al., 2012, Singh et al., 1998). En mujeres de la misma comunidad donde se llevó a cabo este estudio, bajas concentraciones de vitamina C fueron asociadas con mayor IMC y mayores concentraciones de leptina (García et al., 2012).

Se ha demostrado que la vitamina C inhibe la producción de leptina, y puede ser un factor importante en el peso corporal y en la deposición de masa grasa. Cuando hay deficiencia de vitamina C se promueve el aumento de la adiposidad, resistencia a la insulina, el hígado el estrés oxidativo y la inflamación. (García-Díaz et al 2010).

En esta población la concentración de vitamina A fue asociada con obesidad. Resultados similares fueron observados en mujeres de la misma área rural, donde la vitamina A y la adiposidad se relacionaron positivamente (García et al 2012).

Al contrario, bajas concentraciones de vitamina A en adultos tailandeses con sobrepeso y obesidad fueron asociados con mayor peso, IMC y circunferencia de cadera (Viroonudumphol et al., 2003). El ácido retinoico, un metabolito de la vitamina A, se ha demostrado que inhibe la expresión de leptina tanto en ratones como en tejidos humanos, para inhibir o promover la diferenciación de células

adiposas, y para promover la expresión de UCP1 en el tejido adiposo pardo (García 2012). El efecto del ácido retinoico en la adipogénesis parece ser dependiente de la dosis, lo que sugiere que la relación entre la vitamina A y la adiposidad difiere en individuos con mayor IMC y contenido de grasa corporal. La vitamina E también fue asociada positivamente con la obesidad, pero cuando fue ajustada por lípidos, las concentraciones de vitamina E se asociaron inversamente con todos los marcadores de obesidad.

Bajas concentraciones de vitamina E también se han asociado con obesidad en algunas poblaciones (Singh et al 1998, Wallstrom et al 2001) y esta asociación podría deberse a su papel con el metabolismo de la leptina (Aeberli et al., 2006, Al-Sowyan 2009, Shen et al 2010). Se ha observado que la deficiencia de vitamina E aumenta las concentraciones de leptina en animales (Zavala 2012).

Las concentraciones de vitamina A y E fueron relacionadas positivamente con las concentraciones de triglicéridos y colesterol total. Sin embargo, cuando fue ajustado por lípidos, la vitamina E se relaciona negativamente con las concentraciones de lípidos. Además se observó que los niños con sobrepeso/obesidad con bajas concentraciones de vitamina E y hierro tuvieron menores concentraciones de LDL y triglicéridos respectivamente. Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos por Obeid et al, 2006., donde mayores concentraciones de vitamina A y E fueron asociadas con mayores concentraciones de colesterol total, LDL y triglicéridos en población adulta libanesa.

El retinol sérico asociado a su proteína también se ha relacionado con alta concentración de lípidos, en particular con triglicéridos, en niños de Suiza (Aeberli et al 2009). Estos resultados se pueden explicar por el rol que la vitamina A tiene en el metabolismo de lípidos a través de la retinol deshidrogenasa 1, enzima que parece coordinar metabolismo de los lípidos (Kiefer et al 2012). Contrario a nuestros resultados, los estudios en humanos y animales han mostrado altos niveles de triglicéridos cuando hay deficiencia de hierro, incluso en pacientes obesos (Davis et al 2012, Suliburska et al 2012, Verma et al 2012). Otros factores

pueden estar contribuyendo al efecto que tienen las concentraciones de hierro sobre los triglicéridos en esta población.

Una limitación importante de este estudio, es que se trata de un estudio transversal, y por lo tanto, la causalidad no puede ser establecida. Además de no ser una población abierta y las comparaciones fueron limitadas por los grupos preestablecidos de sobrepeso/obesidad y no sobrepeso/obesidad. Además, a excepción del zinc, la deficiencia de micronutrientes fue baja; la relación entre la obesidad y micronutrientes podría ser diferente en poblaciones obesas con mayor prevalencia de carencias de micronutrientes.

VII. CONCLUSIONES

- Esta población presenta alta prevalencia de bajas concentraciones de vitamina C, E y hierro y alta deficiencia de zinc.
- El consumo de micronutrientes fue similar en ambos grupos y se encontró por debajo de las recomendaciones. Únicamente el consumo de hierro fue menor en los niños con sobrepeso/obesidad comparado con los niños de peso normal.
- En la población estudiada, las bajas concentraciones de vitamina C y vitamina E ajustada por lípidos se asociaron con obesidad y adiposidad, se observó el efecto contrario en la vitamina A.
- Altas concentraciones de vitamina A y zinc en niños escolares de zona rural en México con sobrepeso y obesidad se asociaron con altos niveles de lípidos.
- En esta población, la deficiencia de micronutrientes no aumenta el riesgo de tener sobrepeso/obesidad.
- Se necesitan más estudios para investigar la causalidad de estas relaciones. Además, futuras investigaciones deben centrarse en evaluar el efecto de los

micronutrientes para prevenir la obesidad y sus comorbilidades en este grupo de edad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aeberli I., Hurrell RF., Zimmermann MB. (2009) Overweight children have higher circulating hepcidin concentrations and lower iron status but have dietary iron intakes and bioavailability comparable with normal weight children. *Int J Obes*;33:1111-7.
- Aeberli I., Molinari L., Spinass G., Lehmann R., l'Allemand D., Zimmermann MB. (2006). Dietary intakes of fat and antioxidant vitamins are predictors of subclinical inflammation in overweight Swiss children. *Am J Clin Nutr.*;84:748–755
- Aeberli I., Biebinger R., Lehmann R., L'allemand D., Spinass GA., Zimmermann MB. (2007). Serum retinol-binding protein 4 concentration and its ratio to serum retinol are associated with obesity and metabolic syndrome components in children. *J Clin Endocrinol Metab*;92:4359-65.
- Ainsworth, B. Compendium of physical activities tracking guide. In: *Book Compendium of physical activities tracking guide*. City: Prevention Research Center, Norman J Arnold School of Public Health, University of South Carolina; 2002.
- Al-Sowyan NS. (2009) Difference in leptin hormone response to nutritional status in normal adult male albino rats. *Pak J Biol Sci*. Jan 15;12(2):119-26.
- Bhutta, Z.A., Ahmed, T., Black, RE., Cousens, S., Dewey, K., Giugliani, E., Haider, B.A., Kirkwood, B., Morris, S.S., Sachdev, H.P.S., Shekar, M. (2008). What works? Interventions for maternal and child undernutrition and survival. Maternal and child undernutrition 3. *The Lancet*. 371:417-440.
- Bieri, J.G., Tolliver, T.J., Catignani, G. (1979). Simultaneous determination of alpha tocopherol and retinol in plasma or red cells by high pressure liquid chromatography. *Am J Clin Nutr*. 32: 2143-2149.

- Bonet, M., J. Oliver, C. Pico, F. Felipe, J. Ribot, S. Cinty, et al.,. 2000. "Opposite effects of feeding a vitamin A-deficient diet and retinoic acid treatment on brown adipose tissue uncoupling protein 1 (UCP1), UCP2 and leptin expression." *Journal of Endocrinology* 166: 511-517.
- Black, R., Allen, L.H., Bhutta, Z., Caulfield, L., et al. (2008). Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. *The Lancet* 371: 243-260.
- Campion, J., Milagro, F.I., Fernández, D., Martínez, J.A. (2006). Differential gene expression and adiposity reduction induced by ascorbic acid supplementation in a cafeteria model of obesity. *J Physiol Biochem.* 62:71–80.
- Campion, J., Milagro, F.I., Fernández, D., Martínez, J.A. (2008). Vitamin C supplementation influences body fat mass and steroidogenesis-related genes when fed a high-fat diet. *Int J Vitam Nutr Res.* 78:87–95.
- Chen, M.D., Lin, P.Y. (2000). Zinc-induced hyperleptinemia rates to the amelioration of sucrose induced obesity with zinc repletion. *Obes Res.* 8: 525-529.
- Davis MR., Rendina E., Peterson SK., Lucas EA., Smith BJ., Clarke SL. (2012). Enhanced expression of lipogenic genes may contribute to hyperglycemia and alterations in plasma lipids in response to dietary iron deficiency. *Genes Nutr*;7:415-25
- De Souza Valente da Silva, L., Valeria da Veiga, G., Ramalho, R.A. (2007). Association of serum concentrations of retinol and carotenoids with overweight in children and adolescents. *Nutrition.* 23: 392-397.
- Decsi, T., Molnar, D., Koletzko, B. (1997). Reduced plasma concentrations of alpha-tocopherol and beta-carotene in obese boys. *J Pediatr.* 130: 653-655.
- Despres, J. P. (1993). Abdominal obesity as important component of insulin-resistance syndrome. *Nutrition.* 9:452-459.

- Díaz, M., Rosado, J.L., Allen, L.H., Abrams, S.A., García, O.P. (2003). The efficacy of a local ascorbic acid-rich food in improving iron absorption from Mexican diets: a field study using stable isotopes. *Am J Clin Nutr*;78:436-40. (ISSN:0002-9165)
- Drewel BT., Giraud DW., Davy SR., Driskell JA., Less than adequate vitamin E status observed in a group of preschool boys and girls living in the United States. *J Nutr Biochem* 2006; 17;132-8.
- Ellis, K. J. (1997) Body composition of a young, multiethnic, male population. *Am. J. Clin. Nutr.* 66: 1323-1331.
- Ellis, K. J., Abrams, S. A. & Wong, W. W. (1997) Body composition of a young, multiethnic female population. *Am. J. Clin. Nutr.* 65: 724-731.
- Fairbanks, V.F. (1999). Iron. *En: Modern Nutrition in Health and Disease.* (Eds: ME Shils, JA Olson, M Shike, AC Ross). 9th edition. Lippincott Williams & Wilkins, USA. pp: 193-222.
- García-Díaz DF., Campion J., Milagro FI., Boque N., Moreno-Aliaga MJ., Martínez JA. (2010) Vitamin C inhibits leptin secretion and some glucose/lipid metabolic pathways in primary rat adipocytes. *J Mol Endocrinol*, 45(1):33–43.
- García OP., Ronquillo D., Caamaño MC., Camacho M., Long KZ., Rosado JL. (2012). Zinc, vitamin A, and vitamin C status are associated with leptin concentrations and obesity in Mexican women: results from a cross-sectional study. *Nutr Metab*, 9:59.
- García, OP. (2012). Effect of vitamina A deficiency on the immune response in obesity. *Proc Nutr Soc.*; 290-297 (ISSN:0029-6651).
- Garipağaoğlu M., Sahip Y., Budak N., Akdikmen O., Altan T., Baban M. (2008). Food types in the diet and the nutrient intake of obese and non-obese children. *J Clin Res Pediatric Endocrinol*;1:21-9.

- Gibson RS. (2005). Assessment of the status of vitamins A, D, and E. In: Principles of Nutritional Assessment. 2nd Edition. Oxford University Press, New York, New York. pp 481,534.
- Habitch, J.P., Martorell, R., Yarbrough, C., Malina, R.M., Klein, R.E. (1974). Height and weight and weight standards for preschool children. How relevant are ethnic differences in growth potential?. *The Lancet*. 1:611-614.
- Hernández, B., Gortmaker, S.L., Laird, N.M., Colditz, G.A., Parra-Cabrera, S., Peterson K,E. (2000). Validez y reproducibilidad de un cuestionario de actividad e inactividad física para escuelas de la Ciudad de México. *Salud Pública de México*. 42: 315-323.
- Hill AM, LaForgia J, Coates AM, Buckley JD, Howe PR. Estimating abdominal adipose tissue with DXA and anthropometry. *Obesity (Silver Spring)*. 2007;15(2):504-10.
- Hotz C, Peerson JM, Brown KH. (2003). Suggested lower cutoffs of serum zinc concentrations for assessing zinc status: reanalysis of the second National Health and Nutrition Examination Survey data (1976-1980). *Am J Clin Nutr*;78:756-64.
- Jacob, R.A. Vitamin C. *En: Modern Nutrition in Health and Disease*. (Eds: ME Shils, JA Olson, M Shike, AC Ross). 9th edition. Lippincott Williams & Wilkins, USA. 1999. pp:467-484
- Johnston, C.S., Beezhold, B.L., Mostow, B., Swan, P.D. (2007). Plasma vitamin C is inversely related to body mass index and waist circumference but not to plasma adiponectin in nonsmoking adults. *J Nutr*. 137: 1757-1762.
- Kiefer F.W., Orasanu G., Nallamshetty S., Brown J.D., Wang H., Luger P., Qi N.R., Burant C.F., Duester G., Plutzky J. (2012). Retinaldehyde dehydrogenase 1 coordinates hepatic gluconeogenesis and lipid metabolism. *Endocrinology*;153:3089-99.

- King, J.C. & Keen, C.L. (1999). Zinc. *En: Modern Nutrition in Health and Disease*. (Eds: ME Shils, JA Olson, M Shike, AC Ross). 9th edition. Lippincott Williams & Wilkins, USA. pp: 223-240.
- Kim, H.S., Hausman, D.B., Compton, M.M., et al. (2000). Induction of apoptosis by all-trans-retinoic acid and C2-ceramide treatment in rat stromal-vascular cultures. *Biochem Biophys Res Commun*. 270:76–80.
- Kumar, M. and P. Scarpace. 1998. "Differential effects of retinoic acid on uncoupling protein-1 and leptin gene expression." *Journal of Endocrinology* 152: 237-243.
- Maggini, S., Wintergerst, E.S., Beveridge, S., Horning, D.H. (2007). Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses. *Br J Nutr*. 98: S29-35.
- Marrades, M.P., Martinez, J.A., Moreno-Aliaga, M.J. (2008). ZAG, a lipid mobilizing adipokin is downregulated in human obesity. *J Physiol Biochem*, 64(1):61–66.
- Meléndez, G., (2008). Factores asociados con sobrepeso y obesidad en el ambiente escolar. Ed. Médica Panamericana. Méx. Cap 1. Pp:14-15.
- Menendez, C., Lage, M., Peino, R., et al. (2001). Retinoic acid and vitamin D(3) powerfully inhibit in vitro leptin secretion by human adipose tissue. *J Endocrinol*. 170:425–431.
- Misra, A., Sharma, R., Pandey, R.M., Khanna, N. (2001). Adverse profile of dietary nutrients, anthropometry and lipids in urban slum dwellers of northern India. *Eur J Clin Nutr*. 55: 727-734.
- Molnar, D., Decsi, T., Koletzko, B. (2004). Reduced antioxidant status in obese children with multimetabolic syndrome. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 28: 1197-1202.

- Nead, K.G., Haltermann, J.S., Kaezorowski, J.M., Auinger, P., Weitzman, M. (2004). Overweight children and adolescents: a risk group for iron deficiency. *Pediatrics*. 114:104-8.
- Neuhouser, M.I., Rock, C.I., Eldridge, A.L., Krista, A.R., Patterson, R.E., Cooper, D.A., Neumark-Sztainer, D., Cheskin, L.J., Thornquist, M.D. (2001). Serum concentration of retinal, alpha-tocopherol and the carotenoids are influenced by diet, race and obesity in a sample of healthy adolescents. *J Nutr*. 131:2184-2191.
- Obeid OA., Al-Ghali RM., Khogali M., Hwalla N. (2006). Vitamins A and E status in an urban Lebanese population: a case study at Dar Al-Fatwa area, Beirut. *Int J Vitam Nutr Res*;76:3-8.
- Obikoya, G., n.d., The Different forms of Vitamin E [Online]. Disponible en: <http://www.vitamins-nutrition.org/vitamins/different-vitamin-e.html> [Accessed 26 Noviembre 2009].
- Ohrvall, M., Tengblad, S., Vessby, B. (1993). Lower tocopherol serum levels in subjects with abdominal adiposity. *J Intern Med*. 234:53-60
- Olaiz-Fernández, G., Rivera-Dommarco, J., Shamah-Levy, T., Rojas, R., Villapando-Hernández, S., Hernández-Avila, M., Sepúlveda-Amor, J. (2006). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. Cuernavaca, México. *Instituto Nacional de Salud Pública*.
- Pinhas-Hamiel, O., Newfield, R.S., Koren, I., Agmon, A., Lilos, P., Phillip, M. (2003). Greater prevalence of iron deficiency in overweight and obese children and adolescents. *Int J Obes Rela Metab Disord*. 27:416-418.
- Ravi, S., Howell, R. (1993). Testicular and plasma AA levels in mice following dietary intake: a high performance liquid chromatographic analysis. *J Chromatography*. 614:233-243.
- Recasens, M. Ricart, W. Fernández-Real, J.M. (2004). Obesidad e inflamación. *Rev Med Univ Navarra* 48 (2): 49-54.

- Rivera-Domarco, J., Shama-Levy, T., Villalpando-Hernandez, S., González-de Cossío, T., Hernández-Prado, B., Sepúlveda, J. (2001). Encuesta Nacional de Nutrición 1999. (National Nutrition Survey 1999.). Cuernavaca, Mexico. *Instituto Nacional de Salud Pública*.
- Rodríguez, R. (2006). La obesidad Infantil y los efectos de los medios electrónicos de comunicación. *Investigación en salud*. Agosto, Vol VIII. No. 2. Pp. 95-98.
- Rosado, J.L., Bourges, H., Saint-Martin, B. (1997). Deficiencia de vitaminas y minerales en México. Una revisión crítica del estado de la información: II. Deficiencia de minerales. *Salud Pública Méx*; Vol. 37(5):452-461.
- Rosado, J.L., López, P., Muñoz, E., Martínez, H., Allen, L.H. (1997). Zinc supplementation reduces morbidity, but neither zinc nor iron supplementation affects growth or body composition of Mexican preschoolers. *Am J Clin Nutr*. 65:13-19.
- Rosado, J.L., Ronquillo, D., Kordas, K., Rojas, O., Alatorre, J., López, P., García-Vargas, G., Del Carmen Caamaño, M., Cebrián, M.E., Stolfus, R.J. (2007). Arsenic exposure and cognitive performance in Mexican schoolchildren. *Environ Health Perspect*. 115:1371-1375.
- Ross, A.C. (1999). Vitamin A. *En: Modern Nutrition in Health and Disease*. (Eds: ME Shils, JA Olson, M Shike, AC Ross). 9th edition. Lippincott Williams & Wilkins, USA, pp: 305-328.
- Sarni, R.O., Suano de Souza, F.I., Ramalcho, R.A., Schoeps, D de O., Kochi, C., Catherino. P., Dias, M.C., Pessoti, C.F., Mattoso, L.C., Colugnat, F.A. (2005). Serum retinol and total carotene concentrations in obese preschool children. *Med Sci Monit*. 11:CR510-4.
- Shamah-Levy T., Villalpando S., Jáuregui A. Rivera JA., Overview of the nutritional status of selected micronutrients in Mexican children in 2006. *Salud Pública, Mex*. 2012;54: 146-51

- Shen X.H., Tang Q.Y., Huang J., Cai W. (2010). Vitamin E regulates adipocytokine expression in a rat model of dietary-induced obesity. *Exp Biol Med*;235:47-51.
- Simón, E., Del Barrio, A. S. (2002). Leptina y obesidad. *Anales Sis San Navarra*. 25 (Supl. 1): 53-64.
- Singh, R.B., Beegom, R., Rastogi, S.S., Gaoli, Z., Shoumin, Z. (1998). Association of low plasma concentrations of antioxidant vitamins, magnesium and zinc with high body fat per cent measured by bioelectrical impedance analysis in Indian men. *Magnes Res*. 11:3–10.
- Soyano, A., Gómez, M. (1999). Participación del hierro en la inmunidad y su relación con las infecciones. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol 49. No.2-S.
- Strauss, R.G. (1978). Iron deficiency, infections, and immune function: a reassessment. *Am J Clin Nutr*. 31:660-666.
- Strauss, R.S. (1999). Comparison of serum concentrations of alphotocopherol and beta-carotene in a cross-sectional sample of obese and nonobese children (NHANES III). National Health and Nutrition Examination Survey. *J Pediatr*;134:160–165.
- Suliburska J., Bogdański P., Pupek-Musialik D., Krejpcio Z. (2011). Dietary intake and serum and hair concentrations of minerals and their relationship with serum lipids and glucose levels in hypertensive and obese patients with insulin resistance. *Biol Trace Elem Res*;139:137-50.
- Tandara, L. & Salamunic, I. (2012). Iron metabolism: current facts and future directions. *Biochem Med*;22:311-28.
- Traber, M.G. (1999). Vitamin E. En *Modern Nutrition in Health and Disease* (Eds: M.E. Shils, J.A. Olson, M. Shike, A.C. Ross. 9th edition. Lippincott Williams & Wilkins USA, 1999. Pp: 347-362.

- Tascilar ME, Ozgen IT, Abaci A, Serdar M, Aykut O. (2010). Trace elements in obese in Turkish children. *Biol Trace Elem Res*, 143(1):188–195.
- Verma U., Shankar N., Madhu S.V., Tandon O.P., Madan N., Verma N. (2010). Relationship between iron deficiency anaemia and serum lipid levels in Indian adults. *J Indian Med Assoc*;108:555-8, 562.
- Viroonudomphol. D., Pongpaew, P., Tungtrongchitr, R., et al. (2003). The relationships between anthropometric measurements, serum vitamin A and E concentrations and lipid profiles in overweight and obese subjects. *Asia Pac J Clin Nutr*. 12:73–79.
- Wallstrom, P., Wirfalt, E., Lahmann, P.H., Gullberg, B., Janzon, L., Berglund, G. (2001). Serum concentrations of beta-carotene and alpha-tocopherol are associated with diet, smoking, and general and central adiposity. *Am J Clin Nutr*. 73:777–785.
- Weisstaub, G., Hertrampf, E., López de Romana, D., Salazar, G., Bugueno, C., Castillo-Durán, C. (2007). Plasma zinc concentration, body composition and physical activity in obese preschool children. *Biol Trace Elem Res*. 118:167–174.
- WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards based on length/height and age. *Acta Paediatr Suppl*. 2006; 76-85.
- Wintergerst, E.S., Maggini, S., Horning, D.H. (2007). Contribution of selected vitamins and trace elements to immune function. *Ann Nutr Metab*. 51:301-323.
- Xue, J.C., Schwarz, E.J., Chawla, A., Lazar, M.A. (1996). Distinct stages in adipogenesis revealed by retinoid inhibition of differentiation after induction of PPAR gamma. *Mol Cell Biol*. 16:1567–1575.
- Yanoff, L.B., Menzie, C.M., Denking, B., et al. (2007). Inflammation and iron deficiency in the hypoferrremia of obesity. *Int J Obes (Lond)*. 31:1412–1419.

Zavala, G., Long, K.Z., García, O.P., Caamaño, M. C., Aguilar, T., Salgado, L.M., Rosado, J.L. (2012). Specific micronutrient concentration are associated with inflammatory cytokines in a rural population of Mexican women with a high prevalence of obesity. *Br J Nutr.* May 29:1-9

Zimmermann, M.B., Biebinger, R., Rohner, F., Dill A., Zeder, C., Hurrell, R. F., Chaouki, N. (2006). Vitamin A supplementation in children with poor vitamin A and iron status increases erythropoietin and hemoglobin concentrations without changing total body iron. *Am J Clin Nutr.* 84:580-6

ANEXOS



Llénesse sólo con pluma negra

Código de identificación del sujeto

Fecha

No. ID

Iniciales

Día Mes Año

CONACYT-SALUD/ 87600-2008/FNN-2009-02

CUESTIONARIO SOCIOECONOMICO

- 1. **¿Cuántas personas viven en la casa?** (incluya si es el caso, tíos, primos, abuelos etc.)
- 2. **¿Cuántas personas duermen en la casa?**
- 3. **¿Cuántas personas comen en la casa?**
- 4. **Número total de habitaciones** (incluyendo cocina, baño, recamaras, sala, estudio...etc)
- 5. **¿Cuántos cuartos utilizan como dormitorios en la casa?**
- 6. **¿En donde se encuentra la cocina?**
 - 1 Dentro de la vivienda, sólo hay 1 habitación para todo.
 - 2 Fuera de la vivienda (hay un techo, no es un cuarto terminado es provisional)
 - 3 Fuera de la vivienda (independiente de todas las habitaciones, es un cuarto terminado)
 - 4 Dentro de la vivienda, independiente de los dormitorios.
- 7. **Número de familias que viven en el terreno y comparten algunas habitaciones** (la cocina, baño)
- 8. **¿Cómo obtiene agua para la vivienda?**
 - 1 Obtiene el agua de una llave pública
 - 2 Existe tubería fuera de la vivienda pero dentro del terreno
 - 3 Existe tubería dentro de la vivienda (lavabo, tarja, fregadero)
 - 4 Otras (se las regalan en otra casa, la lleva una pipa, de un pozo)
- 9. **¿Cómo está construido el baño?**
 - 1 Al aire libre (no tiene baño)
 - 2 Fosa (letrina)
 - 3 Drenaje
- 10. **¿El material de las paredes de la casa es de?**
 - 1 Lámina.
 - 2 Adobe o piedra (bloques de lodo)
 - 3 Tabique o similares (bloc)
 - 6 Otros (cartón, madera)
- 11. **¿El material de los pisos es de?**
 - 1 Tierra
 - 2 Cemento firme
 - 3 Loseta, duela o mármol
 - 4 Otros
- 13. **¿A quién pertenece la vivienda?**
 - 1 Prestada
 - 2 Rentada.
 - 3 Es casa propia.
- 14. **¿Cuál es el medio de transporte que utiliza con mayor frecuencia?**
 - 1 Bicicleta
 - 3 Automóvil
 - 4 Transporte público
 - 5 Otros

CUESTIONARIO SOCIOECONOMICO

15 De la siguiente lista de aparatos eléctricos y objetos diga con cuales cuenta

a)	Estufa	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
b)	Luz eléctrica (marque con un * si el medidor lo comparte con otra familia o le pasan la luz)	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
c)	Licuada	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
d)	Refrigerador	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
e)	Horno de microondas	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
f)	Radio o grabadora (aparato de sonido)	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
g)	Televisión	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
h)	Alquila algún servicio de TV (cablevisión, sky, más tv, etc)	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
i)	Videocasetera	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
j)	DVD	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
k)	Línea Telefónica (si la respuesta es anotar el número)	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
l)	Teléfono Celular	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
m)	Bicicleta	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
n)	Motocicleta	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
ñ)	Automóvil	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰
o)	Computadora	Si	<input type="checkbox"/>	¹	No	<input type="checkbox"/>	⁰

Escolaridad y ocupación de los padres

	Padre	Madre	Cuidador
Escolaridad			
Años cursados			
Ocupación actual			

OBSERVACIONES

Aplicó:

--	--	--

Verificó _____

Fecha de Verificado

Día	Mes	Año	Año	Año	Año	Año	Año



Liénesse sólo con pluma negra

HISTORIA CLÍNICA DEL VOLUNTARIO MÉDICA



CONACYT-SALUD--87600/FNN-2009-02

CONACYT-SALUD--87600/FNN-2009-02

Número de caso

Iniciales del sujeto

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Nutrición

Años Meses

Nombre del sujeto _____ Edad

Nombre de la escuela _____ Grado y grupo

Proyecto Anemia-Antioxidantes

HISTORIA CLÍNICA

Fecha de aplicación

Fecha de nacimiento
Día Mes Año

1. Sexo 1) Femenino 2) Masculino

2. Domicilio: _____

3. Comunidad: _____

4. ¿Con quién vive el niño? 1) Ambos padres 2) Sólo Mamá 3) Solo Papá 4) Otros (abuelos, etc.)

4 (a). Mencione el parentesco _____

5. Si es el caso, motivo por el que el niño no vive con los padres _____

6. ¿Quién cuida al niño la mayor parte del día? 1) Mamá 2) Abuela 3) Tía 4) Hna. Mayor 5) Otro

7. ¿El niño acudió al preescolar? 1) SI 2) NO

8. ¿Tipo de preescolar? 1) Público 2) Privado

DATOS DE LOS PADRES

	DATOS DE LA MADRE	DATOS DEL PADRE
Edad (en años)	9.	10.
Ocupación	11.	12.
Escolaridad	13.*	14.*
Discapacidad física y/o Enfermedad crónica	15.	16.

*Para los reactivos 13 (13 a) y 14



Liénesse sólo con pluma negra

HISTORIA CLÍNICA DEL VOLUNTARIO MÉDICA



CONACYT-SALUD--87600/FNN-2009-02

1) No asistió a la escuela	7) Carrera técnica (computación, secretariado, inglés, etc.)
2) No asistió a la escuela, pero sabe leer y escribir	8) Bachillerato incompleto
3) Primaria Incompleta	9) Bachillerato completo
4) Primaria Completa	10) Licenciatura incompleta
5) Secundaria incompleta	11) Licenciatura (Titulado)
6) Secundaria completa	12) Postgrado (diplomados, especialidades, maestría, etc.)

SALUD-2003-C01-133/FNN-2004-06

Número de caso

Iniciales del sujeto

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Nutrición

Proyecto Anemia-Antioxidantes

HISTORIA CLÍNICA

Si el niño es cuidado por otra persona y no por la madre o padre proporcione los datos de la persona que lo cuida.

DATOS DE QUIEN CUIDA AL NIÑO	
Edad (en años)	9 a.
Ocupación	11 a.
Escolaridad	13 a.*
Discapacidad física	15 a.
Enfermedad Crónica	

DATOS DE EMBARAZO Y PARTO

17. ¿Usted quería embarazarse? 1) SI 2) NO

18. ¿Cuántos embarazos ha tenido incluyendo el del niño?
(contar embarazos no terminados, abortos)

19. ¿Sufrió la madre alguna enfermedad o traumatismo durante el embarazo? 1) SI 2) NO
(caídas, golpes, etc.)

19 (a). Si es el caso, mencione ¿Cuál? o ¿Cuáles? _____

20. ¿Existieron problemas durante el desarrollo fetal del niño? 1) SI 2) NO
(Ej. amenaza de aborto)

20 (a). Si es el caso, mencione ¿Cuál? o ¿Cuáles? _____

21. ¿La madre consumió bebidas alcohólicas durante el embarazo? 1) SI 2) NO

22. ¿La madre fumó durante el embarazo? 1) SI 2) NO

23. ¿Edad gestacional? 1) Prematuro (meses)_____ 2) Término (9 meses)
(tiempo de embarazo)



Liénesse sólo con pluma negra

HISTORIA CLÍNICA DEL VOLUNTARIO MÉDICA



CONACYT-SALUD--87600/FNN-2009-02

24. ¿Cuál fue el peso del niño al nacer? _____

25. ¿Cuál fue la talla del niño al nacer? _____

26. ¿El niño fue amamantado? 1) SI 2) NO

26 (a). ¿Cuánto tiempo? (meses) _____

DATOS DE HERMANOS

27. ¿Cuántos hermanos tiene el niño en total? (no incluya al niño)

28. Lugar que ocupa el niño dentro del orden de nacimiento (1º, 2º, etc.)

SALUD-2003-C01-133/FNN-2004-06

Número de caso

Iniciales del sujeto

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Nutrición

Proyecto Anemia-Antioxidantes

HISTORIA CLÍNICA

ANTECEDENTES FAMILIARES DE SALUD

29. De las siguientes enfermedades mencione cuáles existen o existieron en la familia de los padres. (abuelos, tíos, hermanos, suegros, cuñados, etc.)

ENFERMEDAD	1) SI	2) NO	ENFERMEDAD	1) SI	2) NO
a) Diabetes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	g) Problemas cardíacos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Alcoholismo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	h) Violencia (física ó verbal)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Drogadicción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	i) Asma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Cáncer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	j) Hipertensión arterial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Epilepsia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	k) Otra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Alteraciones mentales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	¿Cuál?		

DESARROLLO GENERAL DEL NIÑO

30. ¿Qué enfermedades ha tenido el niño?

ENFERMEDAD	1) SI	2) NO	ENFERMEDAD	1) SI	2) NO
a) Sarampión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	i) Problemas digestivos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Paperas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	j) Varicela	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Hepatitis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	K)Se orina en la cama	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Anemia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	l) Crisis convulsivas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Problemas visuales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	m) Problemas dermatológicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Problemas auditivos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	n) Discapacidad física	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Liénesse sólo con pluma negra

HISTORIA CLÍNICA DEL VOLUNTARIO MÉDICA



CONACYT-SALUD--87600/FNN-2009-02

h) Alergias e intolerancias**			o) Otros		
			¿Cuáles?		

** Si responde **SI**, llene el cuadro del reactivo 31.

31. ¿A que es alérgico e/o intolerante el niño?

	1) SI	2) NO	Especifique cuáles	Síntomas
a) Alimentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
b) Medicamentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
c) Otro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

SALUD-2003-C01-133/FNN-2004-06

Número de caso

Iniciales del sujeto

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Nutrición

Proyecto Anemia-Antioxidantes

HISTORIA CLÍNICA

32. ¿Se ha enfermado en las dos últimas semanas? 1) SI 2) NO

32 (a). Especifique de qué _____

33. ¿El niño come bien? 1) SI 2) NO (conteste 33(a))

33 (a) ¿Especifique porqué no? _____

34. ¿Dio al niño algún medicamento en las 2 últimas semanas? 1) SI 2) NO

34 (a). Especifique cuál _____

35. ¿El niño está tomando algún suplemento de vitaminas y/o minerales? 1) SI 2) NO

35 (a). Especifique cuál _____

35 (b). ¿Desde cuándo? _____

35 (c). ¿Quién lo recetó? _____



Liénesse sólo con pluma negra

HISTORIA CLÍNICA DEL VOLUNTARIO MÉDICA



CONACYT-SALUD--87600/FNN-2009-02

- 36. ¿El niño controla esfínteres? 1) SI 2) NO
- 37. ¿El niño ha requerido hospitalizaciones? 1) SI 2) NO
- 38. ¿Por cuánto tiempo estuvo hospitalizado? _____
- 39. ¿Cuál fue la causa de la hospitalización? _____
- 40. ¿El niño ha tenido golpes fuertes en la cabeza? 1) SI 2) NO
- 41. ¿A que edad el niño sufrió el golpe el la cabeza? _____
- 42. ¿El niño perdió el conocimiento? 1) SI 2) NO
- 43. ¿Qué tipo de atención recibió el niño?
1) Atención médica 2) Atención de la mamá 3) No recibió atención
- 44. ¿Cuál es el lado dominante del niño? 1) Diestro 2) Zurdo 3) Ambidiestro

SALUD-2003-C01-133/FNN-2004-06

Número de caso

Iniciales del sujeto

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Nutrición

Proyecto Anemia-Antioxidantes

HISTORIA CLÍNICA

ESQUEMA DE VACUNACIÓN

- 45. ¿El niño tiene todas las vacunas? 1) SI 2) NO

Indique las vacunas que han sido aplicadas a su hijo desde el nacimiento hasta el día de hoy.

Nombre de la Vacuna	¿Le fue aplicada la vacuna?	Reacciones adversas
---------------------	-----------------------------	---------------------



Lénesese sólo con pluma negra

HISTORIA CLÍNICA DEL VOLUNTARIO MÉDICA



CONACYT-SALUD--87600/FNN-2009-02

BCG	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Polio	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
DPT	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Anti <i>Haemophilus influenzae</i>	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Hepatitis B	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Triple viral (SRP)	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Otro	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	

Observaciones

Aplicador: _____

--	--	--	--

Iniciales

Firma del Investigador Principal _____

--	--	--

Día Mes Año



Llénese sólo con pluma negra

Código de identificación del sujeto

--	--	--	--	--

No. ID

--	--	--	--

Iniciales

Fecha

--	--	--	--	--	--	--	--

Día

Mes

Año

CONACYT-SALUD/ 87600-2008/FNN-2009-02

FRECUENCIA DE ALIMENTOS

	ALIMENTO	Número de veces al				Nunca	En temporada	Cantidad de alimento	Unidad
		Día	Semana	Mes	Año				
VERDURAS									
1	Betabel								
2	Brócoli								
3	Calabacitas								
4	Cebolla								
5	Champíñón								
6	Chayote								
7	Chícharo								
8	Chilaca								
9	Chile poblano								
10	Col								
11	Coliflor								
12	Ejotes								
13	Elote								
14	Huitlacoche								
15	Jitomate								
16	Lechuga								
17	Nopales								
18	Pepino								
19	Pimiento morrón rojo, verde, amarillo, anaranjado								
20	Rábano								
21	Tomate								
22	Verdolaga / acelga / quelites/ espinaca								
23	Zanahoria								
24	Salsa verde								
25	Salsa roja								

ALIMENTO	Número de veces al				Nunca	En temporada	Cantidad de alimento	Unidad
	Día	Semana	Mes	Año				
FRUTAS								
26	Durazno							
27	Fresa							
28	Garambullo							
29	Guayaba							
30	Jícama							
31	Lima							
32	Limón							
33	Granada							
34	Higos							
35	Ciruela							
36	Mandarina							
37	Mango							
38	Manzana							
39	Melón							
40	Naranja							
41	Papaya							
42	Pera							
43	Piña							
44	Plátano							
45	Sandía							
46	Toronja							
47	Tuna							
48	Uvas							

ALIMENTO	Número de veces al				Nunca	Cantidad de alimento	Unidad
	Día	Semana	Mes	Año			
LEGUMINOSAS							
49	Frijoles						
50	Habas						
51	Lentejas						
52	Soya texturizada						
53	Garbanzo						

Lélese sólo con pluma negra



Código de identificación del sujeto

--	--	--	--	--

No. ID

--	--	--	--

Iniciales

Fecha

--	--	--	--	--	--	--

Día

Mes

Año

CONACYT-SALUD/ 87600-2008/FNN-2009-02

ALIMENTO	Número de veces al				Nunca	Cantidad de alimento	Unidad	
	Día	Semana	Mes	Año				
LÁCTEOS								
54	Leche fresca entera (cartón)							
55	Leche bronca							
56	Leche en polvo							
57	Leche descremada (light)							
58	Queso, panela, ranchero y oaxaca							
59	Queso manchego, asadero, amarillo,							
60	Yogurt con frutas (sabor)							
61	Danonino							
62	Yakult							
CARNES								
63	Carne de res, bistec, molida, trozos							
64	Carne de cerdo, bistec, trozos							
65	Carnitas							
66	Hígado de res							
67	Menudo							
68	Barbacoa de borrego							
69	Pollo							
70	Menudencia de pollo							
71	Huevo							
72	Pavo o guajolote							
73	Atún							
74	Sardina							
75	Pescado, filete y caldo							
76	Caldo de camarón							
77	Cóctel de mariscos (Camarón, pulpo, ostiones)							
EMBUTIDOS								
78	Jamón							
79	Salchicha							
80	Mortadela							
81	Queso de puerco							
82	Longaniza / Chorizo							

ALIMENTO		Número de veces al				Nunca	Cantidad de alimento	Unidad	
ALIMENTOS PREPARADOS									
83	Arroz rojo, blanco, amarillo								
84	Sopa de pasta, seca y aguada								
85	Sopa instantánea								
86	Camote								
87	Papa								
88	Avena cocida o instantánea								
89	Galletas dulces								
90	Galletas saladas								
91	Cereal de caja (zucaritas, corn flakes)								
92	Pan dulce								
93	Pastelitos, gansito, pingüinos								
94	Barras de cereal								
95	Pan integral bimbo, wonder								
96	Pan blanco bimbo, wonder								
97	Bolillo								
98	Tortilla de harina								
99	Tortilla de maíz								
100	Gorditas queso, migajas								
101	Sopes								
102	Pizza								
103	Hot dogs								
104	Tamales de carne, queso, dulces								
105	Palomitas								
106	Frituras (Churritos, papas)								
GRASAS									
107	Aceite vegetal								
108	Aguacate								
109	Cacahuete, almendra, nuez, semillas								
110	Crema								
111	Manteca								
112	Mantequilla								
113	Mayonesa								
114	Chicharrón								

Llénesse sólo con pluma negra



Código de identificación del sujeto

--	--	--	--	--

No. ID

--	--	--	--

Iniciales

Fecha

--	--	--	--	--	--	--

Día Mes Año

CONACYT-SALUD/ 87600-2008/FNN-2009-02

ALIMENTO	Número de veces al	Nunca	Cantidad de alimento	Unidad	
ALIMENTOS PREPARADOS					
115	Mole verde, rojo				
AZÚCARES					
116	Azúcar				
117	Chocolate en polvo				
118	Chocolate en barra				
119	Dulces (paletas)				
120	Mermelada				
121	Miel				
122	Helado (leche)				
123	Nieve				
124	Catsup				
BEBIDAS					
125	Agua de frutas				
126	Bebidas con saborizante (Tang, Frisco, Clight, Kool-Aid)				
127	Gatorade				
128	Atole				
129	Refrescos (coca, manzana)				
130	Jugo natural, naranja, zanahoria				
131	Jugo embotellado				
132	Café				
133	Té				

OBSERVACIONES

Realizó:

--	--	--

iniciales

Verificó _____

Fecha de Verificado

--	--	--	--	--	--

Día Mes Año