

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.

Estado de Hierro y Niveles Séricos de Zinc en Mujeres
Adolescentes de Hermosillo, Sonora.

POR:

JOSÉ LEOPOLDO MENDOZA LAGUNAS

**TESIS APRROBADA POR LA:
COORDINACIÓN DE NUTRICIÓN**

APROBACION

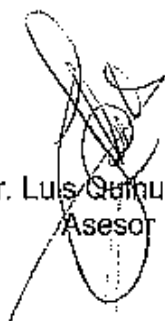
Los miembros del comité designado para revisar la tesis de José Leopoldo Mendoza Lagunas, la han encontrado satisfactoria y recomiendan sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias.



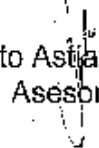
M.C. Rosa Olivia Méndez Estrada
Director de Tesis



Dr. Juana María Meléndez Torres
Asesor



Dr. Luis Quiñi Cota
Asesor

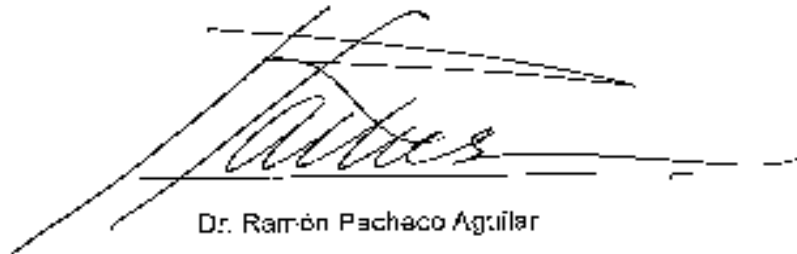


Dr. Humberto Astizaran García
Asesor

DECLARACION INSTITUCIONAL

Se permiten citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para la producción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD, A.C).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión, del director de tesis.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'R. Pachaco', is written over a horizontal line. The signature is stylized and extends above and below the line.

Dr. Ramón Pachaco Aguilar

Director General

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología el apoyo económico otorgado durante la realización de este trabajo. Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, por abrirme sus puertas y darme esta oportunidad de superación profesional. A la coordinación de Nutrición por otorgarme los medios y las facilidades para culminar esta investigación. Al grupo de trabajo, Ana Cristina Gallegos, Rosa María Cabrera, Lupita Aguilar, por su apoyo y amistad durante todo el tiempo. A mi asesora Rosa Olivia Méndez, por la orientación y apoyo incondicional, y a su dedicación y paciencia para culminar este trabajo. A mi comité de tesis, Luis Quihui, Humberto Astiazaran, Juana María Meléndez, por las observaciones hechas durante todo este periodo.

También agradezco a todas las personas que estuvieron cerca de mi durante estos 2 años, que con sus comentarios, bromas, simplemente con su amistad, hicieron muy llevadera la carga (Diana Mendoza, Berthita Pacheco, Luis Conde, Gerardo Reyna, Pepe Ponce). A mis compañeros de generación, Jorge, Vane, Alex, Elsa, Chava, Bertha, Erika, Fátima, Blanquita, por su amistad, consejos, comprensión, por todos aquellos momentos, salidas, etc. A todas las personas que si bien, no pertenecían al grupo social del CIAD, formaron parte especial de mi estancia a todos ustedes.

De manera especial también quiero agradecer a todas las instituciones que participaron, a su personal, por dar todas las facilidades y sobre todo a quienes sin su participación este proyecto no hubiera sido posible, a las 174 adolescentes participantes, gracias por su confianza.

DEDICATORIAS

El presente trabajo lo dedico a mis padres, que quienes gracias a su apoyo incondicional, orientación en esos momentos negros, y a todo aquello que solo ustedes saben hacer. Soy afortunado de tenerlos como padres, gracias, que Dios los cuide y me permita tenerlos mucho más tiempo.

También quiero dedicar este esfuerzo a estas personitas especiales, mis hermanos. Lorena mi hermana mayor, el ejemplo de cómo se debe luchar por los sueños. Carlitos, que a pesar de tener poca edad y madurez, tiene una forma de ver la vida tan única y despreocupada y a su vez tiene una dedicación e inteligencia, que tengo mucho que aprender de él. Jennifer la más pequeña de la casa, a esta niña tan inteligente y simpática, siempre tiene una sonrisa para todos. A mi sobrino Isaac, que a pesar de no entender muchas cosas por su corta edad, me recuerda como cuando las cosas eran más sencillas, siendo solamente niños sin ninguna preocupación.

A todas aquellas personas especiales para mí, que ya no nos acompañan y no pudieron ver terminado este sueño, de cualquier forma se que desde algún lugar estarán presenciando este gran paso. Los llevo siempre conmigo gracias por todo lo que me pudieron dar en vida

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|------|
| LISTA DE TABLAS..... | VIII |
| LISTA DE FIGURAS..... | IX |
| RESUMEN..... | X |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| ANTECEDENTES..... | 4 |
| Función biológica y consecuencias de la deficiencia de hierro y zinc..... | 4 |
| Metabolismo del Hierro y Zinc..... | 6 |
| Requerimientos dietarios de Hierro y Zinc..... | 7 |
| Principales Fuentes Dietarias de Hierro y Zinc..... | 8 |
| Biodisponibilidad del Fe y Zn y los Factores que la Favorecen o la Inhiben..... | 9 |
| Problemas de Deficiencia de Fe y Zn en la Población a Nivel Mundial y Regional..... | 11 |
| HIPÓTESIS..... | 14 |
| OBJETIVO..... | 14 |
| Objetivo General..... | 14 |
| Objetivos Específicos..... | 14 |
| SUJETOS Y MÉTODOS..... | 15 |
| Diseño de Estudio..... | 15 |
| Criterios de Selección..... | 15 |
| Obtención y Caracterización de la Población de Estudio..... | 16 |
| Nivel Socioeconómico..... | 16 |
| Evaluación Antropométrica y Actividad Física..... | 16 |
| Medición antropométrica..... | 16 |
| Medición de actividad física diaria..... | 17 |
| Evaluación Dietaria, Consumo de Fe, Zn y los Inhibidores de su | |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Recomendaciones diarias del consumo de Fe y Zn para mujeres de 12 – 18 años..... | 8 |
| Tabla 2. Estado nutricional y edad de menarquia de las mujeres adolescentes de Hermosillo, Sonora (n=174)..... | 23 |
| Tabla 3. Alimentos considerados como principales aportadores de Fe y Zn a la dieta de las adolescentes..... | 24 |
| Tabla 4. Grupos de alimentos aportadores de Fe y Zn en la dieta de las adolescentes (n=174)..... | 26 |
| Tabla 5. Consumo promedio, % de Adecuación y % de Bajo consumo de Fe, Zn, Ca, fibra y fitatos en la dieta de las adolescentes (n=174).... | 28 |
| Tabla 6. Valores promedio y prevalencia de deficiencia de Indicadores sanguíneos del estado de Fe (n=174)..... | 29 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Distribución de nivel socioeconómico de la población estudiada..... | 22 |
| Figura 2. Concentración de Zn sérico de la población y participantes con valores normales y deficientes (n=121)..... | 30 |
| Figura 3. Concentración de Zn sérico por nivel socioeconómico en participantes con deficiencia de Zn (n=34)..... | 31 |
| Figura 4. Correlación de [Zn] sérico y Zn dietario en la dieta de las adolescentes (n=121)..... | 32 |

RESUMEN

La adolescencia se caracteriza por un crecimiento acelerado del organismo e incrementos de los requerimientos nutricionales. El riesgo de presentar deficiencia de hierro (Fe) y zinc (Zn) es mayor en mujeres que en hombres debido principalmente a la presencia de la menarquia. El objetivo de este estudio fue determinar el estado de hierro y los niveles séricos de zinc en mujeres adolescentes del municipio de Hermosillo, así como su relación con el consumo dietario de ambos minerales y con inhibidores de su absorción. Los análisis de sangre incluyeron hemoglobina (Hb) por el método Hemocue, hematocrito (Hto) por el método de Wintrobe, protoporfirina (PLE) por un hematofluorómetro, ferritina mediante un inmunoensayo enzimático (ELISA) y Zn plasmático por absorción atómica. El registro de consumo de alimentos se realizó por recordatorio de 24 horas. Se trabajó con una muestra de 174 mujeres adolescentes con una media de edad de $16,7 \pm 1,5$ años y con ingesta de Fe y de Zn de $10,1 \pm 5,2$ y $8,0 \pm 5,5$ mg/d, respectivamente. La prevalencia de anemia ($Hb < 12$ g/dL) fue de 5,7%, sin efecto del nivel socioeconómico, consumo dietario de Fe, ni por inhibidores de la absorción de minerales. La concentración media de Zn sérico en la población estudiada presentó valores normales, $97,1 \pm 49,4$ μ g/dL, pero el 29,7% mostró valores bajos. Además, el 53,4% de las participantes no alcanzaron la recomendación de consumo de Zn, lo cual se asocia de manera importante con sus niveles séricos ($p < 0,05$). Debido a que la etapa reproductiva se encuentra en la parte inicial se recomienda una atenta vigilancia en la dieta de las adolescentes para asegurarles un óptimo estado nutricional de Fe y Zn.

INTRODUCCIÓN

El hierro (Fe) y el zinc (Zn) son nutrimentos de gran importancia en diferentes etapas de la vida, como es la adolescencia. En este periodo en particular, el organismo presenta un crecimiento acelerado por lo que se incrementa el requerimiento de nutrientes. Al cubrirse los requerimientos de Fe y Zn del organismo se cumplen exigencias biológicas importantes que se presentan en este periodo de vida. En las mujeres adolescentes, la menarquia impone un aumento en las necesidades de Fe (Kaufer *et al.*, 1995), pero tanto en hombres como en mujeres la adolescencia implica un aumento en las necesidades de ambos minerales. Al pasar de la niñez a la adolescencia los requerimientos de Fe se modifican de 4,1 a 6 mg/d en hombres y de 4,1 a 7,9 mg/d en mujeres. En cuanto a Zn, los valores séricos y la recomendación dietaria corresponden a 70 µg/L y 7,3 mg/d, respectivamente, en mujeres adolescentes.

Las deficiencias de Fe y Zn están asociadas a diversos problemas de salud y sus consecuencias dependerán de la severidad en la deficiencia del estado de estos nutrimentos. En el caso del Fe, su deficiencia se asocia con problemas en la oxigenación de los tejidos; y la de Zn está relacionada con trastornos metabólicos, principalmente. En ambos casos se reduce la capacidad del organismo para funcionar adecuadamente.

A nivel mundial se siguen presentando altas prevalencias de deficiencia de Fe, estimándose que el 25% de las mujeres en edad reproductiva en diferentes países padece anemia (Shamah-Levy *et al.*, 2003). Los datos de prevalencia cambian notoriamente entre países con diferentes niveles de desarrollo, por ejemplo mientras que en Estados Unidos el valor reportado es de 1,3% en mujeres entre 12 y 19 años (Frith-Terhune *et al.*, 2000), en México la OMS reportó un valor de 20,8% en las mujeres entre 12 y 49 años (Benoist *et al.*, 2008).

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2006) reportó que a nivel nacional la prevalencia de anemia en mujeres de 12 a 19 años es de 10,9%, y para las adolescentes en el estado de Sonora de 14,6%, mayor al promedio nacional.

En lo que respecta al Zn, se encontró que el 33.9% de las mujeres no embarazadas del área rural en México, presentaron valores bajos de zinc (70 µg/dL) y un 28% de la población urbana (ENN, 1999). Por otro lado, Villalpando *et al.*, (2003) reportaron que en mujeres mexicanas de entre 12 y 49 años la deficiencia de Zn fue del 30% y que el riesgo era mayor en las mujeres de bajo nivel socioeconómico y con un alto consumo de cereales en la dieta.

Por otro lado, la transición económica y demográfica por la que atraviesan países en vías de desarrollo, como México, han provocado cambios en el patrón de alimentación de sus pobladores, con una tendencia hacia el consumo de alimentos con bajo aporte nutricional y alto aporte de grasas y azúcares. Así mismo, se ha demostrado que la deficiencia de micronutrientes es otra cara de la moneda en cuanto a los problemas nutricionales que atraviesa nuestro país, siendo de gran relevancia, el conocer la magnitud del problema y visualizar a las poblaciones en riesgo.

En México, según datos del segundo conteo nacional de población y vivienda del 2005 (INEGI, 2005) se estimó que el 20,4% de la población mexicana es adolescente, es decir, 21 millones están entre 10 y 19 años por lo que la población en riesgo de presentar este tipo de deficiencias es considerable.

Debido al rol fundamental del Fe y del Zn en el crecimiento, diferenciación y funcionamiento celular, los organismos que se encuentran

en la etapa de mayor crecimiento y desarrollo, como lo es la adolescencia, son más susceptibles de presentar problemas de deficiencia.

Por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el estado de hierro y los niveles séricos de zinc en mujeres adolescentes del municipio de Hermosillo así como, su relación con el consumo dietario de ambos minerales y con los inhibidores de su absorción.

ANTECEDENTES

Función Biológica y Consecuencias de la Deficiencia de Hierro y Zinc

El Fe es un mineral esencial para el óptimo funcionamiento del organismo. Forma parte estructural de la hemoglobina y mioglobina. La hemoglobina está conformada por cuatro subunidades hemo, en las cuales se une el Fe. La mioglobina se encuentra principalmente en músculo y a diferencia de la hemoglobina sólo tiene una subunidad hemo. Tanto la hemoglobina como la mioglobina se encargan de la oxigenación de tejidos (Guyton, 1984). En los citocromos, el Fe del grupo hemo participa como transportador de electrones en la respiración celular (Gibson, 2005).

Debido a las funciones del Fe en el organismo su distribución es diversa. Del total del Fe en el organismo (4g) cerca del 65% está presente en la hemoglobina, el 4% en la mioglobina y el 1% forma parte de varios compuestos hemo que controlan la oxidación celular. El 0,1% forma parte de la transferrina en el plasma y aproximadamente del 15 al 30% restante está almacenado en el hígado como ferritina (Guyton, 1984).

La consecuencia más grave de la deficiencia de Fe es la anemia, caracterizada por disminución en la concentración de hemoglobina (<12 g/dL), hematocrito (<36%) y ferritina (<15 µg/L), así como aumento en la concentración de protoporfirina (>30 g/dL). Se relaciona con una disminución de la capacidad para realizar labores físicas, dificultad para respirar, mareos, reducida habilidad de aprendizaje y aumento de enfermedades infecciosas (Mónarrez *et al.*, 2001). En mujeres embarazadas se ha visto que provoca un trabajo de parto más prolongado, hipertensión, hemorragias después del parto y malformaciones congénitas en el producto (Rosado, 1998). Lo anterior está íntimamente relacionado con la función biológica del hierro en la oxigenación celular.

En el caso del Zn este es un elemento que todos los organismos requieren en pequeñas concentraciones, aunque a la fecha se desconocen efectos tóxicos como consecuencia de su consumo excesivo. Recientemente su deficiencia ha recibido particular atención por sus implicaciones en problemas de salud (Rosado, 2005). Las múltiples funciones en el metabolismo intracelular se asocian a su unión a diferentes proteínas celulares, a interacciones con aminoácidos y a la formación de enlaces cruzados entre polipéptidos. El Zn es componente de enzimas peptidasas que se requieren en la digestión de proteínas en el intestino delgado (Guyton, 1984). Así mismo, se encuentra directamente relacionado con la replicación del DNA, por ser componente estructural de las RNA y DNA polimerasas (León y Roth, 2000). Otra enzima dependiente de Zn es la anhidrasa carbónica; presente en los glóbulos rojos y en el epitelio de los túbulos renales, cataliza la reacción de síntesis de ácido carbónico a partir de dióxido de carbono y agua, haciéndolo también de forma inversa. En los túbulos renales, la misma enzima controla la reacción que induce la secreción de iones de hidrógeno al fluido tubular, ayudando a mantener el balance ácido – base en los fluidos del organismo (Guyton, 1984).

Debido a la versatilidad del Zn, es difícil estimar el estado nutricional para este mineral. No obstante, se cree que su deficiencia (Zn sérico <70 µg/dL) resultaría en un daño generalizado de varias funciones metabólicas (Williams, 1989). Los principales síntomas de la deficiencia de Zn son visibles en la piel. Se considera que alrededor del 20% del Zn presente en el organismo se encuentra en el tejido tisular. La principal enfermedad relacionada con la deficiencia de Zn es la acrodermatitis enteropática, que es un problema de mal absorción de Zn que se hereda en forma autosómica recesiva. La disminución en la respuesta inmune, diarrea y retraso cognitivo, son algunos más de los trastornos relacionados con la deficiencia de Zn (Arggett, 1989; Tolonen, 1990).

Metabolismo del Hierro y Zinc

El Fe y el Zn, a pesar de coexistir en los alimentos, no se metabolizan de formas similares. El Fe tiene dos rutas de absorción distintas, una para el Fe hemático y otra para el no hemático. En la primera de ellas, el Fe es absorbido en condiciones alcalinas, en el enterocito. Posteriormente pasa a la célula, donde es liberado y se cree que pasa a formar parte de la reserva intracelular. Por otra parte, el Fe no hemático se solubiliza en el medio ácido del estómago y se oxida de Fe^{+3} a Fe^{+2} por promotores como el ácido ascórbico o por enzimas presentes en la superficie de los enterocitos (endoxidasa I) (Hamilton y Grapper, 1987). Posteriormente el Fe es transportado al enterocito por la proteína transportadora DMT-1. El exceso de Fe se almacena en el hígado en una proteína denominada ferritina. Cuando existe una disminución en la concentración de Fe en plasma, se remueve de la ferritina y se transporta de nuevo por la transferrina hasta los tejidos donde se requiere (Guyton, 1984).

Los mecanismos de excreción de hierro en hombres y mujeres son completamente diferentes. Los hombres excretan cerca de 0.6 mg de hierro cada día, principalmente en las heces. En la mujer la pérdida de sangre debida a la menstruación aumenta la excreción de hierro a razón de 1,3 mg por día (Guyton, 1984). Por lo que las mujeres en edad fértil son consideradas población en riesgo de padecer deficiencia de hierro.

Por su parte el zinc (Zn) es un mineral metabólicamente muy activo. Debido a su estado de oxidación (Zn^{+2}) tiene una gran afinidad por los electrones, y le permite interaccionar con polipéptidos, modificando la estructura y funcionalidad de las proteínas. Se reconoce que el Zn no constituye un fuerte oxidante, haciéndolo fundamental en el metabolismo intracelular, encontrándose prácticamente en todos los tejidos vivos, tanto animales como vegetales. (Rosado, 2005)

En cuanto al Zn, la mayor parte se absorbe en el yeyuno mediante un proceso celular transaturable, ya que cuando existe deficiencia la velocidad de transporte aumenta (Rosado, 2005). Una vez en sangre se une a la albúmina, a la α_2 -macroglobulina y a la transferrina para ser transportado al hígado (Hamilton y Grapper, 1987). Las principales vías de excreción de Zn ocurren a través de las células intestinales y puede variar entre 1 y 5 mg/d. Así mismo también se excreta en orina y en heces, representando sólo un 10% de la excreción total. Otras formas de excreción del Zn son la descamación celular en el epitelio, la sudoración, la menstruación, la eyaculación de semen y la pérdida de cabello. (Rosado, 2005).

Requerimientos Dietarios de Hierro y Zinc

La referencia de ingestión dietaria (DRI por sus siglas en inglés), considera una serie de recomendaciones para la ingesta de nutrimentos (Yates *et al.*, 1998). La recomendación para el Fe varía dependiendo de la edad, el sexo y el estado fisiológico de cada individuo. En la Tabla 1 se muestra la recomendación de consumo de Fe para mujeres de 14 a 18 años (7,9 mg/d) establecida por la DRI (2001) como referencia internacional (Estados Unidos y Canadá), y para población mexicana las propuestas de Bourges *et al.*, (2005) (22 mg/d) y del Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán (2001) (15 mg/d). Las diferencias mostradas por las distintas recomendaciones en cuanto al consumo tanto de Fe como de Zn, pueden ser debidas al tipo de alimentación de cada región, así como a la metodología empleada en cada uno de los estudios.

Tabla 1. Recomendaciones diarias del consumo de Fe y Zn para mujeres de 12 – 18 años

| | DRI (2001)¹ | Bourges et al., 2005 | INCMN Salvador Zubirán, 2001² |
|------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---|
| Fe (mg/d) | 7,9 | 22 | 15 |
| Zn (mg/d) | 7,3 | 12,2 | 15 |

¹ Dietary Reference Intake tables (DRI) United States Department of Agriculture, 2001

² Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, 2001

Principales Fuentes Dietarias de Hierro y Zinc

El hierro (Fe) en los alimentos se encuentra como hierro hemático y no hemático. El primero se encuentra solo en carnes (res, cerdo, pollo, pescado, etc.) y es reconocido por su fácil absorción, el cual se encuentra inversamente relacionado con las reservas corporales de Fe, es decir, entre menores sean las reservas corporales de Fe mayor será su absorción, y viceversa. Por su parte la forma no hemática, se encuentra principalmente en alimentos de origen vegetal (cereales, leguminosas y verduras) y en algunos de origen animal (leche, huevo), que al contrario del Fe hemático, tiene una baja asimilación debido a factores que inhiben su absorción y que se describirán más adelante (Ramakirshan, 2000).

En México y otros países en vías de desarrollo los principales alimentos aportadores de Fe y Zn son el frijol, arroz, pasta, pan integral y huevos (Romieu *et al.*, 1997). No obstante estudios más recientes, han mostrado que debido a la transición económica por la que atraviesan países latinoamericanos, las conductas dietarias de sus pobladores se han

modificado, mostrando una tendencia hacia los alimentos de rápida preparación y con altos contenidos de carbohidratos y grasas (Araneda *et al.*, 2010). En Sonora, además del consumo de carnes, frijol y leche se ha visto un incremento en el consumo de alimentos ricos en grasas y carbohidratos (González, 2008). Por el contrario, en países desarrollados como Estados Unidos, el Fe y Zn dietario es aportado principalmente por carnes magras y suplementos multivitamínicos (Kantor, 1998, Munger *et al.*, 1992).

Pero no sólo los alimentos aportan Fe al organismo. En Etiopia se observó que el uso de utensilios de Fe incrementaba el contenido de este mineral en los alimentos, en especial si se trataba de alimentos con un pH ácido. En niños de ese país se observó una mayor concentración de hemoglobina cuando sus alimentos se cocinaban en utensilios de Fe, comparados con los cocinados en utensilios de aluminio (Adish *et al.*, 1999).

Biodisponibilidad del Fe y Zn y los Factores que la Favorecen o la Inhiben

La biodisponibilidad de un nutrimento se refiere a la fracción que el organismo es capaz de absorber en el intestino y está determinada por el estado fisiológico, nutricional y por factores de la dieta del individuo. Debido a que el Fe y el Zn coexisten naturalmente en los alimentos, es necesario conocer sus interacciones durante la digestión y estudiar las posibilidades de competencia durante la absorción intestinal. Fisher *et al.* (2005), reportaron que la suplementación con Zn, no afecta al estado de Fe, ni la suplementación de Fe afecta al de Zn, sin embargo, la adición de ambos minerales si afecta la absorción de Zn. Whittaker (1998), sugirió que el Fe suplementado debe administrarse entre alimentos, para no interferir con la absorción del Zn.

La cantidad de Fe absorbido por el organismo está determinada por diferentes factores, entre los que se pueden contar las reservas corporales de Fe, el contenido de Fe hemático y no hemático en los alimentos, así como el balance entre los promotores e inhibidores de la absorción intestinal de este mineral (Hallberg y Hulthén, 2000; Ramakrishan, 2000).

Entre los principales factores dietarios que pueden inhibir la absorción del Fe y del Zn se encuentran los fitatos, fibra, calcio, caseína, fosfatos y los taninos ya que durante la digestión éstos forman complejos insolubles con ambos minerales, impidiendo su absorción. Cantidades importantes de fitatos son aportadas por los frijoles y otros granos de alto consumo en México (Rosado y Díaz, 1995; Wise, 1983; Rosado *et al.*, 1991).

Los alimentos de origen animal, en especial carnes, mariscos y pescado son aportadores de Zn de alta biodisponibilidad. Durante la digestión de estos alimentos se liberan ciertos aminoácidos y péptidos que contienen histidina y lisina, capaces de formar complejos solubles con el Zn y de esta manera ser absorbido en el intestino (Sandstrom *et al.*, 1980). En cuanto a los favorecedores de la absorción del Fe, se reconoce al ácido ascórbico como un facilitador de su asimilación en el organismo, al cambiar su estado de oxidación de Fe^{+3} a Fe^{+2} .

Problemas de Deficiencia de Fe y Zn en la Población a Nivel Mundial y Regional

A pesar de conocer su etiología y la forma de combatir la deficiencia de Fe, se estima que más de 2 000 millones de personas la padecen y más de la mitad presentan anemia por deficiencia de Fe. En general, la deficiencia de Fe es considerada como uno de los principales problemas nutricionales a nivel mundial y afecta principalmente a los niños, mujeres en edad reproductiva y mujeres embarazadas (Hercberg *et al.*, 2001).

En los países en vías de desarrollo la prevalencia de anemia por deficiencia de Fe en mujeres embarazadas y niños sobrepasa el 50% y, aunque en mujeres en edad fértil es un poco más baja, es aún significativa (Freire, 1998). En un informe emitido por la OMS en 2008 (Benoist *et al.*, 2008), se publicó que en América Latina existe una prevalencia de anemia del 17,8% en mujeres en edad reproductiva mientras que en el sureste asiático alcanza valores del 45,7%. Se señaló que los principales factores relacionados con la anemia son la accesibilidad de los alimentos y el tipo de dieta de la región (Benoist *et al.*, 2008).

En México los registros sobre prevalencia de anemia datan desde 1939. López, evaluó el estado de Fe en 577 mujeres de la ciudad de México y encontró un total de 150 casos de anemia (26%). Casi treinta años después, en 1968, Báez (Casanueva *et al.*, 2006), en la Ciudad de México, reportó un 35% de anemia en mujeres en edad fértil. En mujeres indígenas tarahumaras de 12 a 19 años, Monárrez *et al.* (2001), publicaron una prevalencia de deficiencia de Fe, leve y moderada de 15,7% y 2,8%, respectivamente. Villalpando *et al.* (2006) compararon los datos de prevalencia de anemia reportados en la ENN (1999) con los de ENSANUT (2006) en mujeres del mismo grupo de edad y señalaron que dicha prevalencia ha aumentado alrededor del 11%. Casanueva *et al.* (2006), revisaron la evolución de la prevalencia de anemia en mujeres mexicanas no

embarazadas y señalaron que en los últimos 65 años el valor ha disminuido de 39,6 a 15,5%.

Por su parte, el primer reporte que se tiene de la deficiencia de Zn se presentó en varones originarios de Egipto, en los años 60's. Este déficit se caracterizaba por retraso en el crecimiento y en la maduración sexual y logró revertirse utilizando suplementos de Zn. Otros estudios han reportado deficiencia de Zn basándose en bajos niveles de Zn sanguíneo. Lagos *et al.* (1998), encontraron que la media de Zn sérico de mujeres caucásicas de Granada, España era de 94,7 $\mu\text{g/dL}$. En dicho estudio no se menciona de manera puntal el porcentaje de estas mujeres con deficiencia de Zn sérico, sin embargo, al observar el rango que presentan, se aprecia que existen bajos niveles de Zn sérico (42 – 154 $\mu\text{g/dL}$) en esta población. Así mismo, Chandyo *et al.* (2009), encontraron que más de la tercera parte de las mujeres no embarazadas de Nepal presentaban bajos niveles de Zn en suero. En países desarrollados de Europa y de América se han presentado bajas prevalencias de deficiencias de Zn en la población (entre 4 y 7 %) pero en países subdesarrollados de América Latina se tienen reportes que señalan que el déficit de Zn afecta a alrededor del 68% de la población (Caulfied y Black, 2004).

En décadas pasadas, estudios realizados en México habían demostrado lo difícil que era realizar la evaluación de Zn en las poblaciones, debido, en parte, a que no se reconocía la importancia nutricia del Zn, ni el contenido de Zn en los alimentos consumidos dentro del país (Rosado, 1998). Posteriormente, en un estudio realizado en una zona rural del Estado de México se publicó una prevalencia de valores bajos de zinc plasmático en el 24% de niños y en el 22% de mujeres en edad reproductiva (Rosado y Díaz, 1995). La ENN de 1999 evaluó en varias zonas del país el estado nutricional de Zn en grupos de diferentes edades. Se encontró que la prevalencia de bajos valores (70 $\mu\text{g/dL}$) para mujeres no embarazadas de

áreas rurales fue de 33,9% y de 28% en zonas urbanas. Villalpando *et al.* (2003) encontraron que en mujeres mexicanas de entre 12 y 49 años la deficiencia de Zn fue del 30% y que el riesgo de deficiencia era mayor en las mujeres de bajo nivel socioeconómico y con un alto consumo de cereales.

En la ENN de 1999 se menciona que la región norte del país presenta la prevalencia de deficiencia de hierro más baja. No obstante en dicho estudio el valor reportado fue de 14,1% sólo para menores de 2 años, sin presentar datos para mujeres en edad fértil. El estado de Sonora presenta una prevalencia de anemia en adolescentes no embarazadas de 14,7% en población urbana y 13,4% en población rural (ENSANUT, 2006).

A nivel regional existe poca información sobre los niveles sanguíneos de Zn. La ENN, 1999 reportó que la región norte de México es la que presenta menor prevalencia en deficiencia de Zn, con 14,2%. En 2008, Paz investigó los niveles de Zn plasmáticos de mujeres en período de lactancia y reportó que en adolescentes la prevalencia de deficiencia fue de 61% y de 43% en las adultas.

HIPÓTESIS

En la población de mujeres adolescentes del municipio de Hermosillo se presentan bajos niveles de hierro y zinc y esto está relacionado a un bajo consumo dietario de ambos minerales y a una elevada presencia de inhibidores de su absorción en la dieta.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el estado de hierro y los niveles séricos de zinc en mujeres adolescentes del municipio de Hermosillo así como, su relación con el consumo dietario de ambos minerales y con los inhibidores de su absorción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características socioeconómicas y el estado nutricional de las adolescentes
- Estimar el consumo dietario de hierro, zinc, calcio, fibra y fitatos por medio de encuestas alimentarias.
- Identificar los principales grupos de alimentos aportadores de hierro y zinc en la dieta de las adolescentes.
- Cuantificar los niveles sanguíneos de hemoglobina, protoporfirina, hematocrito, ferritina y Zn sérico en las adolescentes.
- Analizar la relación entre la ingesta de hierro, zinc, calcio, fibra y fitatos con los indicadores bioquímicos del estado de hierro y los niveles séricos de zinc.

SUJETOS Y MÉTODOS

Diseño del Estudio

Se realizó un estudio de corte transversal prospectivo. Para el cálculo del tamaño de muestra se utilizó el software Epi Info® 3.2, 2004. Para ello se utilizaron los datos de prevalencia de anemia reportados para Sonora, 14%, (ENSANUT, 2006) y se consideró la población total de mujeres adolescentes en el municipio de Sonora, 52 838 (INEGI, 2005). Con estos datos, y con un 95% de confiabilidad, el tamaño de muestra requerido para este estudio fue de 128 mujeres.

Criterios de Selección

Se seleccionaron mujeres adolescentes del municipio de Hermosillo de entre 12 y 19 años de edad. Se visitaron escuelas secundarias y preparatorias públicas del municipio y se les explicaron los objetivos del proyecto, tanto a los directivos del plantel como a las posibles participantes. Posteriormente, las adolescentes que aceptaron participar, firmaron una carta de consentimiento informado, al igual que sus padres.

Los criterios de inclusión fueron: adolescentes aparentemente sanas, con presencia de la menarquia y con ausencia de embarazo. Se excluyeron del estudio a las adolescentes que presentaron cuadros infecciosos, a las que no hubieran presentado la menarquia y las que estuvieran embarazadas. Para esto, se estableció un formato, en el cual a la participante directamente se le preguntó si en ese momento se encontraba tomando medicamentos, así como la edad de su primera menstruación y fecha de última menstruación, esta última para corroborar una posible sospecha de embarazo.

Obtención y Caracterización de la Población de Estudio

En el periodo de junio de 2009 a marzo de 2010, se visitaron escuelas secundarias y preparatorias de las comunidades San Pedro y La Victoria; mientras que en el área urbana las escuelas ubicadas en las colonias El Ranchito, El Sahuaro, Las Quintas, el Parque Industrial y Country Club. Participaron las siguientes instituciones educativas: CECyTES, COBACH, CBTIS, CONALEP y Telesecundaria No. 71. Se trabajó con un total de 174 adolescentes.

Nivel Socioeconómico

Se aplicó una encuesta validada para conocer el nivel socioeconómico (AMAI, 2000) de las participantes en el estudio. Dicha encuesta incluye preguntas de nivel de estudios del jefe de familia, condiciones de la vivienda y pertenencias. Mediante un algoritmo de cálculo correspondiente al árbol de asignación, las participantes fueron clasificadas en nivel alto (A/B), medio (C+, C) o bajo (D+, D), según fuese el caso.

Evaluación Nutricional y Actividad Física

Medición antropométrica

A las participantes se les realizó peso y talla y con ello se calculó el índice de masa corporal (IMC, peso/talla²). El peso de las participantes se midió con una balanza electrónica (AND FG-150-K) con capacidad de 0 a 150 kg \pm 0,05 kg, la cual fue previamente nivelada y calibrada. Se les pidió a las adolescentes que se despojaron de su calzado y accesorios. Posteriormente se les pidió que subieran a la balanza, permaneciendo inmóviles y sin tocar ninguna otra superficie. El examinador tomó la lectura una vez que la balanza presentó estabilidad.

La talla fue medida usando un estadiómetro portátil Holtain con aproximación de $2,05 \pm 5 \times 10^{-4}$ m de capacidad de medición. A las participantes se les pidió que se despojaron de cualquier accesorio que tuviesen en el cabello. Posteriormente se les colocó de pie y descalzas con los talones ligeramente unidos y guardando un ángulo de 45°. Los brazos sobre sus costados y colgando libre y naturalmente a lo largo del cuerpo, buscando que la cabeza, permaneciera en el plano de Frankfort (paralela al piso). Los talones, glúteos, espalda y parte posterior de la cabeza quedando en contacto con el instrumento. Se pidió a las participantes que inhalaran profundamente y al momento de la exhalación se tomó la medición, presionando la base móvil del estadiómetro con la cabeza del sujeto.

El IMC se calculó dividiendo el peso en Kg entre la talla en metros al cuadrado. Los datos resultantes se introdujeron al software Epi Info ver 3.2, en el cual se obtuvieron los percentiles de IMC (PIMC). Posteriormente, utilizando las tablas de la IOTF, se clasificó a cada participante como bajo peso (PIMC <5), normo peso (PIMC >5 <90), sobrepeso (PIMC >90 y <97) y obesidad (PIMC >97), según fuese el caso.

Medición de la actividad física diaria

Mediante una encuesta desarrollada en el Instituto Nacional de Perinatología, el Hospital General Manuel Gea González y el Instituto Nacional de Ciencias Médicas Salvador Zubirán, se registró la actividad física de siete días; incluyendo las actividades realizadas durante el día. Se asignaron valores en términos de múltiplos del metabolismo basal (mMB), considerando las ecuaciones de FAO/OMS/UNU (1985). La actividad física se clasificó como ligera (1,56 mMB); moderada (1,64 mMB) e intensa (1,82 mMB).

Evaluación Dietaria, Consumo de Fe, Zn y los Inhibidores de su Absorción

Se aplicaron dos recordatorios de 24 horas a cada participante, el primero se realizó el día de la toma de muestra sanguínea y el segundo con al menos tres semanas de diferencia (Sanjur y Rodríguez, 1997). La aplicación de cuestionarios se realizó en diferentes épocas del año, para obtener la ingestión de nutrimentos, energía y su tipo de alimentación a lo largo del año. En la realización de las encuestas dietarias se utilizaron modelos plásticos y réplicas de utensilios previamente pesados y validados. Así mismo se utilizaron modelos de cartón de alimentos a tamaño real, para ayudar con la memoria de las participantes. Los datos obtenidos por la encuesta se procesaron usando el diccionario de alimentos (Ortega *et al.*, 1999), y se obtuvo la ingestión de macro y micronutrientes; entre los cuales se consideraron el Fe, Zn, Ca, fibra y fitatos; siendo éstos últimos inhibidores de la absorción de minerales. Así también como un posible efecto inhibidor que pudieran tener los fitatos sobre la absorción del Zn, se estimó la relación de su contenido en los alimentos con la cantidad de Zn dietario.

Posteriormente, se procedió a la identificación de los principales alimentos aportadores tanto de Fe como de Zn; cabe señalar que para la selección de dichos alimentos se tomó en cuenta la frecuencia de consumo, la ingesta promedio del alimento por individuo, así como el aporte del nutrimento de interés. Producto de estas tres variables se obtuvo una ponderación, siendo ésta la regla de decisión para determinar los aportadores de estos minerales a la dieta de las adolescentes (Ortega *et al.*, 1999).

Una vez obtenidos los principales alimentos aportadores de los nutrimentos de interés, se procedió a la agrupación de los mismos por origen de acuerdo a los alimentos consumidos por las adolescentes.

Evaluación Bioquímica del Estado de Fe y Zn en las Adolescentes

Para llevar a cabo esta parte del estudio, se les pidió a las participantes que presentaran a la toma de muestra con un ayuno de al menos 8 horas, durante el cual sólo se les permitió el consumo de agua natural.

Toma de muestra de sangre

Mediante una punción en la vena antecubital, se tomaron 10 mL de sangre, empleando el sistema de agujas y tubos especiales BD Vacutanier™ previamente etiquetados. Cinco mL se extrajeron en un tubo con anticoagulante (Heparina) y 5 mL más en un tubo sin anticoagulante. Inmediatamente después las muestras se transportaron en una hielera a las instalaciones de CIAD, A.C., para su posterior análisis.

Análisis de los indicadores bioquímicos de Fe y Zn

Las muestras tratadas con anticoagulante se usaron para la determinación de hemoglobina, mediante un contador electrónico portátil, marca Hemocue, basado en el método de la metahemoglobina ácida. Hematocrito se cuantificó usando el método Wintrobe, centrifugando la sangre a 8000 – 12000 rpm. Protoporfirina, se evaluó con el equipo del equipo Proto Fluor Z de Helena Labs, que se fundamenta en la fluorescencia emitida por la hemoglobina carente de hierro.

La muestra de sangre que no fue tratada con anticoagulante se sometió a centrifugación para la separación del suero. En suero se determinó ferritina mediante un inmunoensayo enzimático (ELISA) y la concentración de zinc, por espectrometría de absorción atómica (AOAC, 1995).

Los puntos de corte para considerar la deficiencia de hierro y zinc, fueron los siguientes:

- Hemoglobina <12,0 g/dL (OMS, 2001)
- Ferritina sérica <15 µg/L (OMS, 2001)
- Protoporfirina >30 g/dL (OMS, 2001)
- Hematocrito <36% (OMS, 2001)
- Zinc sérico <70 µ/dL (Pilch y Senti, 1985)

Análisis Estadístico

La captura y elaboración de la base de datos se hizo en el software Microsoft Excel® 2007. Se aplicaron pruebas de bondad de ajuste para corroborar la normalidad de los datos. Debido a que algunas variables no presentaron una distribución normal, se procedió a su transformación a logaritmo natural (Ln).

Se realizó estadística descriptiva a las variables procedentes de las encuestas dietarias, de nivel socioeconómico, actividad física; mediciones antropométricas y determinaciones sanguíneas. Así mismo se realizó análisis de regresión, con el software NCSS® 2007 a las variables dietarias (Fe, Zn, Ca, fitatos, fitatos:zinc, proteína, vitamina C,) y la prevalencia de deficiencia de hierro y zinc, siendo estas dos últimas las variables de

respuesta. Dichas correlaciones fueron ajustadas por edad, IMC y energía consumida. De tal forma que se consideró significativa aquella correlación con una $p < 0,05$.

RESULTADOS

En este estudio se trabajó con 174 mujeres adolescentes en donde la media de edad fue de $16,7 \pm 1,5$ años, con un rango de 12 a 19 años.

Nivel Socioeconómico

La población estudiada fue predominantemente de nivel socioeconómico medio (52,2%), seguida del nivel bajo (37,3%) y alto (10,3%) (Figura 1).

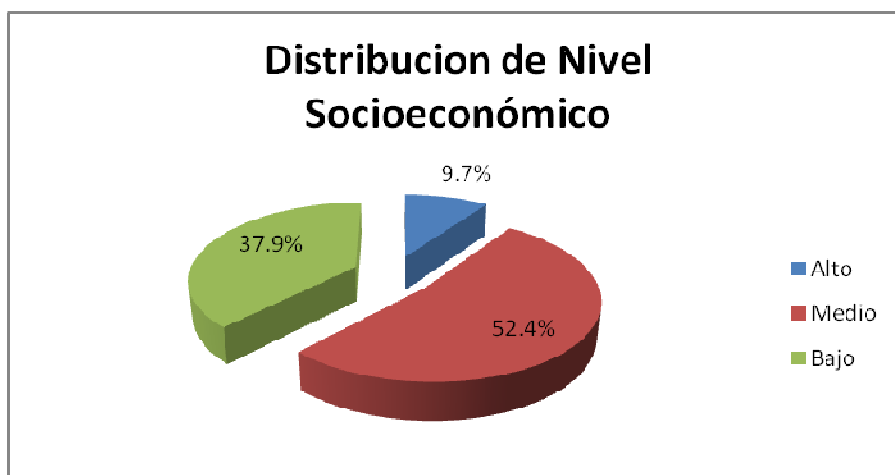


Figura 1. Distribución de nivel socioeconómico de la población estudiada

Evaluación Antropométrica y de Actividad Física

En la Tabla 2 se muestran las características antropométricas de la población de estudio. La media del percentil del IMC de las adolescentes fue de $60,3 \pm 31,8$ con un rango de 0,1 a 98,8. De acuerdo a este indicador, el 72,4% (126 mujeres) de las participantes tuvieron un peso adecuado; un 5,7% (10 mujeres) presentaron bajo peso, un 15,5% sobrepeso (27 mujeres) y 6,3% presentaron obesidad (11 mujeres). La media de la edad de la menarquia fue de $12,2 \pm 1,3$ años, variando desde los 9 hasta los 15 años.

Tabla 2. Estado nutricional y edad de menarquia de las mujeres adolescentes de Hermosillo, Sonora (n=174).

| n=174 | Media \pm DE | Rango |
|------------------------------|----------------------------------|---------------|
| Edad (años) | $16,7 \pm 1,5$ | 12 – 19 |
| Peso (Kg) | $58,9 \pm 13,3$ | 37,9 – 108,20 |
| Talla (cm) | $159,5 \pm 6,3$ | 145,7 – 177,5 |
| Percentil IMC | $60,3 \pm 31,8$ | 0,1 – 98,8 |
| Edad Menarquia (años) | $12,2 \pm 1,3$ | 9 – 15 |

De acuerdo a las ecuaciones de FAO/OMS/UNU (1985), la totalidad de las participantes presentaron una actividad física ligera o sedentaria, con una media de $0,6 \pm 0,2$ unidades de metabolismo basal, No se encontró efecto del NSE sobre la actividad física de las participantes ($p=0,553$).

Evaluación Dietaria

Debido a la gran variedad de alimentos consumidos por las adolescentes, éstos se agruparon en base a su origen; quedando de la siguiente manera: alimentos a base de maíz (tortillas de maíz, tostadas, frituras de maíz), alimentos a base de trigo (tortillas de harina, cereales de desayuno, panes; virginia, blanco, integral), carnes rojas (carne para cocer, chorizo de res y puerco, carne asada, carne molida, carne de puerco, carne machaca), carnes frías (salchicha de pavo, jamón de pavo, jamón de pierna de cerdo, tocino), lácteos (queso amarillo, fresco, fundido y Oaxaca, leche) y carnes blancas (pollo empanizado, cocido y rostizado). En la tabla 3 se presentan los alimentos considerados como principales aportadores de Fe y Zn en la dieta de las adolescentes.

Tabla 3. Alimentos considerados como principales aportadores de Fe y Zn a la dieta de las adolescentes.

| Alimentos aportadores de Fe | Alimentos aportadores de Zn |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Tortillas de harina caseras | Queso Americano/amarillo |
| Frijoles guisados secos | Frijoles guisados secos |
| Tostadas charras (comerciales) | Leche |
| Jamón de pierna de cerdo | Tortilla de Maíz (fortificada) |
| Aldilla (carne de res para cocer) | Salchicha de pavo |
| Cereal Corn Flakes | Frituras de maíz |
| Tortilla de Maíz (fortificada) | Jamón de pavo |
| Frituras de maíz | Pollo empanizado |
| Chilaquiles | Cereal All Bran |
| Jamón de pavo | Pollo cocido (cualquier parte) |
| Pan Integral | Tortilla de harina comercial |
| Carne molida normal | Chorizo de res y puerco |

| | |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Tortilla de harina comercial | Carne molida de res |
| Salchicha de pavo | Carne asada preparada |
| Pan virginia | Queso Fundido |
| Carne de res gorda c/s hueso | Queso fresco de vaca |
| Pan blanco Bimbo | Queso Oaxaca |
| Pan para Hot dog | Taco de carne de res |
| Frijoles guisados aguados | Pan Integral |
| | Carne de puerco cocinada sin grasa |
| Carne asada preparada | Tortillas de harina caseras. |
| | Frijoles guisados aguados |
| | Sopa de pasta en caldo |
| | Spaghetti |
| | Leche (en polvo) |
| | Tocino |
| | Pollo rostizado |
| | Carne Machaca |
| | Pan para Hot dog |
| | Tortilla de harina de manteca |

En esta población de adolescentes, el Fe dietario fue aportado principalmente por alimentos a base de trigo y por los frijoles, seguidos por alimentos a base de maíz, carnes rojas y carnes frías. Respecto al Zn, los principales aportadores fueron las carnes (rojas, blancas y carnes frías), los lácteos, los frijoles y finalmente los alimentos a base de trigo y maíz. (Tabla 4).

Tabla 4. Grupos de alimentos aportadores de Fe y Zn en la dieta de las adolescentes (n=174).

| Aportadores de Fe | | Aportadores de Zn | |
|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| Grupo de alimentos | *Ponderación | Grupo de alimentos | *Ponderación |
| ¹ A base de trigo | 263,2 | ⁶ Carnes rojas | 394,0 |
| Frijoles | 249,9 | ⁴ Lácteos | 215,9 |
| ² A base de maíz | 209,1 | Frijoles | 125,7 |
| ⁶ Carnes rojas | 103,5 | ¹ A base de trigo | 121,8 |
| ³ Carnes frías | 84,4 | ³ Carnes frías | 113,4 |
| | | ² A base de maíz | 86,4 |
| | | ⁵ Carnes blancas | 53,7 |

¹Se incluyen panes, tortillas de harina y pastas para sopa.

²Se incluyen tortillas de maíz, frituras, cereales (desayuno) y tostadas.

³Se incluyen todo tipo de embutidos.

⁴Se incluyen leche, queso fresco y quesos procesados.

⁵Carne de pollo, preparada de cualquier forma

⁶Se incluyen carne para cocer, chorizo de res y puerco, carne asada, carne molida, carne de de puerco y carne machaca

*Valor asignado basado en el producto de la ingesta promedio del alimento y el aporte del nutrimento de interés

En la Tabla 5 se presenta el consumo promedio de Fe, Zn y de los factores que inhiben la absorción de minerales de las participantes. El aporte promedio de Fe fue de $10,5 \pm 5,2$ mg/d y de Zn de $8,0 \pm 5,5$ mg/d, cubriendo la recomendación de consumo para este grupo de edad (7,8 y 7,3mg/d respectivamente) (DRI, 2001), con porcentaje de adecuación superior al 100%. Sin embargo se observó que de manera individual el 36,8% y el 53,4% de las participantes no cumplieron con la ingesta recomendada de Fe y Zn respectivamente.

El consumo promedio de calcio fue de $762,0 \pm 430,8$ mg/d, y el de fibra de $17,5 \pm 10,5$ g/d, observándose que ninguno de los dos cumple con sus requerimientos de consumo. Así también se observó que el consumo medio de fitatos en esta población fue de $190,9 \pm 238$ mg/d.

En este estudio, la relación molar fitatos:zinc, fue de $2,6 \pm 2,9$, lo que indica que la cantidad de fitatos presente en la dieta de estas adolescentes no afecta la absorción de Zn (Orbelas y Harland, 1981).

Tabla 5. Consumo promedio, % de Adecuación y % de Bajo consumo de Fe, Zn, Ca, fibra y fitatos en la dieta de las adolescentes (n=174).

| Componente | Media + DE | DRI | % Adecuación | % Bajo consumo |
|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Fe (mg/d) | 10,5 ± 5,2 | 7,8 ¹ | 134,6% | 36,8% |
| Zn (mg/d) | 8,0 ± 5,5 | 7,3 ¹ | 109,5% | 53,4% |
| Ca (mg/d) | 762,0 ± 430,8 | 1300 ² | 58,6% | 92,5% |
| Fibra (g/d) | 17,5 ± 10,5 | 25 ³ | 70,0% | 82,8% |
| Fitatos (mg/d) | 190,9 ± 238,0 | N/A | N/A | N/A |

¹Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Vanadium and Zinc (2001).

²Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D and Fluoride (1997).

³Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids Cholesterol, Protein, and Amino Acids (2002).

NA= No aplica

Indicadores Bioquímicos del Hierro

En la tabla 6 se muestran los indicadores de Fe analizados. El valor promedio de hemoglobina (Hb) resultó estar dentro de los valores normales (13,7 ± 1,2 g/dL), presentándose de manera individual una prevalencia de anemia (Hb <12 g/dL) de 5,7%, representada por 10 participantes. Dichas participantes presentaron bajo porcentaje de hematocrito (Hto) y alta concentración de protoporfirina (ZPP). En cuanto a la ferritina sérica (Fs) se observaron valores normales en el 99,4% de las participantes (Fs >15 g/L) y un valor bajo solo en una de ellas (0,6%). No se encontró relación alguna entre los indicadores sanguíneos del estado de Fe y los posibles componentes dietarios que los pudiesen afectar.

Tabla 6. Valores promedio y prevalencia de deficiencia de Indicadores sanguíneos del estado de Fe (n=174).

| Indicadores | Media + DE | % de Deficiencia |
|--------------------|-------------------|-------------------------|
| Hb (g/dL) | 13,7 ± 1,2 | 5,7 |
| Hto (%) | 41,1 ± 2,8 | 2,9 |
| ZPP (g/dL) | 19,6 ± 5,7 | 2,9 |
| Fs (µg/L) | 84,6 ± 28,1 | 0,6 |

Punto de corte emitido por la OMS, 2001; Hb<12 g/dL, Hto<36%, ZPP>30 g/dL y Fs<15 µg/dL

Niveles Séricos de Zn

Para la evaluación del estado sérico de Zn se eliminaron 53 de las 174 participantes por presentar sangre hemolizada (n=121). El valor promedio de Zn sérico de la población estudiada fue de 97,1 ± 49,4 µg/dL y se encontró dentro del nivel normal (70 µg/dL) establecido por Pilch y Senti (1985). Sin embargo, el 29,7% de las participantes presentó niveles inferiores a dicho punto de corte.

En la Figura 2 se observa que los niveles séricos de las participantes con deficiencia (55,1 ± 12, 5µg/dL) son significativamente inferiores a los de las que presentaron valores normales (114,9 ± 48,3 µg/dL) y a la muestra total (97,1 ± 49,4 µg/dL). Además, se observa que el valor promedio de los niveles de Zn de la población fue significativamente diferente de las participantes que presentaron deficiencia y de las que presentaron valores normales de Zn en suero (p<0,000) (Figura 2).

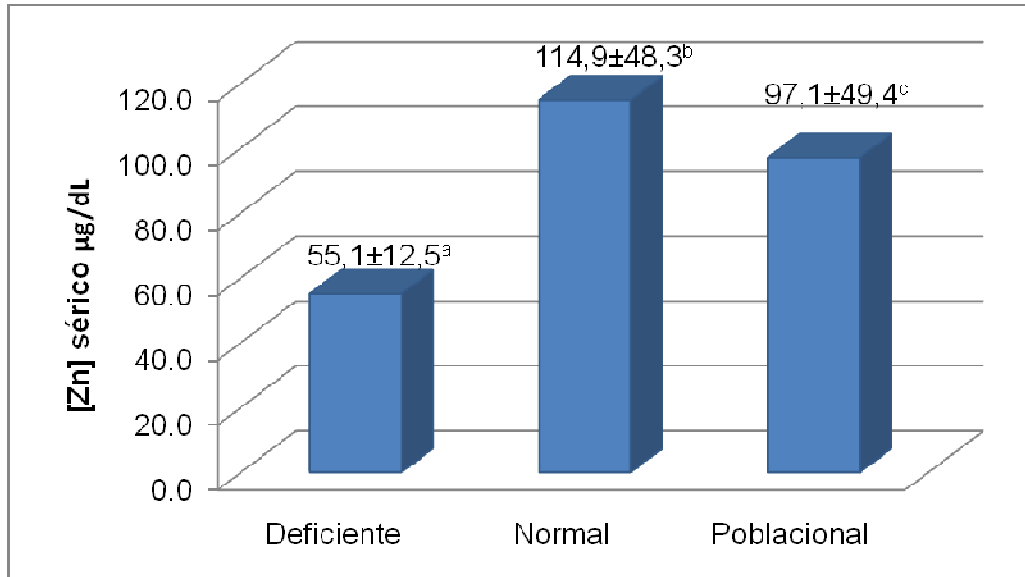


Figura 2. Concentración de Zn sérico de la población y participantes con valores normales y deficientes (n=121).

En la figura 3 se muestra el efecto del NSE ($p=0,008$) en las participantes que presentaron bajos niveles de Zn en suero. El NSE bajo (17 participantes) presentó la media de concentración de Zn en suero más baja ($49,6 \pm 13,4 \mu\text{g/dL}$), siendo diferente del nivel medio (17 participantes) ($59,6 \pm 9,8 \mu\text{g/dL}$). En el análisis anterior cabe señalar que no se incluyó al NSE alto, debido a que sólo dos participantes de este nivel presentaron deficiencia de Zn en suero.

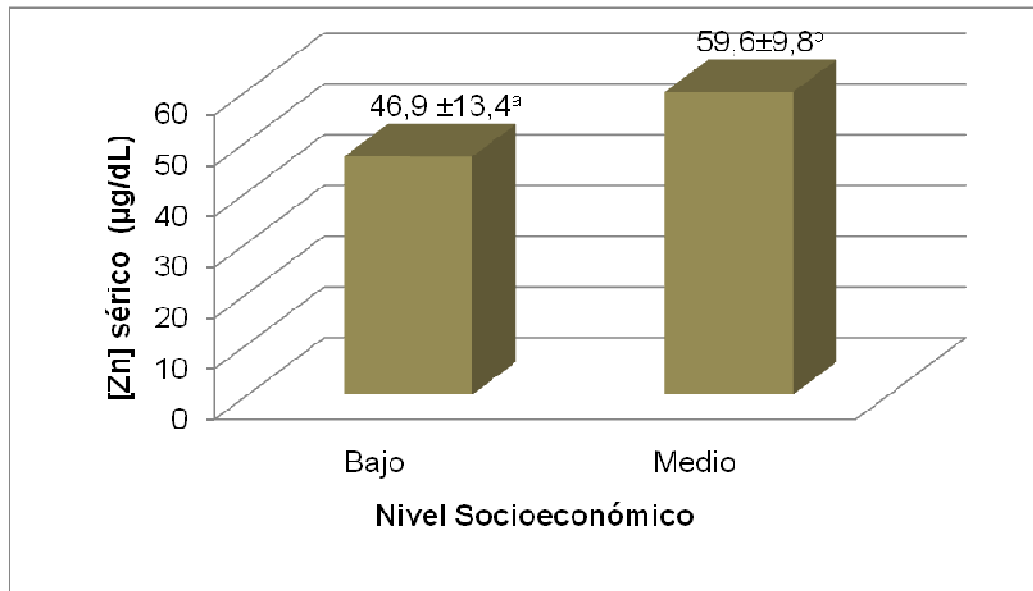


Figura 3. Concentración de Zn sérico por nivel socioeconómico en participantes con deficiencia de Zn (n=34)

Relación de los niveles séricos de Zn y el consumo de Zn en la dieta

La correlación ajustada por energía consumida, edad, peso y talla entre los niveles séricos de Zn y el consumo total de Zn dietario ($p=0,019$) resultó positiva (Figura 4). No se encontró relación de los niveles de Zn en suero con los inhibidores de la absorción provenientes de la dieta de las adolescentes (fibra, Ca, fitatos y fitatos:Zn)

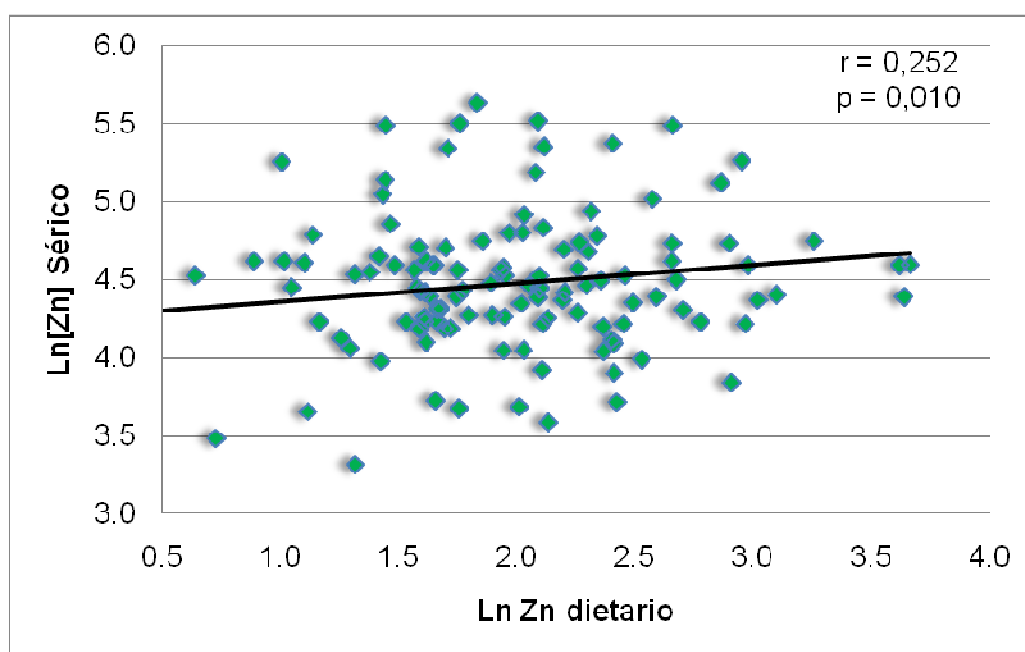


Figura 4. Correlación de [Zn] sérico y Zn dietario en la dieta de las adolescentes ($n=121$).

DISCUSIÓN

En el presente estudio se describe el consumo de Fe y Zn, los principales grupos de alimentos aportadores de estos minerales, así como la ingesta de Ca, fibra y fitatos. Además, los análisis de indicadores del estado de Fe y Zn sérico y la asociación existente entre los indicadores sanguíneos y los componentes dietarios ya mencionados, en mujeres adolescentes.

La media de consumo de Fe, $10,5 \pm 5,2$ mg/d, resultó mayor a su DRI (7,9 mg/d) para este grupo de edad. En Chile, Olivares *et al.* (2004) encontraron que la media de consumo de Fe (9,5 mg/d) en mujeres entre 11 y 19 años, fue superior a su recomendación, resultado similar al aquí presentado. Resultados parecidos se encontraron en una población de mujeres adolescentes de Sao Paulo, Brasil, en la cual la ingesta de Fe fue de $13,8 \pm 3,7$ mg/d (Urbano *et al.*, 2002). De igual manera Rodríguez-Ramírez *et al.* (2009) en una población de adolescentes mexicanas, encontraron que el consumo de Fe fue de 9,9 mg/d. Dichas semejanzas se aprecian a pesar de las diferencias culturales y dietarias entre las poblaciones.

Estudios realizados previamente en niños y adultos de nuestra región, han publicado que los frijoles, tortillas de maíz y de harina son importantes aportadores de Fe y Zn (Wyatt, 2000; Wyatt *et al.*, 2000; González, 2008). En nuestro estudio, se observó como principales alimentos aportadores adicionales a los mencionados anteriormente, las carnes rojas, frías y los lácteos. Este tipo de alimentos también fueron publicados como principales aportadores de Fe y Zn en la dieta de adolescentes embarazadas del estado de Jalisco, México (Herrera-Suárez *et al.*, 2008).

Por su parte, la ingesta de Zn encontrada para esta población, $8,0 \pm 5,5$ mg/d, fue superior a la recomendación diaria (7,3 mg/d). A partir del análisis de la dieta, encontramos que los principales aportadores de este mineral fueron las carnes rojas, quesos, frijoles, leche y alimentos a base de harinas de maíz y trigo. A diferencia de nuestros resultados Rodríguez-Ramírez *et al.*, (2009) reportaron bajos consumos de Zn (5,7 mg/d) en mujeres adolescentes mexicanas. Por otro lado Briefel *et al.*, (2000) publicaron que para una población de adolescentes americanas, sin suplementar y suplementadas, el consumo de Zn fue de $8,5 \pm 0,11$ mg/d y $8,6 \pm 0,11$ mg/d, respectivamente, resultados muy similares con nuestros datos. De igual manera se encontró semejanza con lo encontrado por Urbano *et al.*, (2002) en mujeres adolescentes de Sao Paulo, Brasil, en las cuales el consumo de Zn dietario fue de $11,9 \pm 4,3$ mg/d.

En cuanto a los factores reconocidos para afectar la absorción de minerales (Ca, fibra, fitatos) todos estuvieron presentes en bajas cantidades. No se encontró relación alguna entre ellos y los indicadores sanguíneos de Fe y Zn. Similar a lo encontrado por Romieu *et al.*, (1997) en una población de mujeres mexicanas en donde reportaron una ingesta de Ca y fibra de 893 mg/d y 16 g/d, respectivamente. Así mismo, años después, Rodríguez-Ramírez *et al.*, (2009) también en mujeres mexicanas, encontraron que el consumo de Ca y fibra fue 793,6 mg/d y 16,9 g/d, respectivamente. En cuanto al consumo de fitatos se refiere, nuestros resultados difieren en gran medida con los encontrados por Backstrand *et al.*, (2002) ya que en una población de mujeres del centro de México, reportaron una ingesta de fitatos de 4170 mg/d. El alto contenido lo atribuyeron a que dicho estudio mostró un alto consumo de tortillas y leguminosas.

En lo que respecta al estado nutricional de Fe, la prevalencia de anemia ($Hb < 12$ g/dL) fue baja (5,7%) y solo una participante presentó reservas bajas de Fe ($Fs < 15$ μ g/L), por lo que fue clasificada como con anemia por deficiencia de Fe (0,6%).

Los resultados aquí presentados no concuerdan con el estudio de la ENSANUT (2006), en donde reportaron una prevalencia de anemia de 14,6% para el estado de Sonora. En cuanto a la media de hemoglobina, nuestros resultados son parcialmente similares a los encontrados por M3narez-Espino *et al.* (2001) en mujeres tarahumara de 12 y 19 a3os de edad y de la sierra de Chihuahua, M3xico, donde la media de Hb fue de 13,8 g/dL; sin embargo, a pesar que la media de Hb fue similar a la aqu3 presentada, la prevalencia de anemia fue mucho mayor (18,5%) en la poblaci3n tarahumara. Cabe se3alar que en el estudio de M3narez-Espino, se utilizaron puntos de corte ajustados a la altitud de esta poblaci3n.

Por otro lado, las mujeres tarahumaras en promedio presentaron una concentraci3n de Fs de 16 μ /L, con una prevalencia de deficiencia de Fe (DH) de 59,4%. Esta situaci3n podr3a explicarse posiblemente a la diferencia en el acceso de alimentos y al nivel socioecon3mico, ya que la poblaci3n considerada en nuestro estudio fue principalmente de nivel medio (52,4%) mientras que la poblaci3n evaluada por M3narez-Espino *et al.* (2001) es una comunidad ind3gena con niveles de marginalidad muy altos y con costumbres alimentarias muy distintas.

Gandi y Kafai, (2009), evaluaron el aumento de Hb despu3s de un periodo de suplementaci3n con 3cido f3lico en mujeres americanas no hispanas mayores de 19 a3os, mujeres no hispanas de color y con mexicanoamericanas. Antes de la suplementaci3n el promedio de Hb fue $13,4 \pm 0,04$, $12,5 \pm 0,003$ y $13,8 \pm 0,04$ g/dL, respectivamente y la prevalencia de anemia de 7,7%, 28,2% y 13,9%, en cada grupo. Despu3s de la

suplementación, se observó un aumento en la concentración de Hb y una disminución en la prevalencia de anemia en los grupos mencionados; Hb $13,8 \pm 0,04$, $12,7 \pm 0,04$ y $13,6 \pm 0,1$ g/dL y prevalencia de anemia de 4,6, 23,7 y 10,1%. A pesar de que nuestro estudio no es una intervención de suplementación cabe destacar que las concentraciones de Hb encontradas en las mujeres blancas no hispanas después del periodo de suplementación, se asemejan más a las aquí presentadas, así como la prevalencia de anemia, e inferiores a las encontradas en las mujeres no hispanas de color y las mexicoamericanas.

Las diferencias entre las poblaciones podría explicarse mediante la publicación de Frith-Terhune *et al.* (2000); quienes encontraron que en mujeres blancas no hispanas y mexicoamericanas, con un nivel socioeconómico medio y alto, la concentración de Hb y la prevalencia de anemia no mostraba diferencias estadísticas, no obstante encontró que en las mujeres mexicoamericanas del NSE medio-bajo y bajo hubo 1,5 veces mayor riesgo de padecer anemia. En base a lo anterior se puede indagar que debido a que nuestra población fue mayormente de NSE medio, los niveles de Hb y la prevalencia de anemia son similares.

Shahid *et al.* (2009), en una población de mujeres adolescentes pakistaníes, encontraron que la prevalencia de anemia por deficiencia de Fe, (Hb < 12 g/dL y Fs < 15 µg/L), había sido de 32,9%, un valor muy alto comparado con el 0,6% encontrado por nuestro grupo de trabajo. Dicha diferencia puede deberse a que la dieta de las mujeres de Pakistán se basa principalmente en trigo y arroz, alimentos considerados con baja biodisponibilidad de Fe por sus altos contenidos de fibra y fitatos.

En cuanto a los niveles séricos de Zn, se encontró similitud con los resultados de Lagos *et al.* (1998), quienes encontraron valores de $94,7 \pm 26,5$ $\mu\text{g/dL}$ en mujeres no embarazadas de 20 a 38 años, de Granada, España. De igual manera, Villalpando *et al.* (2003) encontraron que, en una muestra de mujeres mexicanas, no embarazadas, de 12 a 49 años ($n=543$) los niveles promedio de Zn sérico fueron de $73,6$ $\mu\text{g/dL}$, con una prevalencia de deficiencia de Zn de 30%. Dato similar al aquí presentado (29,7%). No obstante diferimos de la prevalencia de deficiencia de Zn de 14,2% publicada por la ENN (1999). Datos más recientes, en una población de mujeres iraníes con un promedio de edad de $20,2 \pm 0,2$ años, mostraron una concentración media de Zn en suero de $111,6 \pm 21,9$ y $79,6 \pm 30,7$ $\mu\text{g/dL}$, en mujeres deprimidas y no deprimidas, respectivamente (Amani *et al.*, 2009).

Las correlaciones encontradas en el presente estudio, Zn sérico con el contenido dietario de Zn, y proteína dietaria (datos no presentados) resultan coherentes, ya que, como se describió anteriormente los principales alimentos aportadores de Zn en la dieta de las adolescentes fueron las carnes. Estos alimentos también ricos en proteínas, y por tanto en aminoácidos como histidina y lisina, actúan como promotores de la absorción de Zn. Relación similar se encontró en el estudio mencionado anteriormente por Amani *et al.* (2009); una correlación positiva entre el Zn en suero y el Zn dietario en el grupo de mujeres que no padecían depresión anímica. Así mismo encontraron que el grupo de participantes no deprimidas tenían un mayor consumo de carnes.

En contraste, Cole *et al.* (2010) no encontraron asociación entre el Zn sérico y el dietario al evaluar una población de niños afroamericanos y latinoamericanos de bajo nivel socioeconómico de Estados Unidos. No obstante encontraron una correlación positiva entre el Zn en suero y la proteína animal. En nuestro estudio sólo tenemos información sobre el contenido de proteína dietaria total pero el hecho de que la carne sea el principal aportador de Zn a la dieta de las adolescentes, nos muestra la posibilidad de que sea la proteína animal la que esté asociada con los niveles séricos de Zn.

CONCLUSIONES

En el presente estudio se observó una baja prevalencia de anemia aún cuando hubo una alta proporción de la población que no cubrió la recomendación de consumo para este mineral. En cuanto al Zn, se observó un alto porcentaje de deficiencia tanto a nivel sérico como de consumo dietario, observándose una fuerte asociación entre ambos. Esta información nos muestra la necesidad de atender el consumo de micronutrientes de este grupo de población dado que su bajo consumo se asocia a sus niveles séricos, sobre todo en Zn.

Por otra parte, considerando que la etapa reproductiva de las adolescentes apenas inicia, se recomienda que su estado nutricional sea óptimo para que ante la posibilidad de un embarazo los riesgos de deficiencia de Fe y Zn y sus consecuencias sean menores para ella y su hijo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adish A, Ersey A, Gyorkos A, Jean J, Rojhani A. Effect of consumption of food cooked in iron pots on iron status and growth of young children: a randomized trial. *Lancet* 1999; 353:712–6.
- AMAI, Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado y Opinión Pública, Avances del Comité de Niveles Socioeconómicos, Agosto de 2000.
- Amani R, Saeidi S, Nazari Z, Nematpour S. Correlation between Zinc intakes and its serum levels with depression scales in young female students. *Biol Trace Elem Res* 2009; INSS online: 1559-0720
- AOAC, Official Methods of Analysis, Chapter 14, 14.1.04, AOAC official method 991.11, Zinc in Serum, flame atomic absorption spectrophotometer method, first action 124. 16th ed. 1995, Virginia, USA.
- Araneda J, Amigo H, Bustos P. Características alimentarias de adolescentes chilenas indígenas y no indígenas, *ALAN* 2010:60; 30–35.
- Arggett P. Severe zinc deficiency. *Zinc in human biology*, 1989, 1st ed, Springer, New York, USA. pp.259–279.
- Benoist B, Mc Lean E, Egli I, Cogswell M. (eds) Worldwide prevalence of anemia 1993 – 2005: World Health Organization, global database of anemia. World Health Organization, 2008.
- Briefel R, Bialostosky K, Kennedy–Stephenson J, McDowell M, Bethene E, Wright J. Zinc intake of the US population: Findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988–1994. *J Nutr* 2000:130;1367S–1373S.
- Bourges H, Casanueva E, Rosado JL (eds.). Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana. Bases Fisiológicas. I. Vitaminas y nutrimentos inorgánicos. México, Editorial Médica Panamericana, 2005.
- Caulfield L, Black R. Chapter V. Zinc deficiency. *Comparative Quantification of Health Risks*. 2004
- Casanueva E, Kaufer M, , Pérez A, Arroyo P, *Nutriología Médica, Aspectos nutricios de la anemia*. 1995, 2ed, Editorial Médica Panamericana, México D.F. pp.173.

- Casanueva E, Regil L, Flores M. Anemia por deficiencia de hierro en mujeres en edad reproductiva. Historia de un problema no resuelto. *Salud Pública Mex* 2006;48:166–175.
- Chandyo R, Strand T, Mathisen M, Ulak M, Adhikari R, Bolann B, Sommerfelt H. Zinc deficiency is common among healthy women of reproductive age in Bhaktapur, Nepal. *J Nutr* 2009;139:594–597.
- Cole C, Grant F, Dawn E, Smith J Jacques A, Northrop–Clewes C, Caldwell K, Pfeiffer C, Ziegler T. Zinc and Iron deficiency and their interrelations in low–income African American and Hispanic children in Atlanta. *Am J Clin Nutr* 2010;91:1027–1037.
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 (ENSANUT), Olaiz-Fernández G, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Rojas R, Villalpando-Hernández S, Hernández-Avila M, Sepúlveda-Amor J.. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2006 Encuesta
- Encuesta Nacional de Nutrición 1999 (ENN), Rivera Dommarco J, Shamah Levy T, Villalpando Hernández S, González de Cossío T, Hernández Prado B, Sepúlveda J.. Estado nutricional de niños y mujeres en México. Cuernavaca, Morelos, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2001
- FAO/OMS/UNU. Nutrition Meeting Report. Series num. 724. Energy and protein requirement; Report of joint FAO/OMS/UNU expert consultation. Ginebra: OMS, 1985
- Freire W. La anemia por deficiencia de hierro: estrategias de la OPS/OMS para combatirla. *Salud Pública de México* 1998; 40:199–205.
- Fisher C, Kordas K, Sotoltzfus R, Black R. Interactive effects of iron and zinc on biochemical and functional outcomes in supplementation trials. *Am J Clin Nutr* 2005; 82:5–12.
- Frith-Terhune A, Coswell M, Kattel L, Will J, Ramakrishnan U. Iron deficiency anemia: higher prevalence in Mexican American than in non-Hispanic white females in the third National Health and Nutrition Examination survey, 1988 – 1994. *Am J Clin Nutr* 2000; 72:963–8.
- Gandi V, Kafai M. Hemoglobin and Hematocrit value are higher and prevalence of anemia is lower in the post-folic acid fortification period than in the pre-folic acid fortification period. *Am J Clin Nutr* 2009;89: 363–71.
- Gibson R. Principles of Nutritional Assessment, Chapter 17 Assessment of Iron, 1990, 1st Edition, Oxford University Press, New York.

- González L. Cambios en el patrón de consumo de alimentos y su relación con el riesgo de enfermedades crónicas en la población sonorenses. Tesis de maestría. CIAD, A.C., Hermosillo, Sonora, Marzo 2008.
- Guyton A. Physiology of the human body, the blood cells, hemoglobin and resistance to infection, 1984, 6th. edition, Saunders College Publishing, USA. pp. 394 – 395, 536.
- Hallberg L, Hulthén L, Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. Am J Clin Nutr 2000; 71:1147–60.
- Hamilton E, Grapper S, The Biochemistry of Human Nutrition, a desk reference, 1st ed, 1987, West Publishing Company, USA. pp157.
- Hercberg S, Preziosi P, Galan P. Iron deficiency in Europe, Public Health Nutr 2001;4(2B):537–45.
- Herrera–Suárez C, Vásquez–Gariaby E, Romero–Velarde E, Romo–Huerta H, García de Alba J, Troyo–Sanromán R. Hábitos de alimentación y factores culturales en adolescentes embarazadas ALAN 2008;51;19–27 .
- Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. 2001. Ingestión diaria recomendada de vitaminas y nutrimentos inorgánicos para la población mexicana.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Disponible en: www.inegi.gob.mx
- Kantor L. A Dietary Assessment of the U.S. Food Supply: Comparing Per Capita Food Consumption with Food Guide Pyramid Serving Recommendations (Abstract) Disponible en <http://purl.umn.edu/34079>, 1989.
- Lagos M, Navarro M, Terrés C, López H, Pérez V, López M. Zinc and copper concentrations in serum from Spanish women during pregnancy, Biological trace elements research 1998;61:61–70.
- Leon O, Roth M. Zinc Fingers: DNA binding and protein – protein interactions (rev). Biol Res 2000;33(1)
- NCSS Corp, 2007, Number Cruncher Statistical Software Version 2007, Kaysville, Uta: NCSS Corp.
- Mónarrez–Espino J, Martínez H, Greiner T, Iron deficiency anemia in Tarahumara women of reproductive age in Northern Mexico. Salud Pública Mex 2001;43:392–401.

- Munger R, Folsom A, Kushi L, Kaye S, Sellers T. Dietary Assessment of Older Iowa Women with a Food Frequency Questionnaire: Nutrient Intake, Reproducibility, and Comparison with 24-Hour Dietary Recall Interviews (Abstract), *Am J Epidemiol* 1992;136:192–200
- Orbelas D, Harland B. Phytate content of foods: Effect on dietary zinc bioavailability. *J Am Diet Assoc* 1981;79(4):433–6.
- Olivares M, Pizarro F, Pablo S, Araya M, Uauy R. Iron, Zinc and Copper: Contents in common Chilean foods and daily intakes in Santiago, Chile. *Nutrition* 2004;20:205–212.
- Ortega MI, Morales GG, Quizán PT y Preciado M. 1999. Estimación del Consumo de Alimentos. Cuaderno de Trabajo No. 1. Cálculo de Ingestión Dietaria y Coeficientes de Adecuación a partir de: Registro de 24 horas y frecuencia de Consumo de Alimentos. Dirección de Nutrición, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora, Mex.
- Paz R. Niveles de Zinc plasmático y marcadores óseos durante el primer año posparto en adolescentes y adultas que amamantaron. Tesis de maestría CIAD, A.C., Hermosillo, Sonora, Noviembre 2008.
- Pilch S, Senti F (eds), Analysis of zinc data from the second national health and nutrition examination survey (NHANES II), *J Nutr* 1985;115:1393–1397.
- Ramakrishnan U. Prevalence and causes of nutritional anemias. In: *nutritional anemias*. USA: CRC Press. 2000;7–21.
- Romieu I, Hernandez-Avila M, Rivera J, Ruel M, Parra S. Dietary studies in countries experiencing a health transition: México and Central America, *Am J Clin Nutr* 1997;65(suppl):1159S–65S.
- Rodriguez-Ramirez S, Mundo-Rosas V, Shamah-Levy T, Ponce-Martínez X, Jiménez-Aguilar A, González-de Cossío T. Energy and nutrient intake in Mexican adolescents: Analysis of the Mexican National Health and Nutrition Survey 2006. *Salud Publica Mex* 2009;51:S551-S561.
- Rosado J, López P, Morales M, Allen L. Fiber digestibility and breath hydrogen excretion in subjects consuming rural and urban Mexican diets. 1991;53:55–60.
- Rosado J, Diaz M. Propiedades fisicoquímicas relacionadas con la función gastrointestinal de seis fuentes de fibra dietética. *Rev Inv Clin* 1995;47:283–289.

- Rosado J. Deficiencia de zinc y sus implicaciones funcionales. *Salud pública de Mex.* 1998;40:181–188.
- Rosado J. Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana, Bases fisiológicas. 2005, 1ra ed. Editorial Médica Panamericana, México, D.F. pp. 267, 268, 271.
- Samah-Levy T, Villalpando S, Rivera J, Mejia-Rodriguez F, Cmacho-Cisneros M, Monterrubio E. Anemia in Mexican women: A public health problema. *Salud pública de Mex.* 2003;45:S449 – S507.
- Shahid A, Siddiqui F, Bhatti M, Ahmed M, Khan M. Assessment of nutritional status of adolescent college girls at Rawadalpi *ANNALS* 2009;15:11–16.
- Sandstrom B, Arvidsson B, Cederblad A, Bjorn-Rasmussen E. Zinc adsorption from composite meals. The significance of wheat extraction rate, zinc, calcium and protein content in meals based on bread. *Am Jour Clin Nutr* 1980;33:739–745.
- Sanjur, D. y Rodríguez, M. 1997. Evaluación de la ingesta dietaria: aspectos selectos en la colección y análisis de datos. Editada por Cornell University, USA.
- Tolonen M, vitamins and minerals in health and nutrition. 1990, 1st ed. Editorial Ellis Horwood Limited, Chichester, England. pp .175–179.
- Urbano M. Vitalle M. Juliano Y. Amancio O. Iron, copper and zinc in adolescents during pubertal growth spurt. *J Pediatr (Rio J)* 2002; 78 (4): 327-34
- Villalpando S, Shamah-Levy T, Mundo I, Rivera-Dommarco J, Analisis critico de la evolución de anemia por deficiencia de micronutrimentos en la población. *Salud pública de Mex.* Vol 49, Xii congreso de investigación de salud pública. E270 – E272, 2006.
- Villalpando S, García A, Ramírez C, Mejía F, Matute G, Shamah T, Rivera J. Iron, zinc and iodide status in Mexican children under 12 years and women 12–49 years of age. A probabilistic national survey. *Salud Pública Mex* 2003;45 suppl 4:S529–S529.
- Whittaker P. Irons and zinc interactions in humans. *Am J Clin Nutr* 1998;68:442S–446S.
- Williams, R. An introduction of the biochemistry of zinc, in human biology, 1989, Ed Mills C.F., Berlin, Germany. pp. 15–31.

- Wise A. Dietary factors determining the biological activities of phytate. *Nutr Rev* 1983;53:791–806.
- Wyatt J. Nutrient composition of the diet in Northern Mexico: A review *Res. Adv. In Food Science* 1, 2000.
- Wyatt J. Valencia M. Triana M. Iron deficiency in children in Mexico: A contrasting situation. *Recent Res. Devel. Agricultural & Food Chem.*, 4(2000):233–238.
- Yates A, Schlicker S, Suitor C, Dietary Reference Intakes: The basis of the recommendations for calcium and related nutrients, B vitamins and Choline. *Journal of the Dietetic Association*, 1998;6:699–706