



**Centro de Investigación en
Alimentación y Desarrollo, A.C.**

**ESTADO NUTRICIONAL DE CALCIO, HIERRO Y ZINC Y
SU ASOCIACIÓN CON COMPONENTES DIETARIOS, EN
MUJERES HERMOSILLENSES EN EDAD FÉRTIL**

por:

María Isabel Keith Bracamonte

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACION DE NUTRICION

Como requisito parcial de obtener el grado de

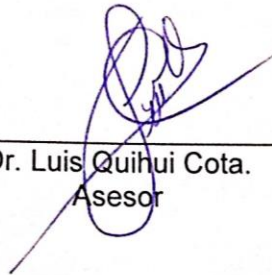
MAESTRÍA EN CIENCIAS

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de María Isabel Keith Bracamonte la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias.



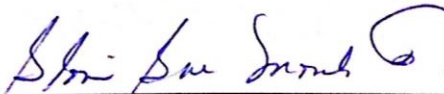
Dra. Rosa Olivia Méndez Estrada.
Director de Tesis



Dr. Luis Quihui Cota.
Asesor



Dr. Humberto González Ríos.
Asesor

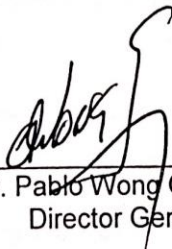


M. en C. Gloria Guadalupe Morales Figueroa.
Asesor

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en esta tesis es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director General del CIAD.

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.



Dr. Pablo Wong González
Director General

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por el apoyo económico brindado durante todo este proceso.

A CIAD, por darme la oportunidad de enriquecer mi formación profesional al formar parte del programa de Maestría en Ciencias.

A la Dra. Rosa Olivia Méndez por la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo en el laboratorio de minerales, por la confianza brindada, además de todo su esfuerzo y dedicación en todo el desarrollo de la tesis.

A mis asesores durante este proceso: M. en C. Lupita Morales, Dr. Luis Quihui y al Dr. Humberto González, por su paciencia, apoyo y observaciones que ayudaron a mejorar mi trabajo.

A todas las mujeres que participaron en este estudio por su apoyo, accesibilidad y confianza que nos brindaron.

A la Universidad de Sonora, especialmente al laboratorio LACIUS por su apoyo para la determinación de calcio y creatinina en orina, en el equipo VITALAB.

Le agradezco al equipo de trabajo de minerales Abigail, Edna, Gaspar, Eloy, Carlos... y a nuestro hermanito adoptado pepe, por todos esos momentos divertidos y agradables que pasamos, por brindarme su apoyo incondicional en todos los aspectos y por compartir esta experiencia conmigo, los quiero mucho y siempre estarán en mi corazón; especialmente a Carlos que me tuvo que aguantar en mis buenos y malos momentos todos los días, ¡te adoro!. A Dianita Mendoza, por todos los buenos momentos, apoyo y amistad que me brindo en este tiempo, ¡¡Muchas gracias!!

A mi amiga y compañera de estudio Esmeralda gracias por tu valiosa amistad... tu cariño y consejos, por compartir conmigo aventuras y experiencias que fueron únicas e irrepetibles...te quiero mucho, indudablemente siempre estarás en mi corazón.

A mis hermanos Enrique, Ana y a mi cuñada Sharys por aguantarme en mis momentos de estrés y darme apoyo cuando más lo necesité, sin duda son muy importante para mí, ¡los quiero!.

A mis sobrinos Matías, Ana Cecilia, Diego e Ivanita por ser mis niños adorados que llenan mi vida de felicidad y que son parte de mi fuente de inspiración ¡LOS ADORO!

Le agradezco a mis tías, Chela y Lupita por siempre apoyarme; a mis primas Czarina, Angelica e Irasema por darme su cariño, comprensión y festejar conmigo los buenos y malos momentos. A mi Manina por creer en mí y quererme tanto... las quiero!!!.

A mi segunda familia, los Gómez Amado porque estuvieron siempre al pendiente de mí, brindándome su apoyo en todo momento.

A mis amigas, Iliana y Carolina, porque siempre estuvieron apoyándome cuando más lo necesitaba, por todo su cariño y por su amistad.. las quiero muchísimo!!!

Y a todas las personas que de alguna u otra forma me apoyaron...

¡MUCHAS GRACIAS!

DEDICATORIA

A mis papas Isabel Bracamonte y Enrique Keith por su amor, apoyo incondicional y consejos en estos años que me han ayudado a crecer como persona y alcanzar mis ideales. Hoy gracias su infinito apoyo he logrado una meta más y he llegado a mi objetivo ¡LOS QUIERO MUCHISIMO!

A mi novio y amigo Héctor Gómez, te agradezco todo tu amor y comprensión en este proceso... por alentarme y motivarme en momentos difíciles y por compartir conmigo otro logro más... innegablemente eres un gran apoyo para mí, sé que eres una persona con la cual siempre puedo contar ¡TE AMO!.

A la Dra. Rosa Olivia Méndez ya que gracias a sus conocimientos, orientación, paciencia y motivación, logré llegar a mí objetivo. Su inmenso apoyo y entrega con sus estudiantes, sobrepaso mis expectativas... tal vez este de más mencionárselo, pero se ha ganado mi respeto, cariño y admiración, fue todo un gusto conocerla y trabajar con usted.

Llegar hasta aquí no fue fácil, pero me siento sumamente agradecida por todo el apoyo que me brindaron en esta etapa, por eso... me siento muy feliz de poder dedicarles este trabajo.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE CUADROS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION	2
Calcio, Hierro y Zinc en la Salud Humana	2
Calcio	2
Hierro.....	1
Zinc.....	3
Malnutrición de minerales	4
Inhibidores de la absorción de Calcio, Hierro y Zinc	7
Favorecedores de la Absorción de Calcio, Hierro y Zinc.....	9
HIPOTESIS	11
OBJETIVO GENERAL.....	12
Objetivos Específicos	12
MATERIALES Y METODOS	13
Diseño del estudio.....	13
Sujetos.....	13
Encuesta de Actividad Física	14
Encuesta de Nivel Socioeconómico	14
Consumo de Alimentos.....	15
Cálculo de Alimentos Aportadores de Calcio, Hierro y Zinc.	15
Estimación de la Biodisponibilidad de Calcio, Hierro y Zinc.....	16
Antropometría.....	16
Evaluación Bioquímica	17
Proteína C Reactiva	17
Ferritina	18
Medición de Densidad Mineral Ósea.....	18

INDICE (Continuación)

Cuantificación de Zinc en Plasma	18
Cuantificación de Calcio en Orina	19
Ajuste Calcio/Creatinina (Ca/Cr)	19
Análisis estadístico	20
RESULTADOS	21
Estado de Nutrición del Calcio	25
Estado de Nutrición de Hierro	29
Estado de Nutrición de Zinc	32
DISCUSION	33
CONCLUSION	40
REFERENCIAS	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa conceptual para las determinantes de la desnutrición de micronutrientes.	5
Figura 2. Mapa sobre la magnitud de la prevalencia de hambre oculta en el mundo.	6

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.- Media de características físicas generales, indicadores del estado de nutrición de calcio, hierro y zinc, nivel actividad física y nivel socioeconómico.	22
Cuadro 2. Media de consumo, desviación estándar, rango y recomendación de energía y componentes dietarios de interés de las participantes.....	23
Cuadro 3. Media, desviación estándar, rango y valor de referencia de la relación molar fitatos:calcio, hierro, zinc y relación calcio[fitatos:zinc] y calcio:fósforo de la dieta.	24
Cuadro 4. Media y desviación estándar de consumo de calcio, fósforo, proteína y vitamina C de las participantes con DMO normal y con osteopenia, en columna lumbar, cuello de fémur y fémur total.	26
Cuadro 6. Asociación de la DMO de columna lumbar (L2-L4), cuello de fémur y fémur total con factores relacionados al metabolismo del calcio.	28
Cuadro 7. Media y desviación de consumo de hierro, fibra, fitatos, proteína y vitamina c de las mujeres con hemoglobina, hematocrito y ferritina con niveles normales y bajos de cada uno.	30
Cuadro 8. Asociación de la hemoglobina, hematocrito y ferritina con factores relacionados al metabolismo de hierro.	31

RESUMEN

La biodisponibilidad de los minerales calcio, hierro y zinc dietarios es elevada cuando forman complejos con péptidos o aminoácidos, y es baja cuando los complejos se forman con fitatos y fibra, principalmente. El consumo de minerales de baja biodisponibilidad incrementa el riesgo de deficiencia en los grupos vulnerables, como mujeres en edad fértil. El objetivo del estudio fue determinar el estado nutricional de calcio, hierro y zinc y su asociación con componentes dietarios relacionados con su absorción, en mujeres en edad fértil de Hermosillo, Sonora. El diseño del estudio fue transversal, en el que participaron 111 mujeres de 35 a 49 años. Se tomaron medidas antropométricas y se aplicaron cuestionarios de consumo de alimentos. Se evaluó la densidad mineral ósea (DMO) de columna (L2-L4), cuello de fémur y fémur total por densitometría dual de rayos X y se cuantificó hemoglobina, hematocrito, ferritina y zinc en plasma. La media de la edad de las participantes fue de 40 ± 4.4 años y el IMC de 28.3 ± 4.4 kg/m². La media de consumo de calcio no cubrió la recomendación diaria, al igual que la de hierro, fibra, vitamina C y proteína, fósforo rebasó el 100% de adecuación de la RDA. Las asociaciones fueron significativas entre la relación calcio:fósforo dietario y la DMO de la columna ($\beta = -90.84$, $p = 0.00$) y de cuello de fémur ($\beta = -69.59$, $p = 0.01$); la excreción urinaria de calcio, ajustada por la relación fitatos:calcio con la DMO de columna ($\beta = -0.78$, $p = 0.00$), cuello de fémur ($\beta = -0.64$, $p = 0.00$) y fémur total ($\beta = -0.64$, $p = 0.01$). La DMO de las regiones óseas medidas fue normal en el 74% de las mujeres, las restantes presentaron osteopenia. Los niveles de ferritina se asociaron, con fibra ($\beta = 0.13$, $p = 0.02$) y proteína dietaria ($\beta = 2.96$, $p = 0.03$); hematocrito, con los fitatos dietarios ($\beta = -0.004$, $p = 0.02$). Del total de mujeres 25 (22.5%) presentaron anemia y 15 (13.5%) de ellas presentaron anemia ferropénica. Los niveles de zinc plasmático fueron adecuados y no se asociaron a ninguna variable dietaria. El 42% de las participantes no cumplió con la recomendación de consumo de zinc. El estado de nutrición de calcio y zinc fue adecuado. La presencia de anemia y de bajas reservas del mineral indican que de no tomarse medidas correctivas, la

deficiencia y sus implicaciones permanecerán durante la vida fértil de las mujeres.

Palabras clave: Anemia, DMO, zinc plasmático, inhibidores, favorecedores, minerales.

ABSTRACT

The bioavailability of the minerals calcium, iron and dietary zinc is high when complexed with peptides or amino acids, and is low when the complexes are formed with phytates and fiber mainly. The low consumption of mineral bioavailability increases the risk of deficiency in vulnerable groups such as childbearing age women. The aim of the study was to determine the nutritional status of calcium, iron and zinc and its association with dietary components related to absorption, in childbearing age women of Hermosillo, Sonora. The study design was cross-sectional, which involved 111 women aged from 35 to 49 years of age. Anthropometric measurements were taken and food consumption questionnaires were applied. BMD of spine (L2-L4), femoral neck, total femoral dual energy X-ray and analysis of hemoglobin, hematocrit, plasma ferritin and zinc were determined. The mean age of participants was 40 ± 4.4 years and BMI of 28.3 ± 4.4 kg/m². The average calcium intake did not cover the daily recommendation, like the iron, fiber, vitamin C and protein, phosphorus exceeded 100% of adequacy. Were significant associations between the calcium: phosphorus and dietary spine BMD ($\beta = -90.84$, $p = 0.00$) and femoral neck ($\beta = -69.59$, $p = 0.01$); urinary excretion of calcium phytate ratio adjusted for: calcium spine BMD ($\beta = -0.78$, $p = 0.00$), femoral neck ($\beta = -0.64$, $p = 0.00$), and total femur ($\beta = -0.64$, $p = 0.01$). BMD measures bone regions was normal in 74% of women were osteopenic remaining. Ferritin levels were associated with fiber ($\beta = 0.13$, $p = 0.02$) and dietary protein ($\beta = 2.96$, $p = 0.03$); hematocrit with dietary phytate ($\beta = -0.004$, $p = 0.02$). Of the women 25 (22.5%) had anemia and 15 (13.5%) of them had iron deficiency anemia. Plasma zinc levels were appropriate and were not associated with any dietary variable. 42% of participants did not comply with the recommendation of zinc intake. The nutritional status of calcium and zinc was adequate. The presence of anemia and low mineral reserves indicate that corrective measures are not taken, the deficiency and its implications remain during the reproductive life of women.

Keywords: Anemia, BMD, plasma zinc, inhibitors, flatter and minerals.

INTRODUCCION

El estado de nutrición se le conoce a la circunstancia en la que se encuentra un individuo en un momento determinado, resultado de la ingestión, digestión y utilización de nutrimentos y evaluado por la combinación de varios indicadores (NOM-043, 2005).

En el caso de los minerales indispensables para el hombre, por ejemplo calcio, hierro y zinc, se necesitan cubrir los requerimientos diarios y eso implica considerar la cantidad y la biodisponibilidad del mineral aportado por la dieta. La solubilidad de los complejos que se forma entre los minerales y diferentes productos de la digestión estomacal e intestinal es crucial para la biodisponibilidad de los minerales. En caso de que los minerales dietarios sean de baja biodisponibilidad o que se encuentren en bajas cantidades, la deficiencia se manifestará de diferentes formas dependiendo de la edad, sexo y estado fisiológico de las personas (Mahan et al., 2013). En adultos, el bajo consumo de calcio de manera crónica afecta la densidad mineral ósea, mientras que el consumo deficiente de hierro se manifiesta en diferentes indicadores bioquímicos como son los niveles de hemoglobina, hematocrito y ferritina, entre otros. En cuanto al zinc, no se ha logrado identificar un indicador específico del estado de nutrición de dicho mineral, por lo que la evaluación se enfoca solo en su consumo y niveles plasmáticos.

En México, el riesgo de sufrir fractura es de 8.5% en mujeres, una de cada doce mujeres de 50 años de edad se encuentra en riesgo de fractura (IOF, 2012),

mientras que el 11.6% de mujeres en edad fértil sufre anemia (Gutiérrez et al., 2012). La deficiencia de zinc se ha reportado en el 29.7% de las mujeres de la población mexicana (Rivera-Dommarco et al., 2001).

Bajo este contexto el presente trabajo tuvo como objetivo, determinar el estado de calcio, hierro y zinc y su asociación con componentes dietarios relacionados con la absorción, en mujeres en edad fértil de Hermosillo, Sonora.

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

Calcio, Hierro y Zinc en la Salud Humana

Existen factores sociales que pueden afectar el estado nutricional de micronutrientes, uno de ellos es el desarrollo económico de cada país. Los países con desarrollo económico bajo presentan un mayor porcentaje de malnutrición, aunque el problema también se presenta en los países desarrollados, ya sea por deficiencias o excesos de nutrientes (Kant y Graubard, 2008).

Calcio

El calcio es el quinto elemento más abundante en el ser humano, con aproximadamente 1,000 g en los adultos. El 99% del calcio corporal se encuentra adherido a la matriz orgánica de los huesos, por lo que estos últimos constituyen el almacén de calcio disponible para su liberación cuando el consumo o los niveles plasmáticos sean bajos (Quesada y Sosa, 2011). La recomendación de consumo diario de calcio depende de la etapa de la vida y de la demanda fisiológica en la que se encuentren las personas; para mujeres en edad fértil, la recomendación de consumo durante la adolescencia es de 1300 mg/d y de 1000 mg/d para mayores de 19 años (IOM, 2010).

El metabolismo del calcio está regulado por tres mecanismos principales: absorción intestinal, reabsorción renal y recambio óseo, en los cuales intervienen varias hormonas (hormona paratiroidea, calcitonina y 1,25-dihidroxitamina D,

entre otras) y sus correspondientes receptores en el intestino, riñones y huesos (Wang et al., 2006). En las mujeres en edad fértil, los estrógenos actúan sobre los osteoblastos favoreciendo el mantenimiento de la masa ósea, pero durante la menopausia y etapas posteriores, el calcio, por sí solo, tiene un papel limitado en el mantenimiento de la salud ósea (Heaney et al., 2006). Emaús et al., en el año 2005, observaron que en mujeres de 25 a 44 años de origen Noruego, después de haber alcanzado la densidad mineral ósea (DMO) máxima a los 38 años, se perdía el 0.15% de densidad ósea cada 5 años.

La ingestión dietética y la absorción son esenciales para proporcionar suficiente calcio para mantener las reservas corporales en los niveles adecuados. Un adulto sano absorbe alrededor de un 30% del calcio contenido en la dieta. La solubilidad de los complejos formados por el mineral y otros componentes como lo son la celulosa, fosfatos, fitatos y oxalatos será decisiva de la cantidad de calcio disponible para absorberse (Bonzel et al., 2006).

Hierro

El hierro es un mineral esencial en la alimentación del ser humano ya que su función en el organismo es indispensable para la vida. El contenido de hierro en el organismo debe ser suficiente para cubrir las pérdidas fisiológicas y situaciones de elevada demanda como el embarazo, etapas de crecimiento acelerado o de pérdidas patológicas. En condiciones normales, el contenido total de hierro en un hombre adulto es de aproximadamente, de 3 a 4 g, de los cuales el 70% se encuentra formando parte de la hemoglobina (Nadadur et al., 2008).

El estado de hierro se determina en base a diferentes indicadores bioquímicos como son la hemoglobina, la ferritina, el hematocrito y la saturación de transferrina, entre otros. El diagnóstico de anemia se basa en niveles bajos de hemoglobina en sangre y puede ser originada por deficiencia en el consumo de hierro o bien por el consumo elevado de inhibidores de su absorción. Si además

de bajos niveles de hemoglobina, la reserva de hierro se encuentra disminuida o vacía (niveles de ferritina disminuidos) la anemia se llama anemia ferropénica (WHO, 2011) y está asociada con una baja ingestión de hierro y una absorción inadecuada del mineral. Otras causas asociadas a anemia son las infecciones parasitarias, pérdidas excesivas de sangre y problemas inflamatorios (Kumar, 2007).

La Organización Mundial de la Salud señaló que la prevalencia global de anemia en las mujeres en edad reproductiva, no embarazadas, es de 30.2% (WHO, 2008). Se estima que aproximadamente 1 de cada 5 mujeres en edad fértil, presentan mayor vulnerabilidad a presentar deficiencias de hierro debido a las pérdidas sanguíneas por el periodo menstrual (NHLBI-NIH 2012).

Otros grupos de la población con riesgo elevado de desarrollar anemia por deficiencia de hierro son las mujeres embarazadas, los recién nacidos prematuros y de bajo peso al nacer, niños pequeños y adolescentes. En las mujeres en edad fértil embarazadas la deficiencia de hierro se debe a la elevada demanda de hierro del feto (Rosenthal et al., 2015).

El hierro se encuentra presente en una amplia variedad de alimentos, sin embargo la biodisponibilidad de este mineral depende de su fuente alimentaria, vegetal o animal. El contenido de hierro biodisponible es mayor en los alimentos de origen animal, pero su consumo es bajo debido a su elevado costo (FAO, 2002). Entre este tipo de alimentos tenemos al hígado, corazón y al músculo; mientras que las semillas de soya, los frijoles, las lentejas figuran entre los principales vegetales aportadores de hierro. Los vegetales verdes, cereales, pescado y aves de corral tienen una cantidad intermedia de hierro. Los alimentos con bajos aporte de hierro son la leche, productos lácteos y la mayoría de las verduras no verdes (Naigamwalla et al., 2012).

Zinc

El zinc es un mineral indispensable para los humanos; cumple un papel central en las células de rápido crecimiento como son las del sistema inmune y del tracto gastrointestinal, además, se requiere para la función de una gran cantidad de enzimas, particularmente aquellas involucradas en la división celular, síntesis de proteínas y crecimiento (Gibson, 2010). Desempeña también un papel muy importante como antioxidante (WHO, 2006; Hambidge y Krebs, 2007). Al participar en varios procesos bioquímicos relacionados con el metabolismo humano no es extraño que ante una deficiencia de zinc se alteren múltiples funciones fisiológicas y metabólicas.

El riesgo de presentar deficiencia de zinc es elevado en poblaciones que no cumplen con la recomendación de consumo adecuado. Cuando el 25% de la población se encuentra en esta circunstancia, se considera un problema de salud pública (IZiNCG, 2004).

La recomendación de consumo diario de zinc depende de la edad, el sexo, el estado fisiológico y la etapa de la vida en el que se encuentren las personas (Kahraman, 2011; Gibson et al., 2008). La deficiencia de zinc es mayor durante las etapas de crecimiento acelerado como son la infancia y adolescencia, y además en mujeres en edad fértil, embarazadas y ancianos (Tuerk, 2009).

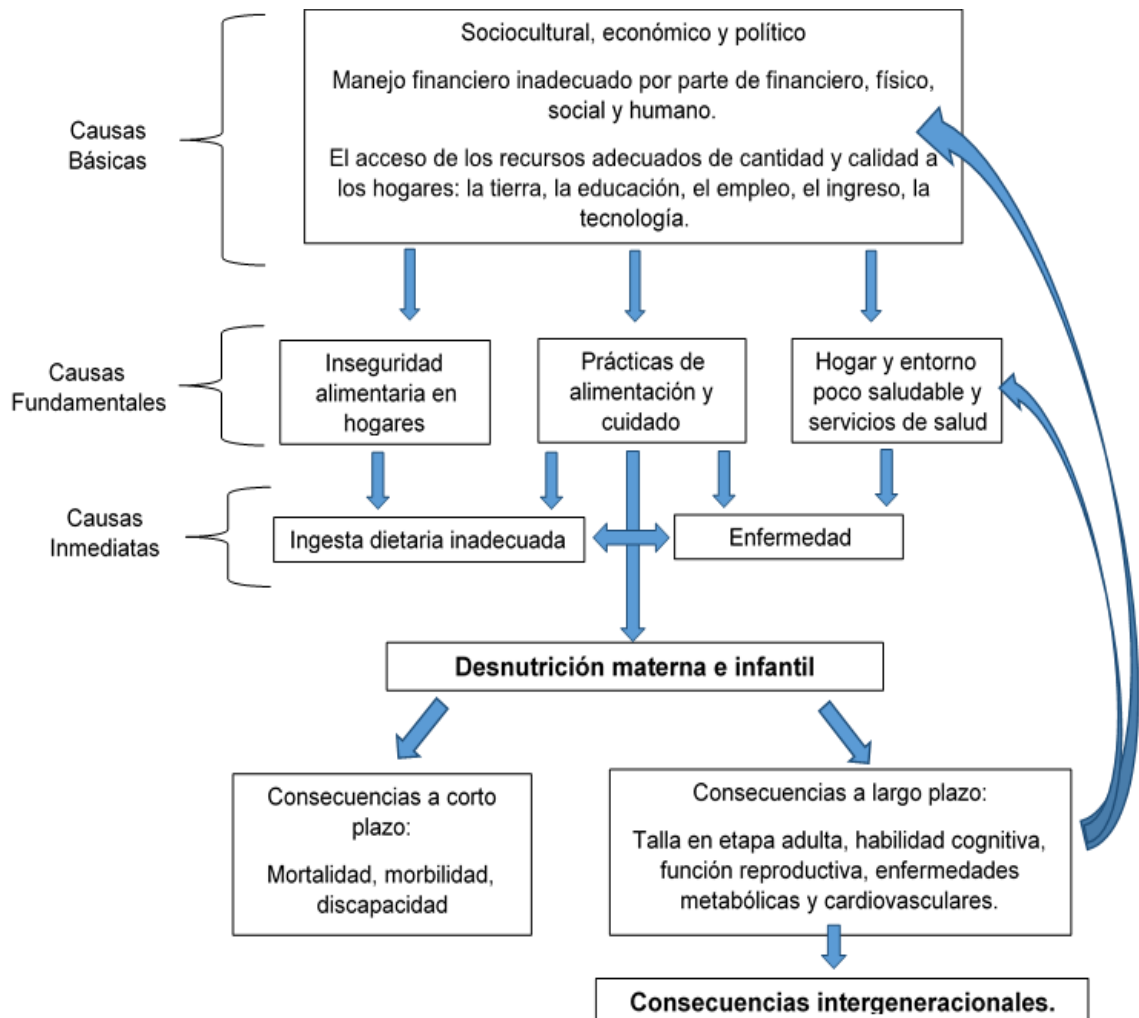
El bajo consumo de carne, alta ingesta de cereales no refinados, frutos secos y legumbres afectan la biodisponibilidad del zinc ya que la presencia de ácido fítico, oxalatos y otros compuestos formadores de complejos insolubles, en conjunto con la competencia que existe entre minerales para absorberse, disminuye la absorción del zinc (Lonnerdal, 2000; Lim et al., 2013).

A la fecha, la deficiencia severa de zinc es rara de observar, sin embargo la deficiencia moderada sigue siendo un problema de salud pública a nivel mundial, con una prevalencia de ingestión inadecuada de zinc de aproximadamente el 20.5%; en mujeres embarazadas la prevalencia de bajo consumo de zinc es del 82% (Tuerk, 2009). La ingestión inadecuada de zinc en embarazadas puede afectar los resultados del embarazo y desarrollo infantil. Una estrategia diseñada para asegurar el consumo adecuado de zinc es fortificar con dicho mineral los alimentos de mayor consumo o la materia prima usada para su elaboración, por ejemplo harinas de trigo y maíz (López de Romaña, 2010).

Malnutrición de Minerales

La desnutrición de minerales afecta del 25% al 50% de la población mundial (Tahmeed et al., 2012) y se desarrolla cuando la densidad y la biodisponibilidad de los minerales es baja. La densidad de nutrientes es la cantidad de un nutriente en un alimento por caloría o unidad de peso. La biodisponibilidad se refiere a la proporción de un nutriente que es absorbido y utilizado por alguna función metabólica (Miller y Welch, 2013). Existen varias causas o circunstancias por las cuales se puede presentar deficiencia de micronutrientes que afectan a la población en general.

Figura 1. Mapa conceptual para las determinantes de la desnutrición de micronutrientes.

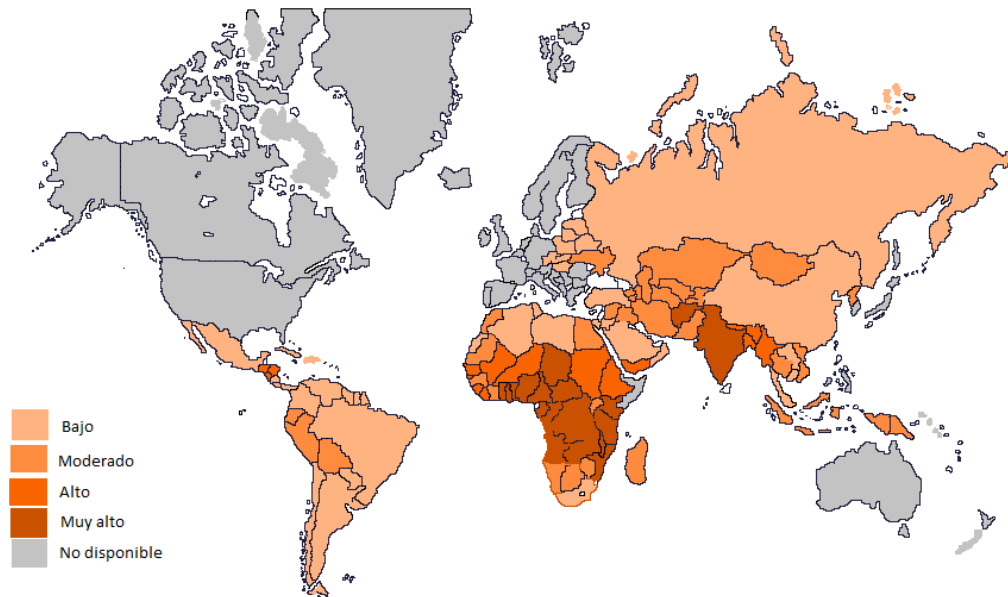


Adaptado: Bailey et al., 2015.

Las principales deficiencias de micronutrientes en mujeres en edad fértil a nivel mundial son de hierro, zinc, yodo y vitamina A. Las deficiencias de hierro y zinc presentan prevalencias de 30.2% (WHO, 2008) y 17.3% (Wessells y Brown, 2012), respectivamente. En cuanto a la deficiencia crónica de vitaminas y minerales, llamada hambre oculta, Muthayya et al., (2013) presentaron un mapa basado en la prevalencia de talla baja, anemia por deficiencia de hierro y bajos

niveles de retinol sérico (Figura 2), en el que puede observarse que México tuvo una baja prevalencia de hambre oculta.

Figura 2. Mapa sobre la magnitud de la prevalencia de hambre oculta en el mundo.



Adaptado de: Muthayya et al., 2013.

Durante la edad fértil de las mujeres, tanto en el embarazo como en la lactancia, se incrementa la demanda de algunos minerales y el cumplimiento de las necesidades tiene una influencia sustancial sobre el resultado del embarazo (mortalidad materna, parto a pretérmino, bajo peso al nacer, etc.) (Bartley et al., 2005).

Por otra parte, el consumo adecuado de calcio es determinante para conservar una salud ósea óptima, ya que los huesos constituyen el almacén de calcio corporal. Los componentes y nutrientes de la dieta actúan sobre el metabolismo o estructura del hueso mediante acciones endocrinas y modificando la homeostasis del calcio, lo cual puede tener efectos positivos o negativos sobre la salud ósea (Cashman et al., 2004). Rivas et al., (2009), mostraron la relación

de consumo de calcio y densidad ósea, considerando la ingesta de calcio como un factor decisivo para la formación ósea. Así, la DMO es un indicador utilizado frecuentemente para detectar los cambios biológicamente significativos en varios estudios (Reid et al., 2013)

En México se reportó que en mujeres en edad fértil el consumo de calcio, hierro y zinc solo cubre el 64%, 53% y 48%, respectivamente, de la recomendación de consumo (Rivera-Dommarco, 2001). En el 2006, nuevamente se evaluaron los consumos de estos minerales y se reportó la misma situación para calcio y zinc, con porcentajes de adecuación de 58% y 89% respectivamente, mientras que para hierro se rebasó el requerimiento promedio estimado (Olaiz-Fernández et al, 2006).

Inhibidores de la Absorción de Calcio, Hierro y Zinc

Se les conoce como inhibidores de la absorción o antinutrientes a aquellos compuestos de la dieta que interfieren en la absorción o metabolismo de algunos minerales, como la fibra y los fitatos. Su contenido es elevado en cereales y leguminosas (Soriano, 2011).

Los fitatos forman complejos insolubles con calcio, hierro o zinc, disminuyendo su biodisponibilidad. Una forma de estimar la absorción de minerales es mediante la relación molar fitatos con el mineral de interés, en este caso calcio, hierro o zinc. Se estima que la inhibición de calcio se presenta con relaciones molares fitatos:calcio >0.24 , la inhibición de hierro con relaciones molares fitatos:hierro >1 y por último, con una relación molar fitatos:zinc >15 la absorción de zinc es de un 15%, con una relación molar fitatos:zinc entre 5-15 la absorción de zinc es de

30% y con una relación molar fitatos:zinc <5 la absorción de zinc es de un 50% (WHO, 1996).

Este efecto fue evaluado en un estudio realizado en hombres y mujeres de China, con una alimentación basada principalmente en verduras y cereales y en el que se encontró que el consumo de calcio fue inadecuado y la relación molar fitatos:calcio >0.24 . Los consumos de hierro y zinc fueron adecuados y la relaciones molares fitatos:hierro y fitatos:zinc fueron >1 y >15 , respectivamente. Por lo que se concluyó que independientemente de que se cumpliera con la adecuación de consumo de los tres minerales, su absorción estaba comprometida por el elevado consumo de fitatos (Ma et al., 2007).

Karunaratne et al., (2008), evaluaron el efecto de una dieta para niños con un alto contenido de cereales y baja en productos de origen animal. Los autores concluyeron que el alto contenido de alimentos ricos en fitatos en la dieta de los niños podría llevarlos a deficiencia marginal de zinc y deficiencia de hierro, dada la baja biodisponibilidad de los minerales.

Otro efecto inhibitorio estudiado es el de la relación calcio[fitatos:zinc] sobre la absorción de zinc. Hunt y Beiseigel, (2009), evaluaron el efecto inhibitorio del calcio en dietas con alto y bajo contenido de fitatos sobre la absorción de zinc. Los resultados mostraron que la dieta con alto contenido de fitatos redujo en aproximadamente un 10% la absorción de zinc comparada con la dieta de bajo contenido de fitatos. Además, reportaron una tendencia ($p=0.08$) de mayor inhibición cuando la relación milimolar fitato[calcio:zinc] era mayor (623) respecto a una relación menor (272). Los autores concluyeron que el efecto del calcio por sí solo, no afectó la absorción de zinc independientemente de la cantidad de fitatos.

En cuanto al efecto inhibitorio de la cantidad de un mineral sobre la absorción de otro, Anderson-Barret, (1996), concluyeron que una relación 1:1 o 2:1, calcio:fósforo, es la adecuada para que la absorción de calcio no se vea comprometida.

La combinación de suplementos de hierro y de zinc es una de las estrategias utilizadas para mejorar el estado de hierro y zinc de una población. Sin embargo, los estudios realizados en humanos, cuyo objetivo ha sido reducir la prevalencia de anemia y mejorar los niveles de hierro, han mostrado un efecto inhibitor de zinc sobre la absorción de hierro ya que la suplementación combinada con ambos minerales podría ser menos eficaz para mejorar el estado de hierro respecto a la suplementación con hierro, sin zinc (Olivares et al., 2007).

Respecto al contenido de fibra y su efecto inhibitor sobre la absorción de hierro, Bach et al., (2005), reportaron que en mujeres adultas que consumieron pan fortificado con 300 mg de fibra durante 4 meses, el nivel de ferritina disminuyó 12 µg/L y el de hemoglobina 2 g/L. Lim et al., (2013) señalaron que los polifenoles y los fitatos, son los que ejercen mayor efecto de inhibición sobre la absorción de hierro.

Favorecedores de la Absorción de Calcio, Hierro y Zinc

Existen algunos compuestos en la dieta que favorecen la biodisponibilidad de los minerales. Uno de los alimentos con alto contenido de calcio biodisponible es la leche, gracias a la caseína. Los productos de la digestión de dicha proteína forman complejos con el calcio conocidos como “caseín-fosfopéptidos”. Este compuesto inhibe la precipitación de fosfato cálcico en el intestino, aumentando la biodisponibilidad de calcio (Hernández, 2010).

En cuanto al zinc, el metabolismo de la proteína dietaria permite que la absorción de zinc sea mayor ya que aminoácidos como histidina y cisteína promueven el transporte de zinc para una mejor absorción. La absorción de zinc se lleva a cabo por dos vías, una saturable que se lleva a cabo eficazmente con ingestas bajas de zinc. El otro mecanismo es por difusión pasiva que se lleva a cabo en presencia de concentraciones altas del mineral (Velázquez, 2006).

Respecto al hierro, la vitamina C reduce el hierro férrico a ferroso, siendo este último la forma de hierro con mayor biodisponibilidad, además de la formación de quelatos solubles con hierro. La vitamina C en cantidades de 25 a 75 mg es capaz de duplicar la absorción de hierro no hémico y disminuir la formación de complejos insolubles de hierro con fitatos (Cardero et al., 2009). De igual manera, se ha reportado que existen otros factores dietéticos que favorecen la absorción de hierro no hemo como lo son el ácido cítrico, ácidos orgánicos y carotenos.

Entonces un estado nutricional adecuado de calcio, hierro y zinc se alcanza al consumir minerales de alta biodisponibilidad, por lo que un consumo adecuado de alimentos que aporten favorecedores de la absorción de minerales o cuyos productos de digestión formen complejos solubles con los minerales, sobre todo aquellos aportados por alimentos de origen vegetal permitirán mantener un estado nutricional adecuado de calcio, hierro y zinc.

La dieta mexicana incluye entre sus principales componentes cereales y leguminosas, los cuales son importantes aportadores de energía y proteína, sin embargo, también aportan fibra, fitatos y fósforo que en cantidades elevadas inhiben la absorción de minerales (Bourges-Rodriguez, 2001).

La dieta sonoreense incluye frijoles, tortillas de maíz y de harina entre los principales alimentos aportadores de energía y algunos minerales (Wyatt, 1998). Las cantidades aportadas de calcio, hierro y zinc, 1000 mg/d, 19.5 mg/d y 19.5 mg/d, respectivamente, son adecuadas para adultos jóvenes, sin embargo, el consumo de 44g/d de fibra y de 2088 mg/d de fitatos puede afectar su absorción.

HIPOTESIS

El estado nutricional de calcio, hierro y zinc en mujeres en edad fértil hermosillenses está asociado con el consumo de inhibidores y favorecedores de su absorción

OBJETIVO GENERAL

Determinar el estado de calcio, hierro y zinc y su asociación con componentes dietarios relacionados con su absorción, en mujeres en edad fértil de Hermosillo, Sonora.

Objetivos Específicos

- ✓ Estimar el consumo de calcio, hierro, zinc, fibra, fitatos, fósforo, vitamina C y proteína en la dieta de las voluntarias.
- ✓ Medir la densidad mineral ósea de la columna lumbar, cuello de fémur y fémur total y cuantificar calcio urinario.
- ✓ Determinar los niveles de hemoglobina, hematocrito y ferritina.
- ✓ Determinar los niveles de zinc en plasma.
- ✓ Determinar la relación de inhibidores y favorecedores de la absorción con el estado nutricional de calcio, hierro y zinc.

MATERIALES Y METODOS

Diseño del Estudio

Se llevó a cabo un estudio de tipo transversal en el periodo de Agosto del 2014-Mayo del 2015, con la participación de mujeres en edad fértil a quienes se les aplicaron cuestionarios para conocer el consumo de alimentos, la actividad física y el nivel socioeconómico. De igual manera se llevaron a cabo mediciones antropométricas de peso, talla y densitometría ósea. Se extrajeron 10 mL de sangre y se les pidió una muestra de la primera orina de la mañana. El estudio fue aprobado por el comité de ética de CIAD.

Sujetos

La muestra estuvo constituida por 111 mujeres participantes. Los criterios de inclusión fueron: mujeres aparentemente sanas, de 35 a 49 años, con menstruación regular y carta de consentimiento informado. Los criterios de exclusión fueron: que las mujeres estuvieran embarazadas o en periodo de lactancia, que tomaran suplementos alimenticios o medicamentos que afectan la masa ósea (tratamientos para la tiroides, anticonvulsivos, hormonales) y que tuvieran prótesis en columna o cadera.

La invitación para participar en el estudio se hizo en lugares de concentración como parques, empresas y gimnasios de Hermosillo, Sonora. Se incluyeron aquellas que cumplían con las características requeridas y que firmaron la carta de consentimiento informado.

Encuesta de Actividad Física

El nivel de actividad física se obtuvo a partir de una encuesta que incluye el registro de actividades durante 7 días consecutivos. A las actividades contenidas en este cuestionario se les asignó un valor en términos de múltiplos de metabolismo basal (mMB). La suma de todas las actividades clasificó a las participantes con niveles de actividad ligero (>1.56 mMB), moderado (1.57-1.64) o intenso (1.65-1.82) (FAO/OMS/ONU, 1985).

Encuesta de Nivel Socioeconómico

Para conocer el nivel socioeconómico de las participantes se les aplicó una encuesta validada por la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado. En esta encuesta se toman en cuenta características que incluyen el nivel de educación, la propiedad de aparatos electrodomésticos, automóvil, etc, que permiten clasificar el nivel socioeconómico como nivel alto (A/B), medio(C+,C) y bajo (D+,D) (AMAI, 2000)

Consumo de Alimentos

Recordatorios de 24 horas. Para la evaluación de la dieta, se aplicaron dos recordatorios de 24 horas, en días no consecutivos (un día de entre semana y otro de fin de semana), con el fin de conocer su dieta actual. Se utilizaron cucharas, vasos, tazas y platos medidores, así como también modelos de plástico para la estimación de la dieta, previamente medidos y estandarizados. Posteriormente, la información obtenida a partir de los recordatorios de 24 horas fue procesada utilizando un diccionario de alimentos (Ortega MI, 1999) para conocer el consumo de macro (proteína) y micronutrientes principalmente de hierro y zinc.

Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos (CFC). Se considera una herramienta importante para conocer la dieta habitual o bien, identificar patrones asociados a un padecimiento. Para evaluación del consumo de calcio, es semicuantitativo e incluye una lista de 104 alimentos. Se pregunta sobre la frecuencia (diaria, semanal, mensual o anual) y cantidad de consumo de los alimentos incluidos en el cuestionario. La composición nutrimental se obtuvo con el software de evaluación dietaria SNUT: Sistema de evaluación de hábitos nutricionales y consumo de nutrimentos (Instituto Nacional de Salud Pública).

Cálculo de Alimentos Aportadores de Calcio, Hierro y Zinc.

Los principales alimentos aportadores de calcio, hierro y zinc se identificaron mediante un análisis de ponderación. Se consideró la media y la frecuencia de consumo de cada alimento, así como los gramos de calcio, hierro o zinc aportados por la media de consumo del alimento evaluado y por último se multiplicó la frecuencia de consumo del alimento por los gramos de calcio, hierro

o zinc aportados por cada alimento, siguiendo la metodología de Ortega et al., (1999).

Estimación de la Biodisponibilidad de Calcio, Hierro y Zinc

Se realizó el cálculo de la relación molar fitatos:mineral y la relación calcio:fósforo, para estimar la absorción de calcio, hierro y zinc utilizando las siguientes ecuaciones (WHO, 1996):

$$\text{Relación molar fitatos:calcio} = \frac{\text{mg fitatos}/660}{\text{mg calcio}/40}$$

$$\text{Relación molar fitatos:hierro} = \frac{\text{mg fitatos}/660}{\text{mg hierro}/55.8}$$

$$\text{Relación molar fitatos:zinc} = \frac{\text{mg fitatos}/660}{\text{mg hierro}/65.4}$$

Antropometría

La medición de peso se realizó utilizando una balanza electrónica digital con capacidad de 0 a 220 ± 0.05 kg (AND HV-200 KGL, A&D Co., LTD) y la talla en un estadiómetro SECA de 20 – 205 cm, modelo 213 (SECA, USA).

Para el cálculo de índice de masa corporal (IMC), se utilizó la fórmula de Quetelet. Los puntos de corte son <18 bajo peso, 18-24.9 normal, 25-29.9 Sobrepeso y >30 obesidad (Garrow y Webster, 1985; NOM 174).

$$\text{IMC} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Talla (m}^2\text{)}}$$

Evaluación Bioquímica

Se realizó una toma de muestra de sangre de 10 ml mediante una punción en la vena antecubital utilizando jeringas de 10 ml. La muestra se vació a tubos con anticoagulante (EDTA). Se cuantificó el nivel de hemoglobina, utilizando un contador electrónico portátil Analizador de HB 201+ (HEMOCUE, SUECIA) y hematocrito mediante la técnica de Wintrobe, utilizando una centrífuga MB micro hematocrit (International Equipment Company (IEC) USA) a 8000-12000 rpm durante 5 minutos.

Proteína C Reactiva

Se cuantificó proteína C reactiva en plasma, como indicador de procesos inflamatorios, utilizando el paquete de reactivos HS-CPR ELISA DRG (DRG International, USA). La medición se llevó a cabo en el lector de microplacas (Biorad mod.550, Japón) a 450 nm. A las muestras que presentaron valores elevados de proteína C reactiva, >8.2mg/L (Clinical Guide to laboratory Test, 1995), no se les cuantificó zinc plasmático, considerando que los niveles de zinc se alteran durante procesos inflamatorios.

Ferritina

Se cuantificó ferritina en plasma utilizando el protocolo y el paquete de reactivos Ferritin EIA TEST KIT (ALPCO, SALEM, NH). La medición se llevó a cabo en el lector de microplacas (Biorad mod.550, Japón) a 450 nm. Los valores de referencia para nuestra población de estudio son de 10-120 ng/ml.

Medición de Densidad Mineral Ósea

Las mediciones de la densidad mineral ósea (DMO) se realizaron en la región lumbar (L2-L4), en cuello de fémur (CF) y fémur total (FT), utilizando un densitómetro dual de rayos X, modelo DPX-MD+, Lunar, software 5.0 (Lunar, USA). El diagnóstico de osteoporosis, osteopenia y normalidad se obtuvo de acuerdo al criterio de la WHO (1996): osteoporosis, DMO <-2.5 desviaciones estándar (DE); osteopenia, entre -1 y -2.5 DE y normal >-1 DE).

Cuantificación de Zinc en Plasma

La cuantificación de zinc total en plasma se realizó siguiendo la metodología de la AOAC (1996) (sección 14.1.04, método 991.11), por medio de espectrofotometría de absorción atómica (I-Agilent Technologies-200 series AA; United States, Malaysia). Se construyó una curva de calibración de 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ppm de zinc. En un tubo de ensayo se colocaron 500 µL de plasma con 2 mL de solución brij al 0.03%. Para validar esta técnica se utilizó una muestra certificada de hígado de bovino (NIST 1549) con un valor certificado de 181.1 ± 1.0 ppm.

Cuantificación de Calcio en Orina

Se colectó la primera orina del día de cada una de las participantes en envases que con anticipación se lavaron con ácido nítrico al 10% y agua deionizada. Las muestras se etiquetaron y almacenaron a -20°C para su posterior análisis. Se realizó la cuantificación de calcio urinario con base en el método colorimétrico O-cresolftaleína complexona sin desproteínización (Sarkar y Chauhan, 1967), utilizando el equipo VITALAB (modelo Spectra E, USA). El fundamento de este procedimiento se basa en que los iones calcio forman un complejo violeta con la o-cresolftaleína complexona en medio alcalino. El procedimiento de las muestras fue el siguiente: se centrifugaron alrededor de 2 mL de orina de cada participante (n=111) durante 10 minutos en el equipo IEC (modelo Centra GP8R, International Equipment Company IEC, USA), el sobrenadante se diluyó 1:1 en NaCl 0.9%, las muestras y los reactivos proporcionados en el paquete de reactivos de tampón, cromógeno y EDTA se posicionaron en el equipo automatizado para su lectura.

Ajuste Calcio/Creatinina (Ca/Cr)

La cuantificación de creatinina se realizó por el método colorimétrico establecido por Bartels y Bohmer (1972), que se fundamenta en que la creatinina en solución alcalina reacciona con el ácido pícrico para formar un compuesto colorido. De las muestras de orina previamente centrifugadas se tomó 1 mL y se diluyó con 49 mL de agua bidestilada. Las muestras de orina y los reactivos del paquete R1 y R2 (ácido pícrico e hidróxido sódico), se colocaron en el equipo mecanizado VITALAB (modelo Spectra E, USA) para su análisis. Ya que se adquirieron los datos tanto de calcio como de creatinina se calculó la relación Ca/Cr, utilizando la siguiente ecuación para cada valor

$$\text{Valor ajustado Ca/Cr} = \frac{\text{Valor de calcio (mg)}}{\text{Valor de creatinina (g)}} * 100$$

Análisis Estadístico

Se realizaron análisis de estadística descriptiva a los datos de las participantes correspondientes a las características generales y dietarias.

Se realizaron pruebas de t de muestras independientes para comparar el consumo de algunos componentes de la dieta entre las mujeres que presentaron valores normales y bajos de cada uno de los indicadores del estado de nutrición de calcio y hierro.

Se realizaron análisis de regresión lineal para evaluar la asociación entre favorecedores e inhibidores de la dieta, edad, IMC, años postmenarquia y nivel de actividad física, con los indicadores del estado de nutrición de calcio (DMO de columna, cuello de fémur y fémur total), hierro (hemoglobina, hematocrito y ferritina) y zinc plasmático. En el caso del estado nutricional de calcio, también se evaluó la asociación de la DMO de columna, cuello de fémur y fémur total con la excreción urinaria de calcio.

Por último, se realizaron análisis de regresión múltiple de las variables asociadas, previamente identificadas con un análisis de regresión lineal, con los indicadores del estado de nutrición de calcio, de hierro y de zinc.

Las pruebas de hipótesis estadísticas se realizaron con un nivel de significancia estadística de $p \leq 0.05$, utilizando el paquete estadístico NCSS, versión 2007.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan las características físicas generales, indicadores del estado de nutrición de calcio, hierro, zinc, actividad física y nivel socioeconómico de las participantes.

Las medias fueron, para edad 40 ± 4.4 años, peso 71.3 ± 11.3 kg, talla 158.8 ± 5 cm, e IMC 28.3 ± 4.4 kg/m². El 33% la población de estudio presentó obesidad, 43% sobrepeso y 24% un IMC normal. En cuanto a la evaluación de la DMO de la región lumbar de la columna (L2-L4), el 86% resultaron normales y 14% se diagnosticó con osteopenia. En cuello de fémur el 95% de las participantes tuvieron valores normales y el resto presentó osteopenia. Mientras que en fémur total, el 95% mostró DMO normal y un 5% osteopenia. La media de excreción urinaria de calcio fue normal (68.4 mg Ca/Cr creatinina) dado que fue <220 mg/g (Mayo Clinic, 2015). Solo una participante presentó hipercalciuria con un valor de 344.1 mg/g. La media de edad de menarquia fue de 12.5 años y 28 de los años post menarquia. La media para hemoglobina (12.6 ± 1.2 mg/dL), hematocrito (39 ± 3.3 %) y ferritina, cuantificada en 80 mujeres, (24.4 ± 22.8 ng/mL) fueron normales, pero de manera individual se observó que el 25 (22.5%) de las participantes presentaron niveles bajos de hemoglobina, 16 (14.4%) niveles bajos de hematocrito y el 42 (52.5%) de las 80 cuantificadas niveles bajos de ferritina. Todas las participantes presentaron niveles plasmáticos de zinc normales (1.5 ± 0.4 µg/mL) y una actividad física sedentaria, (1.08 ± 0.17 mMB). La encuesta de nivel socioeconómico colocó a un 32% (n=35) de las participantes en nivel alto, 44% (n=49) nivel medio y 24% (n=27) nivel bajo.

Cuadro 1.- Media de características físicas generales, indicadores del estado de nutrición de calcio, hierro y zinc, nivel actividad física y nivel socioeconómico.

Variable	Media ± DE	Rango	Valores de referencia
Edad(años)	40 ± 4.4	35 - 49	
Peso (kg)	71.3 ± 11.3	50 – 99.2	
Talla (cm)	158.8 ± 5	148.2 – 171.2	
IMC(kg/m²)	28.3 ± 4.4	20.04 – 39.7	
DMO columna (L2-L4) (g/cm²)	1210.0 ± 167.9	929 – 1524	
DMO fémur, cuello (g/cm²)	993.5 ± 200.7	849 – 1372	
DMO fémur, total (g/cm²)	1058.5 ± 123.4	856 – 1448	
Ca/Cr (mg/g)	68.4 ± 51.4	7.52 – 344.1	<220
Edad de menarquia (años)	12.5 ± 1.47	9 - 17	
Post menarquia (años)	28 ± 4.5	20 - 37	
Hemoglobina (mg/dL)	12.6 ± 1.2	8 – 18.8	12-15
Hematocrito (%)	39 ± 3.3	25 – 49	37-54
Ferritina (ng/mL)*	24.4 ± 22.8	1.7 – 95.8	10-120
Zinc en plasma (µg/mL)	1.5 ± 0.4	0.7-3.4	>0.7
Nivel Actividad Fisica (mMB)	Sedentario		
Nivel socioeconómico	Medio		

DE: desviación estándar, IMC: índice de masa corporal, Ca/Cr: excreción urinaria de calcio ajustada por creatinina, * Ferritina evaluada en 80 mujeres.

En el Cuadro 2 se muestran las características dietarias de las participantes. La media de consumo diario de fitatos cubrió la recomendación de la Organización Mundial de la Salud en cuanto a no exceder 1000 mg diarios (WHO, 1996). Las medias de consumo fueron bajas de acuerdo a la recomendación para mujeres de 35 a 49 años de edad, para calcio, hierro, fibra y vitamina C, elevada para zinc y fósforo y adecuada para fitatos y proteína. De manera individual se observó deficiencia en el consumo de calcio de 102 mujeres (92%) (IOM, 2010), de hierro 97(87%) (IOM, 2001), de fibra 89 (84%) (IOM, 2005), de zinc en 46 (42%) (IOM,

2001) y de vitamina C en 72 (65%) (IOM, 2000). El consumo de fósforo superó la recomendación ya que correspondió al 187% del valor recomendado (IOM, 1997), mientras que el de proteína fue insuficiente en 54 mujeres (49%), excesivo en 42 (38%) y adecuado en 15 (13%) (WHO, 2007).

Cuadro 2. Media de consumo, desviación estándar, rango y recomendación de energía y componentes dietarios de interés de las participantes.

Variable	Media ± DE	Rango	Valores de referencia
Energía (kcal)	1539.9 ± 587.4	655.3 – 3838.8	
Calcio (mg/d)	598.1 ± 302.8	175.9 – 1675.3	1000 mg/d***
Hierro (mg/d)	12.3 ± 6.1	4.5 – 44.9	18 mg/d***
Zinc (mg/d)	9.5 ± 4.3	2.1 – 26.5	8 mg/d***
Fibra (g)	17.8 ± 16.4	5.1 – 115.5	25 g/d***
Fitatos (mg/d)	282.7 ± 172.2	8.3 – 932	<1000 mg/d *
Fósforo (mg/d)	1307.6 ± 590.8	325.4 – 4506.1	700 mg/d***
Proteína (g/kg/d)	61.2 ± 29.4	12.1 – 174.4	0.8 gr/kg/d**
Vitamina C (mg/d)	68.6 ± 66.6	2.1 – 414.8	75 mg/d***

DE: desviación estándar, *WHO, 1996. **WHO, 2007. ***RDA (IOM 1997, 2001, 2010 2005).

Si bien la medida de consumo de los fitatos (inhibidor de la absorción de calcio, hierro y zinc) es baja, es necesario identificar si las cantidades consumidas son suficientes para inhibir la absorción de minerales.

En el Cuadro 3 se muestran las medias y desviación estándar de las relaciones molares fitatos:calcio, fitatos:hierro y fitatos:zinc, la relación calcio:fósforo y los valores de referencia de cada una de ellas. La relación molar fitatos:calcio fue 0.03 ± 0.02 y ninguna de las participantes presentó una relación molar >0.24 , por

lo que se estima que la absorción de calcio, no sea afectada por los fitatos. La media de la relación molar fitatos:zinc fue adecuada con un valor de 3.21 ± 2.06 ; individualmente 15 (13%) participantes presentaron un valor entre 5 y 15 por lo que se estima una absorción del 30% del total del zinc consumido; el resto 96 (87%) presentaron una relación molar <5 , que correspondería a una absorción de 50% del zinc consumido. Sin embargo, la relación calcio[fitatos:zinc] fue >220 por lo que considerando este indicador, 53 (48%) participantes podrían presentar baja absorción de zinc. La relación molar fitatos:hierro fue >1 en 86 (77%) mujeres, lo que podría ser un riesgo de deficiencia de hierro, debido a la inhibición de la absorción de hierro por los fitatos. Por otra parte, considerando que el consumo de calcio fue bajo, el de fósforo elevado y la relación calcio:fósforo contraria a la recomendación, se estima que la absorción de calcio puede ser altamente inhibida por el fósforo. Por lo tanto, la absorción de hierro puede verse seriamente afectada por la formación de complejos con fitatos, la del calcio por el elevado contenido de fósforo y la del zinc por el complejo calcio[fitatos:zinc].

Cuadro 3. Media, desviación estándar, rango y valor de referencia de la relación molar fitatos:calcio, hierro, zinc y relación calcio[fitatos:zinc] y calcio:fósforo de la dieta.

Relación	Media \pm DE	Rango	Recomendación
Fitatos:calcio	0.03 ± 0.02	0.001 – 0.163	<0.24
Fitatos:zinc	3.21 ± 2.06	0.172 – 14.58	<15
Calcio[fitatos:zinc]	336.1 ± 436.9	33.8 – 3211.3	$<220^*$
Fitatos:hierro	2.03 ± 1.05 \square	0.116 – 5.277	$<1^*$
Calcio:fósforo	1:2.2 \square		1:1 o 2:1*

DE: desviación estándar, *rebasa la recomendación.

Estado de Nutrición del Calcio

Se evaluó la dieta de las participantes y se identificaron a la leche, queso, tortillas de maíz, tortillas de harina y pan como los cinco principales alimentos aportadores de calcio.

Considerando que el consumo de calcio, fósforo y proteína afectan la masa ósea, se comparó el consumo de cada uno de ellos entre las mujeres que presentaron DMO normal con las que resultaron con osteopenia en columna y/o cuello de fémur y/o fémur total. En el Cuadro 4 se observa que no hubo diferencias en el consumo de calcio, fósforo y proteína entre el grupo de mujeres que presentaron DMO normal con respecto a las que presentaron osteopenia (columna, cuello de fémur y fémur total). El consumo de vitamina C fue mayor ($p \leq 0.05$) en las mujeres con DMO normal en la columna.

Cuadro 4. Media y desviación estándar de consumo de calcio, fósforo, proteína y vitamina C de las participantes con DMO normal y con osteopenia, en columna lumbar, cuello de fémur y fémur total.

Variable	DMO columna (L2-L4)			DMO cuello de fémur			DMO fémur total		
	DMO Normal (n= 96)	DMO Osteopenia (n= 15)	p	DMO Normal (n= 105)	DMO Osteopenia (n= 6)	P	DMO Normal (n= 105)	DMO Osteopenia (n= 6)	p
	Media ± DE			Media ± DE			Media ± DE		
Calcio (g/d)	573.8±274	518.6±215	0.52	571.9±271	469.8±149	0.42	558.6±260	701.9±377	0.32
Fósforo (mg/d)	1106.2±384	946.7±282	0.52	1097.4±375	862.6±308	0.12	1078.1±376	1251.2±313	0.15
Proteína (g/d)	74.6±24	66.5±17	0.06	74.4±23	58.1±21.3	0.14	73.2±23.7	82±21.1	0.20
Vitamina C (mg/d)	159±122	100.3±64	0.00*	151.5±116	142.5±157	0.36	151.3±120	170.4±52.7	0.11

n= 111 mujeres, DMO: densidad mineral ósea, DE: desviación estándar, * p: ≤0.05 resultado significativo, indican diferencia entre grupos, mediante prueba de t para muestras independientes.

En el Cuadro 5 se presenta la relación de las variables que se asociaron significativamente con la DMO de alguna de las regiones medidas. La DMO de la columna se relacionó positivamente con el nivel de actividad física y negativamente con los años postmenarquia. La DMO de cuello de fémur se relacionó de manera positiva con el IMC y negativa con años postmenarquia. Por último, la DMO de fémur total se relacionó negativamente con la excreción urinaria de calcio (Ca/Cr).

Cuadro 5. Relación de DMO de columna, cuello de fémur y fémur total con la excreción urinaria de calcio, el nivel de actividad física y la postmenarquia.

Variable	DMO columna (L2-L4) ¹	DMO cuello de fémur ¹	DMO de fémur total ¹
Ca/Cr (mg/g)	-0.17,(0.07)	-0.17,(0.06)	-0.18,(0.05)*
IMC (kg/m²)	0.15,(0.09)	0.19,(0.04)*	0.10,(0.25)
NAF (mMb)	0.19,(0.03)*	0.12,(0.18)	0.02,(0.78)
Años Postmenarquia	-0.18,(0.05)*	-0.27,(0.00)*	-0.07,(0.42)

Ca/Cr, relación calcio/creatinina. IMC, índice de masa corporal. NAF, nivel de actividad física. mMb, múltiplos de metabolismo basal. ¹ r,(p). r=Coefficiente de correlación. p=nivel de probabilidad. *Correlaciones significativas p≤0.05. n=111 participantes.

Otra variable que se señala importante en cuanto a la ganancia de masa ósea es la edad de la menarquia, señalándose que ante menarquias tempranas (<13 años de edad) se alcanzan valores más elevados de masa ósea (Aguilera et al., 2013; Quiles et al., 2008) En este estudio no se observaron diferencias de la DMO de la columna (L2-L4), cuello de fémur y fémur total entre las mujeres con edad de menarquia mayor y menor de 13 años (p>0.05), pero se observó que la DMO de columna y de cuello de fémur disminuye conforme los años postmenarquia aumentan (Cuadro5).

Por otra parte, la DMO de columna (L2-L4) se asoció negativamente con la relación calcio:fósforo de la dieta ($\beta=-90.84$, p=0.00), con la excreción urinaria de calcio ($\beta=-0.78$, p=0.00) ajustada por la relación fitatos:calcio y con los años

posmenarquia ($\beta=-5.18$, $p=0.04$). De igual manera la DMO de cuello de fémur, se asoció negativamente con el consumo de proteína dietaria ($\beta=-0.73$, $p=0.05$), con la relación calcio:fósforo de la dieta ($\beta=-69.59$, $p=0.01$), con la excreción urinaria de calcio (Ca/Cr) ajustada por la relación fitatos:calcio ($\beta=-0.64(0.06, 0.00)$) y con los años postmenarquia ($\beta=-7.13$, $p=0.00$). Mientras que la DMO de fémur total, solamente se asoció negativamente con la excreción de Ca/Cr ($\beta=-0.64$, $p=0.01$) ajustada por la relación fitatos:calcio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Asociación de la DMO de columna lumbar (L2-L4), cuello de fémur y fémur total con factores relacionados al metabolismo del calcio.

Variables	Coeficientes de Regresión		
	DMO columna (L2-L4) ¹	DMO cuello de fémur ¹	DMO de fémur total ¹
Proteína dietaria (g)	-0.60(0.13)	-0.73(0.05)*	-0.45(0.26)
Calcio:fósforo dietaria	-90.84(0.00)*	-69.59(0.01)*	-27.21(0.40)
Ca/Cr (mg/g)	-0.78(0.00)**	-0.64(0.00)**	-0.64(0.01)**
NAF (mMb)	130.4(0.05)*	73.99(0.23)	24.1(0.72)
Años postmenarquia	-5.18(0.04)*	-7.13(0.00)*	-3.64(0.16)

¹Coeficiente de regresión β ; entre paréntesis se muestra el nivel de probabilidad asociada. * Se indican los valores de $p \leq 0.05$. DMO: Densidad mineral ósea, Ca/Cr: excreción urinaria de calcio ajustado por creatinina, NAF: nivel de actividad física.**regresión lineal, ajustada por la relación fitatos:calcio.

Los modelos de regresión múltiple mostraron que la DMO de la columna lumbar ($R^2=0.19$; $p=0.00$) y de cuello de fémur ($R^2=0.17$; $p=0.000$) se asociaron a los años postmenarquia, al nivel de actividad física y al calcio urinario. En la columna (L2-L4) dichas asociaciones fueron negativas tanto con los años postmenarquia ($\beta=-4.77$, $p=0.05$) como con calcio urinario ($\beta=-0.79$, $p=0.0002$), mientras que el nivel de actividad física se asoció de manera positiva ($\beta=170.05$, $p=0.007$). Igualmente, en cuello de fémur las asociaciones fueron negativas con los años postmenarquia ($\beta=-6.67$, $p=0.008$) y con calcio urinario ($\beta=-0.67$, $p=0.002$) y positivas con el nivel de actividad física ($\beta=140.07$, $p=0.03$). En cuanto a las

variables asociadas a la DMO de fémur total, el modelo de regresión múltiple mostró al calcio urinario ($\beta=-0.96$, $p=0.0004$) como la única variable asociada a la DMO de dicha región ósea ($R^2=0.12$, $p=0.000$), los análisis anteriores fueron ajustados por la relación de fitatos:calcio.

Estado de Nutrición de Hierro

En el presente estudio se observó que de las 111 participantes, 25 (22.5%) presentaron anemia, de las cuales 15 (13.5%) tuvieron valores bajos de ferritina, es decir anemia ferropénica.

En cuanto a los alimentos aportadores de hierro a la dieta de las mujeres, los cinco principales fueron la tortilla de maíz, tortilla de harina, carne de res, pan y frijoles.

En el Cuadro 7 se presenta la media de consumo de hierro, fibra, fitatos, proteína y vitamina C de las participantes que presentaron niveles normales y bajos de hemoglobina, hematocrito y ferritina. Se observa que solo el consumo de proteína fue diferente entre las mujeres que tuvieron valores normales y bajos de hemoglobina, siendo mayor en las que tuvieron niveles normales ($p\leq 0.05$). En las participantes con niveles normales y bajos de hematocrito solamente el consumo de fitatos fue mayor en las mujeres que presentaron niveles bajos de hematocrito ($p\leq 0.05$). Por último, no hubo diferencias en los consumos de hierro, fibra, fitatos, proteína y vitamina C entre las mujeres que presentaron niveles normales y bajos de ferritina ($p>0.05$).

Cuadro 7. Media y desviación de consumo de hierro, fibra, fitatos, proteína y vitamina c de las mujeres con hemoglobina, hematocrito y ferritina con niveles normales y bajos de cada uno.

Variable	Hemoglobina (mg/dL)			Hematocrito (%)			Ferritina (ng/mL)		
	Normal (n= 85)	Bajo (n= 24)	p	Normal (n= 85)	Bajo (n= 24)	p	Normal (n= 31)	Bajo (n= 20)	p
	Media ± DE			Media ± DE			Media ± DE		
Hierro (g/d)	11.9±5	13.9±7	0.14	12.2±6	13.5±12	0.32	12.9±7	14.5±8	0.68
Fibra (g/d)	17.9 ± 17	17.8±13	0.97	18.1±17	16.5±11	0.88	19.6±21	24.9±25	0.27
Fitatos(m g/d)	274.8 ±185	306.1±119	0.32	273.4±178	338±126	0.04*	292.7±128	301.2±252	0.88
Proteína (g/d)	63.4±31	53±19	0.04*	60.4±27	65.1±40	0.73	64±28	61.1±35	0.76
Vitamina C (mg/d)	71.2±72	60.4±42	0.94	70±68	64.1±53	0.69	84.7±80	74.2±61	0.71

DE: desviación estándar,* p: ≤ 0.05 resultado significativo indican diferencia entre grupos, mediante prueba de t para muestras independientes.

En el Cuadro 8 se observa que la hemoglobina no se asoció con ninguna de las variables dietarias, hematocrito lo hizo de manera negativa con el consumo de los fitatos ($\beta = -0.004$, $p=0.02$) y ferritina se asoció con el consumo adecuado de proteína y fibra ($\beta = 2.96$, $p=0.03$ y 0.13 , $p=0.02$)*, respectivamente).

Cuadro 8. Asociación de la hemoglobina, hematocrito y ferritina con factores relacionados al metabolismo de hierro.

Variables	Coeficientes de Regresión		
	Hemoglobina (mg/dL) ¹	Hematocrito (%) ¹	Ferritina (ng/mL) ¹
Fibra(g/d)	-0.002(0.70)	0.001(0.95)	0.13 (0.02)*
Fitatos(mg/d)	-0.00(0.22)	-0.004(0.02)*	-0.006(0.71)
Proteína (g/d)	0.003(0.26)	-0.01(0.15)	2.96(0.03)**
Vitamina C (mg/d)	0.002(0.15)	0.004(0.39)	-0.04(0.66)
Relación molar Fitatos:hierro	-0.04(0.67)	-0.56(0.06)	8.41(0.17)

¹Coeficiente de regresión β ; entre paréntesis se muestra y el nivel de probabilidad asociada. * Se indican los valores de $p \leq 0.05$. ** Consumo de proteína adecuada n=111 mujeres.

Los análisis de regresión múltiple mostraron que ninguno de los componentes dietarios, antropométricos, nivel de actividad física y edad se asociaron con los indicadores del estado de hierro.

Estado de Nutrición de Zinc

El estado nutricional de zinc de las participantes fue normal ya que ninguna presentó bajos niveles plasmáticos de zinc. Cabe aclarar que en los análisis no se consideraron las muestras de plasma de 14 participantes por presentar niveles elevados de proteína C reactiva, ya que se reconoce que ante procesos inflamatorios los niveles de proteína C reactiva aumentan y los de zinc en plasma se bajan. Los niveles de zinc plasmático de las mujeres participantes fueron normales ($>0.70 \mu\text{g/mL}$) y no se asociaron a ninguna de las variables dietarias.

Los principales alimentos aportadores de zinc fueron la carne de res, las tortillas de maíz y de harina, el queso y el pollo.

Los análisis de regresión lineal y múltiple mostraron que ninguno de los componentes dietarios, antropométricos, nivel de actividad física y edad se asociaron con los niveles plasmáticos de zinc.

DISCUSION

En este estudio se evaluó el estado nutricional de calcio, hierro y zinc de mujeres hermosillenses en edad fértil y la asociación de componentes dietarios relacionados con la absorción de dichos minerales. De acuerdo a los resultados dietarios y bioquímicos de hierro, se observó que 97 de las 111 mujeres (87%) solo cubrió el 59% de adecuación del consumo recomendado por la RDA (18 mg/d) y que si bien la mayoría (77.5%) presentaba niveles adecuados de hemoglobina, 25 mujeres (22.5%) presentaron anemia y 15 (13.5%) de ellas anemia ferropénica. El estado de zinc fue normal considerando los niveles plasmáticos, a pesar de que su consumo fue deficiente en el 42% de las participantes. Respecto al estado de calcio se obtuvieron resultados similares, bajo consumo de calcio pero, en promedio, el estado nutricional fue adecuado en la mayoría de las mujeres estudiadas según la DMO de las tres regiones anatómicas evaluadas: región lumbar de la columna vertebral (86% normales), cuello de fémur (95% normales) y fémur total (95% normales), ninguna presentó osteoporosis.

Matkovic et al., (2005), publicaron que el bajo consumo de calcio en la juventud repercute reduciendo la posibilidad de alcanzar los valores elevados de DMO pico (valor máximo de DMO, alcanzado alrededor de los 30 años de edad), lo cual puede implicar complicaciones a largo plazo. En mujeres de 18 a 49 años se reportó mayor riesgo de fractura cuando sus consumos diarios de calcio eran menores a 700 mg (Sámano et al., 2013). Por otra parte, la ingesta elevada de fósforo ejerce tal vez un efecto negativo sobre el estado nutricional de calcio, ya que disminuye la absorción de este mineral (Velázquez et al., 2006). Los estudios han mostrado que la relación adecuada de estos minerales (calcio:fósforo) es 1:1 o bien 2:1 siendo el calcio el de mayor proporción. Teegarden et al., 1998,

reportaron una relación positiva de la DMO con el calcio y el fósforo dietario y un efecto desfavorable cuando la proporción de calcio:fósforo indicaba mayor contenido de fósforo. Por el contrario, Ito et al., 2011, mostraron que la relación calcio:fósforo (554/963) de la dieta no tuvo efecto sobre la DMO de cuello de fémur y columna y además reportaron un efecto positivo sobre el radio distal, en mujeres japonesas jóvenes. Los autores consideraron que la inconsistencia de sus resultados, en cuanto al efecto negativo del exceso de fósforo respecto al calcio, podría deberse a las diferencias de consumos de fósforo, edad y la región ósea evaluada. Además, señalaron la necesidad de más estudios enfocados a evaluar el efecto de la dieta sobre la masa ósea en población japonesa.

En el presente estudio, el consumo actual de calcio fue bajo en la mayoría de las participantes mientras que el de fósforo y la relación calcio:fósforo de la dieta rebasaron las recomendaciones. Contrario a lo que se esperaba, los valores de DMO en columna (L2-L4), cuello de fémur y fémur total fueron normales en la mayoría de las mujeres y ninguna presentó osteoporosis, sin embargo es importante considerar que desconocemos las características de la dieta consumida durante el desarrollo de la masa ósea. Posiblemente durante la juventud su consumo de calcio haya sido adecuado y actualmente la masa ósea se encuentre protegida por niveles normales de estrógenos. Además, las participantes reportaron que no tenían antecedentes familiares con fracturas de cadera, por lo que posiblemente el factor genético también esté a favor de los valores de masa ósea pico alcanzados.

En cuanto a componentes dietarios relacionados favorablemente con la absorción de calcio, con aumentos de la DMO y disminución del porcentaje de fracturas, se reconoce a las proteínas (Heaney y Lyman, 2008). Sin embargo existen controversias al respecto, por ejemplo mientras Uenishi et al., (2007), reportaron un aumento en la DMO de columna en mujeres de 22 años suplementadas con proteína de leche (40 mg/d) durante 6 meses, mientras que Weikert et al., (2005), reportaron que el excesivo consumo de proteína de origen animal, aunado a un bajo consumo de calcio puede comprometer la salud ósea.

De igual forma, se ha señalado que por cada gramo extra que se incremente el consumo recomendado de proteína, se aumentará la excreción urinaria de calcio (Heaney, 2006). En este estudio, el consumo de proteína se asoció negativamente con la DMO de cuello de fémur, observándose que de las 6 que presentaron osteopenia en esa región ósea, 4 tenían consumo elevado de proteína.

La excreción elevada de calcio se asocia a un desequilibrio óseo dada la asociación negativa que se ha reportado con la DMO (Peacock, 2010). En este estudio la excreción urinaria de calcio (Ca/Cr) fue normal en el todas las participantes (excepto una que presentó hipercalciuria) se relacionó negativamente con la DMO de fémur total. Kusuma et al., (2014), reportaron, hallazgos similares a este estudio, al encontrar una relación negativa entre la excreción de calcio y la DMO de columna en mujeres premenopáusicas y postmenopáusicas.

Entre otros factores que se han asociado con la masa ósea se han señalado el bajo peso y la menarquia tardía. En este estudio se obtuvo una relación positiva y significativa entre el IMC y la DMO de cuello de fémur, lo cual coincide con lo reportado por Aguilera-Barrero et al., (2013) quienes publicaron que las mujeres adultas con bajo peso mostraban mayor prevalencia de osteoporosis con respecto a las mujeres que presentaron un IMC normal y obesidad, además de tener un riesgo relativo 6.5 veces mayor de presentar osteoporosis. De acuerdo con la International Osteoporosis Foundation (IOF, 2006), las personas con un $IMC < 19 \text{ kg/m}^2$ presentan el doble de riesgo de sufrir fractura.

La menarquia se considera un indicador biológico de la masa ósea futura, de tal manera que cuanto más temprana sea la menstruación mayor será la masa ósea (Muñoz et al., 2006). Al respecto, Sabatier et al., (1999), señalaron que durante los primeros cuatro años postmenarquia se acumula alrededor del 47% del contenido mineral óseo y que los aumentos dejan de ser significativos siete u ocho años después de la primera menstruación. En nuestro estudio, los años postmenarquia se relacionaron negativamente con la DMO de la columna lumbar

y cuello de fémur ($p < 0.05$). Respecto a la edad de la menarquia, Quiles-Izquierdo et al., (2008), reportaron una DMO más baja en mujeres que presentaron la menarquia a los 13 años o más, respecto a las menores de 13 años. En este estudio, no se observaron diferencias en la masa ósea de las tres regiones anatómicas evaluadas entre las mujeres que menstruaron antes o después de los 13 años de edad.

El nivel de actividad física se ha señalado como un hábito que promueve la salud ósea. Muir et al., (2013), reportaron que el aumento de actividad física de 4 a 6 h a la semana tenía un efecto positivo sobre la DMO de fémur, fémur total y trocánter, en mujeres adultas. En nuestros análisis, el nivel de actividad física se asoció positivamente con la DMO de columna y de cuello de fémur, a pesar de que la totalidad de las mujeres participantes tuvieron un nivel de actividad física sedentario.

En cuanto al estado nutricional de hierro, en este estudio se observó que los principales alimentos aportadores de hierro fueron la tortilla de maíz, tortilla de harina, carne de res, pan y frijoles. Paredes-López, et al., en el 2008 señalaron que la tortilla de maíz preparada a partir de grano de maíz nixtamalizado, puede llegar a proporcionar de 32 a 62% de los requerimientos mínimos de hierro.

En el presente estudio, el consumo de hierro y vitamina C fue bajo y la relación fitatos:hierro fue elevada (>1), por lo que el grupo estudiado se considera en riesgo de deficiencia de hierro, dado el bajo consumo y el riesgo de una baja absorción del mineral. De hecho, nuestros resultados mostraron que la proporción de mujeres con anemia (22.5%) es mayor a la reportada en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (Gutiérrez et al., 2012) donde se publicó que el 11% de las mujeres no embarazadas de 12 a 49 años tenía anemia. Al dividir la información por grupo de edad, se observó que las mujeres de 30 a 39 y de 40 a 49 años presentaban las prevalencias más elevadas con valores de 13.3% y 16.2%, respectivamente. En Sonora, la misma encuesta reportó una prevalencia de 9.4% en hombres y mujeres de 20 a 59 años, sin especificar la prevalencia correspondiente a cada sexo (INSP, 2013).

El mismo riesgo se ha reportado en vegetarianos estrictos en comparación con personas con dietas típicas sin restricciones. El elevado consumo de fitatos y la relación fitatos:hierro >1 en los vegetarianos afectaba directamente los niveles de hierro en el organismo (Brune et al., 1998).

En cuanto al consumo de favorecedores de la absorción de hierro, se observó que el consumo de proteína de las personas que presentaron niveles normales de hemoglobina fue mayor que las que tenían valores bajos, pero dicho resultado no se encontró con el consumo de vitamina C. Cabe mencionar que el consumo de proteína fue excesivo en el 38 % de las participantes considerando la recomendación de 0.8 g/kg/d, mientras que el de vitamina C fue deficiente en el 65% de las mujeres.

El efecto de la vitamina C como favorecedor de la absorción de hierro fue observado en un estudio experimental en mujeres adultas suplementadas con hierro a diferentes concentraciones. Las que recibieron 3 mg de hierro y vitamina C en una relación molar 1:2 (n=181) presentaron una mayor absorción del mineral comparado con aquellas mujeres que fueron suplementadas con 0.5 mg de hierro y sin vitamina C (n=137) (Mujica-Coopman et al., 2014).

Respecto al zinc es importante señalar que a la fecha no se cuenta con un indicador bioquímico específico del estado nutricional de zinc, por lo que en general se recurre a los niveles plasmáticos o séricos del mineral, así como a los niveles de consumo. Además, es necesario considerar que durante periodos de inflamación los niveles de zinc plasmático pueden disminuir hasta en un 20% (Ghashut et al., 2015; Duncan et al., 2012).

En 1999, en México se reportó una prevalencia de deficiencia de zinc sérico de 30% en mujeres embarazadas y no embarazadas de 12 a 49 años y un porcentaje de adecuación del consumo de zinc de 42.8% (Rivera-Dommarco et al., 2001). En 2006, se observó un aumento de 10% en el consumo de zinc por este grupo etario, pero no se evaluó el nivel sérico (Olaiz-Fernandez et al., 2006).

Si bien la deficiencia severa de zinc es rara, se considera que la deficiencia moderada es causada por el consumo de altas cantidades de fitatos. En el 2005, Rehinhold comparó los niveles de zinc plasmático en personas de la India que consumían pan artesanal contra las que consumían pan comercial. Se observó que las que consumían pan artesanal mostraban niveles más bajos de zinc plasmático, que las que consumían pan comercial. La diferencia se atribuyó al elevado contenido de fitatos en las harinas utilizadas en la elaboración del pan artesanal. Liu et al., (2006), señalaron que la biodisponibilidad de zinc dependerá en gran medida de la composición del grano. Por otra parte Chandyo et al., (2009), observaron el mismo efecto de los fitatos sobre el zinc plasmático al evaluar a mujeres en edad fértil de Nepal, donde se encontró que el zinc proveniente de la dieta no se relacionaba con los niveles de zinc plasmático, mientras que el consumo de fitatos lo hacía negativamente ($r=0.15$, $p=0.003$).

Entre los principales alimentos aportadores de zinc a la dieta de las mujeres de este estudio se encontraron las tortillas de maíz y de trigo. Si bien las tortillas de maíz aportan cantidades importantes de fitatos, el hecho de ser elaboradas con harina fortificada con zinc parece contrarrestar el efecto inhibitorio de la absorción de los fitatos. En general la relación fitatos:zinc no sobrepasó los valores de referencia, de tal manera que la mayoría de las mujeres participantes presentaron una dieta con una relación fitatos:zinc <5 , lo que representa a una dieta con zinc de alta biodisponibilidad. Al respecto, García-Casal et al., (2013), señalaron que las dietas con estas características están compuestas por cereales refinados, con bajo contenido de fitatos, adecuado aporte de proteína y con zinc aportado por alimentos de origen animal, características que en cierta medida están presentes en las dietas del presente estudio.

Otro factor que puede afectar la absorción de zinc es el calcio, que en combinación con el alto contenido de fitatos dietarios favorece la formación de complejos entre calcio, fitatos y zinc que son altamente insolubles (Serralde et al., 2005). En este estudio, a pesar de que el indicador calcio[fitatos:zinc] fue

elevado, no afectó la absorción de zinc ya que como se observó, los niveles plasmáticos del mineral fueron normales.

Por otra parte, se reconoce la influencia positiva de las proteínas en la absorción de zinc, específicamente las proteínas de origen animal sobre el zinc aportado por alimentos vegetales. Kim et al., (2007), consideraron que los aminoácidos liberados durante la digestión de las proteínas animales mantienen el zinc en solución, lo cual tiene un efecto positivo sobre su absorción de zinc. Yoki et al., (2007), observaron el efecto positivo que representa el consumo de carne al señalar que además de aumentar el pool de zinc, las proteína favorecen su absorción.

En general, se puede considerar que el estado nutricional de calcio y zinc de las mujeres participantes fue adecuado a pesar de las deficiencias en el consumo de ambos minerales. El estado nutricional de hierro requiere atenderse desde el punto de vista del consumo del mineral y de los factores que favorecen su absorción a nivel intestinal, ya que la presencia de anemia y depósitos disminuidos de hierro están presentes en una etapa de elevada pérdida de hierro, como lo es la etapa fértil de las mujeres.

CONCLUSION

El contenido de calcio, hierro y zinc de la dieta de la mayoría de las mujeres participantes fue insuficiente y de baja biodisponibilidad.

Aun así, el estado nutricional de calcio, evaluado con la densidad mineral ósea, fue normal; el de zinc fue adecuado considerando que los niveles plasmáticos estuvieron normales, pero las mujeres están en riesgo leve de deficiencia dado su consumo deficiente.

Sobre el estado de nutrición de hierro, la presencia de anemia y de bajas reservas del mineral indican que de no tomarse medidas correctivas en cuanto a elevar el consumo de hierro y de los favorecedores de su absorción, la deficiencia y sus implicaciones permanecerán durante la vida fértil de las mujeres.

REFERENCIAS

- Aguilera-Barriero MA, Rivera-Marquez JA, Trujillo-Arriaga HM, Ruiz-Acosta JM, Rodriguez-García ME. 2013. Impacto de los factores de riesgo en osteoporosis sobre la densidad mineral ósea en mujeres perimenopáusicas de la Ciudad de Querétaro, México. *ALAN.*:63;1.
- AMAI .2004. Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado y Opinión Pública, A.C. Comité de niveles Socioeconómicos. ANFECA, UNAM. Cuestionario para la asignación de nivel socioeconómico a los hogares. México.
- Anderson-Barret J. 1996. Calcium, Phosphorus and Human Bone Development. *J. Nutr.* 1156.
- Bach K., Tetens I, Alstrup A, Thomsen A, Milman N, Hels O, Sandstrom B, Hansen M. 2005. A decrease in iron status in young healthy women after long-term daily consumption of the recommended intake of fibre-rich wheat bread. *European Journal of Nutrition.*, (44); 334-340.
- Bailey R.L. West K.P., Black R.E. 2015. The Epidemiology of Global Micronutrient Deficiencies. *Ann Nutr Metab*;66 (suppl 2):22–33.
- Bartley K., Underwood B., Deckelbaum R. 2005. A life cycle micronutrient perspective for women's health. *Am J Clin Nutr*; (81) 88–93.
- Bonzel KE, John U, Frund S, Klaus G, Stubinger A, Duker G, Querfeld U. 2006. A randomized crossover trial comparing sevelamer with calcium acetate in children with CKD. *Am J Kidney Dis* 47: 625–635.
- Bourges-Rodriguez, H. 2001. La alimentación y la nutrición en México. INNSZ.
- Brune M, Rossander L, Hallberg L. 1998. Iron absorption: no intestinal adaptation to a-phytate diet.
- Cardero-Reyes Y., Sarmiento-Gonzalez R., Selva-Capdesuñer. 2009. A. Importancia del consume de hierro y vitamin c para la prevención de anemia ferropénica. *MEDISAN.*;12(6).

- Cashman KD. 2004 Diet and control of osteoporosis. In: Remacle C, Reusens B, editors. Functional foods, ageing and degenerative disease. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited;83-114.
- Chandyo RK, Strand TA, Mathisen M, Ulak M, Adhikari R, Bjorn JB, Sommerfelt H. 2009. Zinc Deficiency Is Common among Healthy Women of Reproductive Age in Bhaktapur, Nepal. *J. Nutr.* 139: 594–597.
- Clinical Guide to laboratory Test. Edited by N.W. Tietz, 3rd Edition. W.B. Saunders Company, Philadelphia, P.A; 1995.
- Duncan A, Talawar D, McMillan D, Stefanowicz F, O'Reilly D. Quantitative data on the magnitude of the systemic inflammatory response and its effect on micronutrient status based on plasma measurements. *Am J Clin Nutr.* 2012;95:64-71.
- Emaus N, Berntsen G.K.R., Joakimsen R.M. and Fonnebo V. 2005. Longitudinal Changes in Forearm Bone Mineral Density in Women and Men Aged 25–44 Years. *Am J Epidemiol*;162:633–643.
- FAO, Food and Agriculture Organization of United States. Latham M. 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Alimentación y nutrición N° 29.
- García-Casal MN, Landeta M, Baptista GA, Murillo C, Rincon M, Bou R, Bilbao A, Anderson H, García D, Franquiz J, Puche R, García Omar, Quintero Y, Peña-Rosas P. 2013. Valores de referencia de hierro, yodo, zinc, selenio, cobre, molibdeno, vitamina C, vitamina E, vitamina K, carotenoides y polifenoles para la población venezolana. *ALAN*.;63;4.
- Garrow JS, Webster J. 1985. Quetelet's index (W/H²) as a measure of fatness. *Int J Obesity.* 9: 147-53.
- Ghashut R, McMillan D, Kinsella J, Vasilaki A, Talwar D, Duncan A. 2015. The effect of the systemic inflammatory response on plasma zinc and selenium adjusted for albumin. *Clinical Nutrition*.;1;7.
- Gibson R, Bailey K, Gibbs M, Ferguson E. 2010. A review of phytate, iron, zinc, and calcium concentrations in plant-based complementary foods used in low-income countries and implications for bioavailability. *Food and Nutrition Bulletin*.,. vol. 31, no. 2.
- Gibson R., Hess S., Hotz C., Brown K. 2008. Indicators of zinc status at the population level: a review of the evidence. *British Journal of Nutrition*, (3); 14–23.
- Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Franco A, Cuevas-Nasu L, Romero-Martínez M, Hernández-Ávila M.

- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública (MX), 2012.
- Hambidge K. I * and Krebs N. 2007. Zinc Deficiency: A Special Challenge. The Journal of Nutrition; 1101-1107.
- Heaney and Layman. 2008. Amount and type of protein influences bone health Am J Clin Nutr;87(suppl):1567S–70S.
- Heaney RP. 2006. Bone as the calcium nutrient reserve. In: Weaver CM, Heaney RP, eds. Calcium in human health. Totowa, NJ: Humana Press Inc. 7–12.
- Hernandez A. 2010. Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Ed. Médica Panamericana; (2): 132.
- Hunt J., Beiseigel J. 2009. Dietary calcium does not exacerbate phytate inhibition of zinc absorption by women from conventional diets. Am J Clin Nutr; (89):839–843.
- Institute of Medicine, 2010. Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium; Dietary reference intakes for calcium and vitamin D. Washington (DC): The National Academies Press; 2011 Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D.
- Institute of Medicine. 2005. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. National Academy Press. (Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies).
- Institute of Medicine. 1997. Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. . National Academy Press. (Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies).
- Institute of Medicine. 2000. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. National Academy Press. (Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies).
- Institute of Medicine. 2001. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc National Academy Press. (Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies).
- Instituto nacional de perinatología, Hospital general Manuel Gea González, Instituto nacional de ciencias médicas y nutrición Salvador Zubirán. 2000. Encuesta para evaluar el nivel de actividad física de 7 días de la semana.
- Instituto Nacional de Salud Pública. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados por entidad federativa, Sonora. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2013.

- International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG). 2004. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. Hotz C and Brown KH, eds. Food and Nutrition Bulletin 25: S91-S202.
- IOF, International Osteoporosis Foundation. 2006. Conozca y reduzca sus factores de riesgo de osteoporosis. www.iofbonehealth.org/latinoamerica.
- IOF, International Osteoporosis Foundation. 2012. Latin America Audit Mexico. [http://www.iofbonehealth.org/sites/default/files/media/PDFs/Regional%20Audits/2012-Latin_America_Audit-Mexico-ES_0_0.pdf].
- Ito S, Ishida H, Uenishi K, Murakami K, Sasaki S. 2011. The relationship between habitual dietary phosphorus and calcium intake, and bone mineral density in Young Japanese women: a cross-sectional study. *Asia Pac J Clin Nutr* 20 (3):411-417.
- Kahraman O. and ustunol Z. 2011. Effect of zinc fortification on Cheddar cheese quality. *American Dairy Science association*; 2840.
- Kant A.K. and Graubard B.I. 2008. Ethnic and socioeconomic differences in variability in nutritional biomarkers. *Am J Clin Nutr.*;87:1464-71.
- Karunaratne A., Amerasinghe P.H., Sadagopa V.M., Sandstead H.H., Perera P.A. 2008. Zinc, iron and phytic acid levels of some popular foods consumed by rural children in Sri Lanka. *Journal of Food Composition and Analysis.*; (21) 481– 488.
- Kerstetter J., Gaffney E., O'Brien K., Caseria D., Insogna K. 2007. Dietary protein increases intestinal calcium absorption and improves bone balance: An hypothesis *International Congress Series* (7); 204–216.
- Kim J, Paik HY, Joung H, et al. 2007. Effect of dietary phytate on zinc homeostasis in young and elderly women. *J Am Coll Nutr.*;26:1-9.
- Kumar A, Valecha N, Jain T, Dash AP. 2007. Burden of malaria in India: retrospective and prospective view. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*; (6):69–78.
- Lim K, Riddell L, Nowson C, Booth A, Szymlek-Gay E. 2013. Iron and Zinc Nutrition in the Economically-Developed World: A Review. *Nutrients.* (5); 3184-3211.
- Liu Z, Wang H, Zhang X, Chen G, Liu D. 2006. Genotypic and spike positional difference in grain phytase activity, phytate, inorganic phosphorus, iron, and zinc contents in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science* 44; 212–219.
- Lonnerdal B. 2000. Dietary factors in influencing zinc absorption. *J Nutr* (130); 1378–1383.

- López de Romaña D., Castillo D., Díaz Granados. 2010. El zinc en la salud humana *Revista Chilena de Nutrición*, (37); 234-239.
- Ma G., Li Y., Jin Y., Zhai F., Kok FJ., Yang X. 2007. Phytate intake and molar ratios of phytate to zinc, iron and calcium in the diets of people in China. *European Journal of Clinical Nutrition* (61); 368–374.
- Mahan K., Escott-Stump S., Raymond J. 2013. *Krause Dietoterapia*. Elsevier, España; 245-249.
- Matkovic V, Goel PK, Badenhop-Stevens NE, Landoll JD, Li B, Ilich JZ, et al. 2005. Calcium supplementation and bone mineral density in females from childhood to Young adulthood: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*;(81):175–88.
- Miller D., Welch R. 2013. Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition. *FoodPolicy*; (42) 115–128.
- Muir J, Ye C, Bhandari M, Adachi J, Thabane L. 2013. The effect of regular physical activity on bone mineral density in post-menopausal women aged 75 and over: a retrospective analysis from the Canadian multicentre osteoporosis study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 14:253.
- Mujica-Coopman MF, Brito A, Lopez de Romaña D, Pizarro Fernando, Olivares M. 2015. Body mass index, iron absorption and iron status in childbearing age women *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 30 215–219.
- Muñoz-Chacón M, Salces I, Arroyo M, Ansotegui L, Rocandino A, Rebato E. Edad de menarquia e indicadores de adiposidad en universitarias del País Vasco. *Antropo*, 12, 53-61.
- Muthayya S., Hyun-Rah J., Sugimoto J., Roos F., Kraemer K., Black R. 2013. The Global HiddenHungerIndices and Maps: AnAdvocacyToolforAction. *PLoS ONE* (8); 67-70.
- Nadadur S., Srirama K. and Mudipalli A. 2008 Iron transport & homeostasis mechanisms: Their role in health & disease. *Indian J Med Res* 128, October, pp 533-544.
- Naigamwalla D., Webb J., Giger U. 2012. Iron deficiency anemia. *Can Vet J*;(53):250–256.
- National Institutes of Health. National Heart, Lung and Blood Institute. 2012. What's is anemia?,. <https://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/anemia>.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-174-SSA1-1998. Para el manejo integral de la obesidad.

- Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2005, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación.
- Olaiz-Fernández G, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Rojas R, Villalpando-Hernández S, Hernández-Avila M, Sepúlveda-Amor J. 2006. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública.
- Olivares M, Pizarro F, Ruz M. 2007. New insights about iron bioavailability inhibition by zinc. *Nutrition* 23 (2007) 292–295.
- Ortega MI, Quizán T., Morales G., Preciado M. 1999. Cálculo de la ingestión dietaria y coeficientes de adecuación a partir de: registro de 24 horas y frecuencia de consumo de alimentos. *Serie Evaluación del consumo de alimentos*. (1):1-48.
- Paredes-López O, Guevara-Lara F, Bello-Perez L. 2008. La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias*.pp 62-68.
- Peacock M, 2010. Calcium Metabolism in Health and Disease. *Clin J Am Soc Nephrol*.5;s23-s30.
- Quesada J. M., Sosa, M. 2011. “Nutrition and Osteoporosis, Calcium and Vitamin D,” *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, Vol. (3); 165-182.
- Quiles-Izquierdo J, Nohales A, Montoro F, Castelló J, Moral C. 2008. Baja masa ósea y factores ginecológicos asociados en mujeres climatéricas. *REEMO*;17(3):35-43
- Reid I, Bolland M, Grey A. 2013. Effects of vitamin D supplements on bone mineral density: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*.383;9912:146-155.
- Reinhold J. 2005. High phytate content of rural Iranian bread: a possible cause of human zinc deficiency¹2. *The American Journal of Clinical Nutrition*. (24);1204-1206.
- Rivas A, Romero A, Mariscal, Monteagudo C, Hernandez J y Olea-Serrano F. 2009. Validación de cuestionarios para el estudio de hábitos alimentarios y masa ósea. *Nutr Hosp*;24:521-528.
- Rivera Dommarco J, Shamah Levy T, Villalpando Hernández S, González de Cossío T, Hernández Prado B, Sepúlveda J. Encuesta Nacional de Nutrición 1999. Estado nutricional de niños y mujeres en México. Cuernavaca, Morelos, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2001.
- Rosenthal J, Lopez-Pazos E, Dowling N, Pfeiffer C, Mulinare J, Vellozzi C, Zhang M, Lavoie D, Molina R. 2015. Folate and Vitamin B12 Deficiency Among

- Non-pregnant Women of Childbearing-Age in Guatemala 2009–2010: Prevalence and Identification of Vulnerable Populations. *Maternal and child health Journal*. 19;10:2272-2285.
- Sabatier JP, Guaydier-Souquieres G, Benmalek A et al (1999) Evolution of lumbar bone mineral content during adolescence and adulthood: A longitudinal study in 395 healthy females 10–24 years of age and 206 premenopausal women. *Osteoporos Int* 9:476–482
- Sámano R, Rodríguez-Ventura A, Godínez-Martínez E, Rivera B, Medina-Flores M, Sánchez B, Martínez-Rojano H, Ramírez C. 2013. Asociación del consumo de bebidas carbonatadas y descalcificación en mujeres en edad reproductiva y no reproductiva de la Ciudad de México. *Nutr Hosp*.28;5:17-50-1756.
- Serralde A, Pasquetti A, Meléndez G. 2005. Micronutrientes en vegetarianos. *Rev Endocrinol Nutr*. 13(1):33-38.
- Soriano J. 2011. *Nutrición básica humana*. Universitat de València. (1); 467-471.
- Teegarden D, Lyle RM, McCabe GP, Proulx WR, Michon K, Knight AP, Johnston CC, Weaver CM. 1998. Dietary calcium, protein, and phosphorus are related to bone mineral density and content in young women. *Am J Clin Nutr*;68:749-54.
- Thameed A, Muttaquina H, Kazi I. 2012. Carga global materna e infantil de la desnutrición y las deficiencias de micronutrientes. *Ann Nutr Metab*;61(suppl 1):8–17.
- Tuerk M, Fazel N. 2009. Zinc deficiency. *Curr Opin Gastroenterol*. (25):36-43.
- Uenishi K, Ishida H, Toba Y, Aoe S, Itabashi A, Takada. 2007. Y. Milk basic protein increases bone mineral density and improves bone metabolism in healthy young women. *Osteoporos Int*.;18:3.
- Velazquez, G. 2006. *Fundamentos de alimentación saludable: Nutrición y dietética*. Universidad de Antioquia. (2):186.
- Wang L, Nancollas GH, Henneman ZJ. 2006. Nanosized particles in bone and dissolution insensitivity of bone mineral. *Biointerphases* 1: 106–111.
- Weikert C, Walter D, Kurt Hoffman, Kroke A, Bergmann M, Boeing H. 2005. The Relation between Dietary Protein, Calcium and Bone Health in Women: Results from the EPIC-Potsdam Cohort.
- Wessells KR, Brown KH. 2012. Estimating the Global Prevalence of Zinc Deficiency: Results Based on Zinc Availability in National Food Supplies and the Prevalence of Stunting. *PLoS ONE* 7(11): e50568. doi:10.1371/journal.pone.0050568.

- WHO, World Health Organization, FAO, Food and Agriculture Organization. 2006. Zinc, folate, vitamin B12 and other B vitamins, vitamin C, vitamin D, calcium, selenium and fluoride. Guidelines on food fortification with micronutrients , 57.
- WHO, World Health Organization. 2008. Centers for Disease Control and Prevention. In: Bruno de Benoist, Erin McLean, Ines Egli, Mary Cogswell. World wide Prevalence of Anaemia 1993-2005: WHO Global Data base on Anaemia. Geneva.
- WHO, World Health Organization. 2011. Serum Ferritin Concentrations for the Assessment of Iron Status and Iron Deficiency in Populations. Vitamin and Mineral Nutrition Information System. Geneva, Switzerland.
- WHO. World Health Organization .1996. Trace elements in human nutrition and health. Geneva, Switzerland.
- WHO. World Health Organization. 2007. Protein and amino acid requirements in human nutrition. Technical report series 935. Geneva, Switzerland.
- Wyatt J. 1998. Evaluation the composition of the regional diet in Sonora, México: Incidence of colon cancer. ALAN-VE ISSN; 0618-0622.
- Yokoi K, Sandstead HH, Egger NG, et al. 2007. Association between zinc pool sizes and iron stores in premenopausal women without anemia. Br J Nutr.:98;1214-1223.