



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

EL ZINC EN LA NUTRICIÓN HUMANA

**TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

PRESENTA

MAGALLY VARGAS MIRANDA



MÉXICO, D.F.

2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: M. EN C. LUCIA CORNEJO BARRERA
VOCAL: DRA. ILIANA ELVIRA GONZALEZ HERNANDEZ
SECRETARIO: M. EN C. ARGELIA SANCHEZ CHINCHILLAS
1er. SUPLENTE: DRA. LILIANA ROCIO GONZALEZ OSNAYA
2° SUPLENTE: M. EN C. JEANETTE ADRIANA AGUILAR NAVARRO

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

LABORATORIO 4C EDIFICIO A FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

ASESOR DEL TEMA:

M. EN C. LUCIA CORNEJO BARRERA _____

SUSTENTANTE:

MAGALLY VARGAS MIRANDA _____

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO	2
3. DESARROLLO DEL TEMA -----	3
3.1 Química del zinc -----	3
3.1.1 Compuestos inorgánicos -----	3
3.1.2 Compuestos orgánicos -----	4
3.2 Metabolismo -----	4
3.3 Funciones -----	5
3.4 Signos clínicos por deficiencia -----	8
3.4.1 Deficiencia leve -----	9
3.4.2 Deficiencia moderada -----	10
3.4.3 Deficiencia severa -----	11
3.5 Consecuencias fisiológicas y funcionales de la deficiencia de zinc -----	12
3.6 Requerimientos y recomendaciones -----	15
3.7 Toxicidad -----	17
3.8 Fuentes dietéticas -----	19
3.9 Formas químicas para adicionar a los alimentos -----	21
3.10 Biodisponibilidad -----	23
3.11 Adición a productos alimenticios y estabilidad -----	25
4. DISCUSIÓN -----	27
5. CONCLUSIONES -----	32
6. GLOSARIO -----	33
7. BIBLIOGRAFÍA -----	42

Contenido de Tablas y figuras

	Página
Tabla	
1. Ingestas recomendadas de zinc para la población mexicana	--- 16
2. Límites máximos para la ingesta de zinc por etapa de la vida	--- 18
3. Contenido de zinc en alimentos comúnmente consumidos	--- 19
Figura	
1. Presencia de enfermedad en niños que recibieron suplemento con Zinc durante 12 meses y en niños que recibieron Placebo en el mismo periodo. Las diferencias en la presencia de episodios de diarrea son estadísticamente significativas ($p < 0.05$).	--- 13
2. Duración de los periodos de enfermedad en niños que recibieron suplemento con Zinc durante 12 meses y en niños que recibieron Placebo en el mismo periodo. Los valores entre los tratamientos no son estadísticamente diferentes.	--- 13
3. Ingestión, excreción fecal, absorción aparente y balance de Zinc obtenido por 16 mujeres en estudios de balance metabólico con modelos de dieta rural y urbana. Las diferencias en la excreción fecal y absorción son estadísticamente significativas ($p < 0.05$).	--- 24
4. Deficiencia de zinc a nivel mundial	--- 27

1. INTRODUCCIÓN

El zinc se encuentra prácticamente en la totalidad de las células. El músculo esquelético y el hueso contienen el 90% del zinc total del organismo (Freijoso y Cires, 2000). Su cantidad en el individuo adulto oscila entre 1 y 2.5 g, siendo el segundo nutrimento inorgánico en relación a la cantidad total en el organismo, superado tan sólo por el hierro (Sosa, 2001).

Las funciones fisiológicas incluyen el crecimiento, la maduración sexual, división y reproducción celular, adaptación a la oscuridad y visión nocturna, cicatrización de heridas, agudeza del gusto y del olfato. Es importante para el desarrollo óseo, conversión de retinol en retinal y la secreción hepática de proteína fijadora del retinol (Rubio, C. *et al.*, 2007).

Prasad y colaboradores reportaron las primeras manifestaciones de deficiencia de zinc con gran impacto en el crecimiento infantil, encontraron primero en pacientes iraníes y posteriormente en pacientes egipcios un cuadro caracterizado por: anemia, hipogonadismo, enanismo, hepatoesplenomegalia, y geofagia (Prasad, 2012). Al ser comprobada la indispensabilidad del zinc ocurrió una explosión de investigaciones con el fin de establecer el rol que tiene en la salud humana. La deficiencia de zinc ha sido caracterizada como un problema nutricional a nivel mundial (Salgueiro, *et al.*, 2000).

El presente trabajo es una recopilación de la información presentada en libros y artículos publicados en revistas especializadas sobre el zinc que brinda un panorama general de su importancia en la nutrición humana.

2. OBJETIVO

Proporcionar un panorama general y actualizado de la importancia que tiene el zinc en la nutrición humana, mencionando algunos aspectos relevantes sobre este elemento como son: fuentes dietéticas, funciones fisiológicas, efectos causados por deficiencia, toxicidad, formas farmacéuticas, alimentos adicionados, con la finalidad de informar a la población y evitar su deficiencia.

3. DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Química del zinc

El zinc se caracteriza por ser un elemento ampliamente distribuido en la naturaleza sin embargo, representa sólo el 0,012% de la corteza terrestre. En los suelos su concentración media es de 50 mg/kg (Rubio *et al.*, 2007).

3.1.1 Compuestos inorgánicos

En la naturaleza, el zinc está presente sólo en su estado divalente Zn (II). Es de dureza intermedia (maleable a 100-150 °C), sin embargo, se considera un metal muy denso 7.13 g/cm³. Puede reaccionar fácilmente con compuestos inorgánicos para formar una variedad de sales (WHO, 2001).

En la industria se utiliza principalmente contra la corrosión, en un proceso llamado "galvanización" y en la formación de aleaciones de metales.

El óxido de zinc (ZnO) es uno de los compuestos inorgánicos de zinc más conocidos. Se trata de un polvo de color blanco / grisáceo, soluble en ácidos y bases, pero no soluble en agua o alcoholes. Es ampliamente utilizado como pigmento en pinturas, como un absorbente de luz ultravioleta, y como un agente de vulcanización. Otros compuestos comunes son cloruro de zinc (ZnCl₂), sulfato de zinc (ZnSO₄) y nitrato de zinc (Zn(NO₃)₂) muy solubles en agua y alcoholes (Vardatsikos *et al.*, 2013).

3.1.2 Compuestos orgánicos

En contraste con los compuestos inorgánicos de zinc, los compuestos orgánicos de zinc no existen de forma natural en el medio ambiente (WHO, 2001). Pueden separarse en tres grupos principales:

- Haluros (R-Zn-X), donde X es cualquier halógeno.
- Moléculas orgánicas (R-Zn-R), siendo R un grupo alquilo o arilo.
- Compuestos de magnesio o litio ($M^+R_3Zn^-$), donde M es litio o magnesio.

3.2 Metabolismo

El 90% del zinc total del organismo está contenido en el músculo esquelético y el hueso; sin embargo, éstos no actúan como reservorios, pues solo lo liberan cuando existe recambio de estos tejidos más que por requerimientos del nutrimento. En el músculo, el encéfalo, los pulmones y el corazón, las concentraciones de zinc son relativamente estables y no responden a las variaciones del contenido del nutrimento inorgánico en la dieta. En otros tejidos como el hueso, los testículos y la sangre, la concentración tiende a reflejar la ingesta dietética. También existen elevadas concentraciones en la coroides del ojo, la piel, el cabello y la próstata, mientras que en el plasma solo se encuentra del 0.1 al 0.5%, lo que permite afirmar que es un catión intracelular. Debe destacarse la inexistencia de reservas y sus niveles están bajo un estricto control homeostático (Torres y Bahr, 2004).

Los inhibidores de la absorción de zinc son fundamentalmente los fitatos, los oxalatos, la hemicelulosa, el calcio, el hierro y el cobre. La absorción puede facilitarse por la presencia de proteína animal e histidina y ocurre a lo largo del intestino delgado. Hay estudios que

sugieren que la absorción a este nivel puede variar en función de diferentes tipos de alimentos y del estado nutricional del organismo en relación con el nutrimento inorgánico (De la Guarda Peña *et al.*, 2011).

Una vez absorbido, la albúmina plasmática transporta rápidamente al zinc y este se concentra en el hígado, al que llega por la circulación. A través del plasma se realiza la distribución a los tejidos extrahepáticos donde se encuentra aproximadamente el 10-20% del zinc total del organismo; un tercio se encuentra unido con la albúmina y dos tercios estrechamente unido con las globulinas (Torres y Bahr, 2004).

3.3 Funciones

La distribución del zinc en las células, junto al hecho de que es el nutrimento inorgánico intracelular más abundante, hace que sea utilizado como un cofactor en enzimas, más que cualquier otro ión metálico de transición. Posee funciones catalíticas y estructurales. Los iones de zinc (II) tienen un papel en la transferencia de información y control celular (Wolfgang, 2012).

Está involucrado en la síntesis y liberación de neurotransmisores y en el desarrollo y funciones del sistema nervioso central (Sandstead y Lofgren, 2002). Un adecuado estado nutricional de zinc en algunas etapas de rápido crecimiento como la preadolescencia y la adolescencia es esencial para el desarrollo sexual pleno (Golub *et al.*, 2000).

También desempeña funciones estructurales en algunas metaloproteínas. Por ejemplo; la enzima citosólica superóxido dismutasa-CuZn, en la que el cobre asume función catalítica mientras que el zinc ejerce las estructurales. El zinc se une a un complejo tetraédrico con cuatro cisteínas tomando una disposición estructural que

se conoce como asas de zinc, de suma importancia pues se han localizado en muchos receptores de membrana y en factores de transcripción.

Las proteínas con asas de zinc han cobrado interés por constituir objetivos potenciales para terapéuticos farmacológicos, además de estar involucradas en la función de la membrana celular.

Es importante en la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos y en la división celular. Las nucleoproteínas lo contienen en mayor cantidad y éstas probablemente estén involucradas en la expresión genética de varias proteínas, lo que constituye la función reguladora (Torres y Bahr, 2004)

Las células mediadoras en las funciones inmunes decrecen en las deficiencias de zinc (Torres y Bahr, 2004). Puede ejercer una acción moduladora sobre aspectos específicos de la respuesta inmune tanto *in vivo* como *in vitro* (De la Guarda Peña *et al.*, 2011).

Es esencial en el mantenimiento de las estructuras de las apoenzimas, puede tener diversos roles en las funciones bioquímicas y hormonales de varios sistemas endocrinos, estando involucrado en la modulación de la secreción de prolactina e insulina (Wellinghausen N, 2001; Torres y Bahr, 2004).

El zinc induce la formación de un dímero de la hormona de crecimiento, de tal manera que dos iones de zinc forman una unión cooperativa en cada dímero de la hormona, la cual es fundamental para el almacenamiento de la hormona de crecimiento en el gránulo secretor (De la Guarda Peña *et al.*, 2011).

Juega un papel importante en el desarrollo del sistema esquelético. El retardo del crecimiento óseo es un hallazgo común en varias afecciones asociadas con deficiencia de zinc, pues éste tiene un efecto estimulante en la formación y mineralización de los huesos y su función primordial es facilitar el depósito de calcio en la diáfisis del hueso.

El zinc es necesario para la actividad de la fosfatasa alcalina, enzima producida principalmente por los osteoblastos y cuya función primordial es facilitar el depósito del calcio sobre la matriz ósea. La administración de zinc produce un aumento significativo en la actividad de la fosfatasa alcalina ósea y en el contenido de ADN del hueso. Los efectos benéficos de la administración de la vitamina D3 sobre la actividad de la fosfatasa alcalina aumentan en forma sinérgica con un tratamiento simultáneo con zinc (Prasad, 2009).

La concentración de zinc en los órganos genitales masculinos y en el semen humano es significativamente más alta que en otros fluidos y tejidos corporales. Está demostrado que la deficiencia de zinc afecta el tamaño del testículo. Juega un papel importante en el desarrollo normal testicular, espermatogénesis y motilidad espermática (Rodríguez *et al.*, 2008).

El zinc también es muy importante para la función reproductora femenina y resulta necesario para el proceso normal de ovulación y fertilización. La deficiencia de este nutrimento inorgánico durante el embarazo se acompaña de un aumento de morbilidad materna, toxemia relacionada con el embarazo, aborto espontáneo, gestación prolongada o nacimiento prematuro, trabajo de parto insuficiente, hemorragia por atonía, aumento del riesgo de malformaciones fetales y retardo del crecimiento intrauterino. Estos diversos efectos del zinc pueden

explicarse por sus diferentes procesos sobre el metabolismo de los esteroides sexuales, junto con el de las prostaglandinas (Prasad, 2012).

El suministro de zinc es necesario para el buen funcionamiento del epitelio intestinal, la reparación de los tejidos lesionados, mejorar la absorción de sodio y agua (Rodríguez *et al.*, 2008). Se considera indispensable para la utilización adecuada y normal metabolismo de la vitamina A, en dos etapas diferentes: para la síntesis de la retinol deshidrogenasa y en la síntesis de la Retinol Binding Protein (RBP) (Zago *et al.*, 2011).

Además, el zinc juega un papel importante en la acción de la enzima 5 α -reductasa, que es necesaria para la conversión de testosterona en la forma biológicamente activa, 5 α -dehidrotestosterona (DHT) (Rodríguez *et al.*, 2008).

3.4 Signos clínicos por deficiencia

Desde el descubrimiento de la deficiencia de zinc en seres humanos, está claro que es muy extendida en todo el mundo y puede ser incluso tan común como la anemia por deficiencia de hierro (Sandstead y Lofgren, 2002).

Estudios experimentales en animales y humanos indican que la deficiencia de zinc afecta negativamente el desarrollo intelectual y sexual (Salgueiro *et al.*, 2002).

La deficiencia de zinc en humanos se notificó por primera vez en Egipto durante los años sesenta. El fenómeno se presentaba en adolescentes del sexo masculino con enanismo originado por un mal estado de nutrición y se caracterizaba por un retraso muy importante en el crecimiento y en la maduración sexual. Posteriormente, se demostró

que los afectados respondían favorablemente al tratamiento con zinc (Sandstead *et al.*, 2008).

En contraste con la presencia sintomatológica de la deficiencia de otros nutrimentos inorgánicos importantes para la salud, la provocada por la deficiencia de zinc no es única ni característica. Dado que el zinc participa en muchas facetas diferentes de la biología, los efectos de su deficiencia son sutiles pero a la vez significativos e importantes (Prasad, 2012).

En la actualidad son raros los casos de deficiencia severa de zinc sin embargo, la deficiencia moderada ha sido ampliamente notificada, siendo los niños menores y mujeres durante el embarazo y lactancia, los grupos más afectados.

Las manifestaciones clínicas de la deficiencia de zinc son, en último término, el resultado de una alteración de su metabolismo, de sus funciones bioquímicas o de ambas.

Entre las causas de deficiencia se tienen desnutrición, alcoholismo, mala absorción, quemadura extensa, cirrosis del hígado, enfermedades crónicas debilitantes, enfermedad renal crónica, el uso de ciertos diuréticos, el uso de agentes quelantes como la penicilamina para la enfermedad de Wilson, desórdenes genéticos como la acrodermatitis enteropática y la sicklemlia (Wellinghausen N, 2001).

3.4.1 Deficiencia leve

El diagnóstico de la deficiencia leve de zinc en el hombre es difícil, ya que produce síntomas clínicos inespecíficos, atribuibles a otros procesos o estados del organismo (Torres y Bahr, 2004).

La deficiencia crónica leve puede manifestarse por alteraciones de la función inmune y por un descenso de la velocidad o de la calidad del crecimiento en los niños y adolescentes (Sandstead *et al.*, 2008).

En varones se observa disminución del nivel de testosterona en suero y la oligospermia, disminución de la masa magra corporal, hiperamonemia, cambios neurosensoriales, anergia, disminución de la timulina (hormona del timo) envuelta en la maduración de los linfocitos T y disminución de la actividad de la interleucina (IL-2) (Prasad, 2012).

3.4.2 Deficiencia moderada

Las manifestaciones de la deficiencia moderada de zinc incluyen retraso del crecimiento e hipogonadismo masculino en los adolescentes, la piel áspera, falta de apetito, letargo mental, retraso en la cicatrización, disfunciones inmunes mediadas por células y cambios anormales neurosensoriales (Prasad, 2009).

El hipogonadismo masculino podría producirse por deterioro de la acción del factor inhibidor mulleriano necesario para la diferenciación testicular, efecto que el zinc puede revertir o por reducción de la síntesis y actividad de la testosterona, acciones dependientes del zinc. La deficiencia de zinc interfiere con el desarrollo normal en varones por supresión de la producción de andrógenos (Prasad, 2009).

Lo anterior se relaciona con la función de receptores de las hormonas esteroideas, los cuales contienen un complejo de asas de zinc que funciona como factores de transcripción de los dominios fijadores de ADN. Dicho complejo constituye una estructura en donde el átomo de zinc es indispensable para la fijación del ADN, al estar conectado de manera tetrahédrica con cisteínas e histidinas; por lo tanto, la

deficiencia de zinc puede limitar la función de los receptores para hormonas esteroideas y, por consiguiente, reducir la acción de los esteroides (Masayuki, *et al.*, 2002).

Estos efectos de la deficiencia de zinc sobre el desarrollo sexual pueden ser secundarios o no al retardo en el crecimiento. El incremento en los requerimientos energéticos durante el pico puberal puede evidenciar diferentes grados de deficiencia de zinc, entre otros nutrimentos inorgánicos, y desencadenar cambios negativos en el desarrollo puberal. Las alteraciones en la composición corporal también son un rasgo característico de la deficiencia de zinc. Se ha descrito en varias ocasiones que los varones son más sensibles que las niñas a la deficiencia de zinc, probablemente debido a sus mayores requerimientos. (Prasad, 2009).

La deficiencia moderada causa oligospermia e impotencia en hombres tan sólo a las 30 semanas de consumir una dieta con solo 4 mg de zinc/día. Estas afecciones fueron corregibles con suplementación de este nutrimento inorgánico (Sandstead y Lofgren, 2002).

3.4.3 Deficiencia severa

La aparición de una deficiencia grave de zinc es rara y se asocia sobre todo a prácticas dietéticas anormales o a enfermedades, en especial a trastornos hepáticos y gastrointestinales asociados con mala absorción del metal. Esta condición puede ser fatal cuando no es tratada adecuadamente.

Los signos evidentes por deficiencia severa de zinc son: afectaciones en la piel, retraso del crecimiento, depresión de la función inmune, anorexia, dermatitis, alteraciones de la capacidad reproductora

(anomalías congénitas, evolución desfavorable de la gestación y disfunción gonadal), anomalías esqueléticas, diarrea, alopecia, defectos de cicatrización, alteraciones de la agudeza del gusto y trastornos de la conducta, blefaritis, estomatitis, glositis, hepato-esplenomegalia, hipogonadismo, hipofunción testicular, *rash* cutáneo (Freijoso y Cires, 2000; Torres y Bahr, 2004).

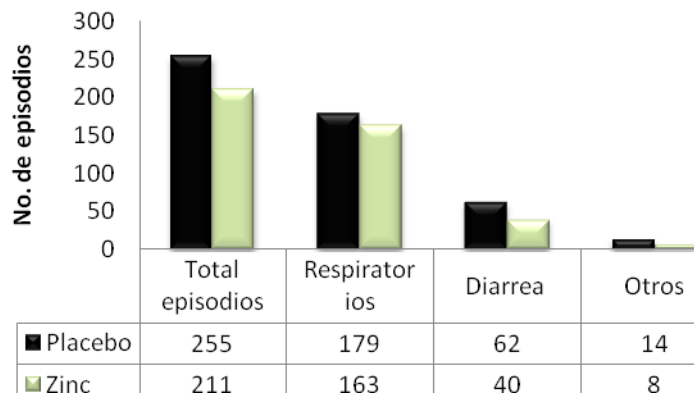
3.5 Consecuencias fisiológicas y funcionales de la deficiencia de zinc

Algunos de los efectos del zinc sobre la función inmune son mediadas a través de la liberación de glucocorticoides, disminución de la actividad de la timulina y propiedades antioxidantes. En términos de inmunidad no específica, afecta a la integridad de la barrera epitelial y la función de los neutrófilos, monocitos y macrófagos. Con respecto a la inmunidad específica, la función de linfocitos, así como alteraciones en el equilibrio de las poblaciones de células T y la producción de citoquinas. Alteraciones en la homeostasis del zinc se han relacionado con el Parkinson, el Alzheimer, isquemia cerebral transitoria, ataques de apoplejía y daños cerebrales (Fraker *et al.*, 2000; Sandstead *et al.*, 2008).

En México se evaluó el efecto del consumo de zinc sobre la presencia de enfermedades infecciosas en la población infantil. Rosado y colaboradores evaluaron el efecto de la suplementación con 20 mg/día de zinc durante un año, en niños de una comunidad rural del Estado de México, que presentaban diarrea, enfermedades respiratorias y otro tipo de padecimientos. En el grupo al cual se le administró zinc se encontró una disminución de 17% en la presentación de episodios de enfermedad en comparación con el grupo placebo; el efecto fue marginal en cuanto a enfermedades respiratorias, pues se encontró una reducción de 9%,

pero fue más evidente en la presencia de padecimientos diarreicos, ya que la administración de zinc causó una disminución significativa de 35% en los mismos (ver Figura 1) (Rosado, *et al.*, 1997).

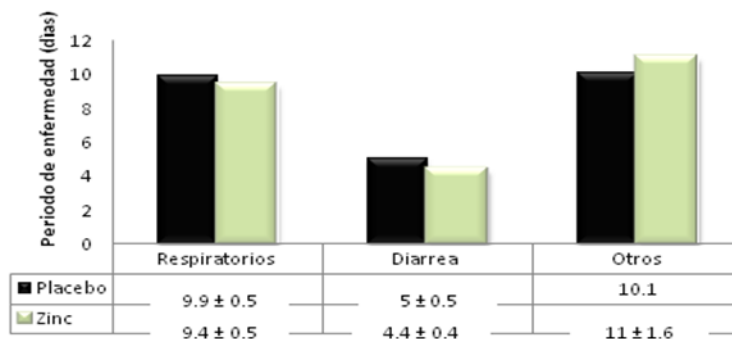
Figura 1. Presencia de enfermedad en niños que recibieron suplemento con Zinc durante 12 meses y en niños que recibieron placebo en el mismo periodo. Las diferencias en la presencia de episodios de diarrea son estadísticamente significativas ($p < 0.05$).



FUENTE: Rosado *et al.*, 1997

Aunque la suplementación con zinc causó una reducción en los episodios de enfermedad, especialmente en el caso de los padecimientos diarreicos, no afectó la duración de los mismos (ver Figura 2).

Figura 2. Duración de los periodos de enfermedad en niños que recibieron suplemento con Zinc durante 12 meses y en niños que recibieron Placebo en el mismo periodo. Los valores entre los tratamientos no son estadísticamente diferentes.



FUENTE: Rosado *et al.*, 1997

En México la deficiencia de nutrimentos en niños entre 6 y 24 meses de edad son un importante problema de salud pública. Estos incluyen, entre otros, problemas de desarrollo psicomotor, disminución de la capacidad de trabajo, la respuesta inmunológica disminuida y retraso del crecimiento. Del mismo modo, la deficiencia de zinc leve tiene una influencia negativa en el crecimiento y el desarrollo y aumenta el riesgo de diarrea y las infecciones respiratorias agudas (Duque *et al.*, 2007).

Duque y colaboradores realizaron un estudio en 2007 cuya finalidad fue determinar la prevalencia de la anemia y deficiencia de hierro, ácido fólico y zinc en niños mexicanos de 2 años de edad que utilizan los servicios de salud proporcionados por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

El tamaño de la muestra fue diseñada para ser representativa, dividida en cuatro regiones, es decir, Norte, Centro, Sur y Ciudad de México (que incluye el Distrito Federal y algunos municipios del Estado de México), beneficiarios de Régimen Regular (RR) y el IMSS-Oportunidades (IO). Los datos para este estudio fueron recogidos entre mayo de 2000 y noviembre de 2001, en una serie de entrevistas estructuradas, se recopiló información sobre la situación socioeconómica, el peso al nacer, el tamaño y la edad gestacional, la alimentación complementaria, medidas antropométricas, nutricionales y desarrollo psicomotor, así como las muestras biológicas (3 mL de sangre venosa).

La prevalencia de concentraciones bajas de zinc sérico fue de 27.9% en RR y el 13.4% en IO ($p = 0,005$). El centro del país tiene la mayor prevalencia de baja concentración de zinc, tanto en RR (32.4%) como en IO (29.9%). Aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas en la prevalencia de concentraciones bajas de zinc por región en RR, se encontró una diferencia estadísticamente significativa

en IO, la prevalencia más alta se encuentra en el centro (29.9%) y la menor en el sur (10.4%) (Duque *et al.*, 2007).

Tomando en consideración que estudios previos demuestran el riesgo de deficiencia de zinc en la dieta de niños mexicanos, Sandstead y colaboradores realizaron un estudio en 36 niños y 18 niñas mexicano-americanos, con edades entre 6 y 7 años de 4 escuelas primarias de los distritos de bajos ingresos de Brownsville Texas, que se encuentra en la orilla norte del río Bravo frente a Matamoros, México.

Se trabajaron dos grupos. Al primero se le administró 20 mg de zinc (como sulfato) y diversos nutrimentos (cobre, selenio, yodo, flúor, manganeso, molibdeno, cromo, vitaminas A, D, K, E, B-1, B-2, B-6, niacina, ácido fólico y vitamina B-12), al otro grupo sólo se le administró la mezcla de nutrimentos, en el desayuno y almuerzo 5 días por semana durante 10 semanas. Se concluyó que el zinc es altamente eficaz cuando se suministra con otros nutrimentos inorgánicos, por lo que un aumento en el contenido de nutrimentos del programa de desayuno y el almuerzo escolar sería apropiado. (Sandstead *et al.*, 2008).

3.6 Requerimientos y recomendaciones

Las recomendaciones de nutrimentos (RDA = Recommended Dietary Allowance o IDR = Ingesta Diaria Recomendada) se establecen de acuerdo al criterio de los comités nacionales e internacionales con base en los conocimientos científicos, estos niveles cubren las necesidades conocidas de prácticamente todas las personas sanas (alrededor del 97.5% de la población). Los valores de IDR se fijan en función de la edad, sexo y situación fisiológica.

Los requerimientos de zinc se establecen mediante estudios de balance o midiendo las pérdidas de zinc endógeno, teniendo en cuenta que la absorción no es completa. Las pérdidas endógenas en seres humanos oscilan entre los 1.3 y 4.6 mg/día (NRC, 2001).

Tabla 1. Ingestas recomendadas de zinc para la población mexicana

<i>Grupo de edad</i>	<i>Zn (mg / día)</i>	<i>Grupo de edad</i>	<i>Zn (mg / día)</i>
Lactantes		Mujeres	
0 - 6 meses	2	9 - 13 años	8
7 - 12 meses	3	14 - 18 años	9
Niños		19 - >70 años	8
1 - 3 años	3	Embarazo	
4 - 8 años	5	≤ 18 años	12
Hombres		19 - 50 años	11
9 - 13 años	8	Lactancia	
14 - >70 años	11	≤ 18 años	13
		19 - 50 años	12

FUENTE: Rubio *et al.*, 2007

Como se observa en la tabla 1, la ingesta recomendada de zinc para un adulto se sitúa en 8 mg/día para las mujeres y 11 mg/día para los hombres. Durante la gestación y la lactancia las necesidades se elevan a 11-12 mg/día y 12-13 mg/día, respectivamente, debido a las pérdidas endógenas.

Durante el tercer trimestre de vida la exigencia fisiológica de zinc es de aproximadamente dos veces más debido a que parte de este requisito es cubierto por la involución del útero después del parto y de la resorción ósea (FAO/WHO 2002).

3.7 Toxicidad

El zinc es el menos tóxico de todos los nutrimentos inorgánicos, y su margen de seguridad (diferencia entre la dosis tóxica y la dosis recomendada) es muy amplio. El nivel más alto de la ingesta diaria de zinc no supone un riesgo o efectos adversos sobre la salud de casi todos los individuos es de 40 mg/día (NRC, 2001).

Se ha demostrado que en hombres con un elevado consumo de suplementos de zinc produce un riesgo significativamente mayor de cáncer avanzado de próstata, así como la inhibición de los efectos beneficiosos de los biofosfonatos, el incremento de los niveles de testosterona, incremento de colesterol, reducción de los niveles de HDL (High Density Lipoprotein Cholesterol) y puede fomentar una disfunción inmune (Moyad MA, 2004).

La alta ingesta de zinc genera síntomas evidentes de toxicidad, tales como náuseas, vómitos, dolor epigástrico, diarrea, letargo y la fatiga. Aproximadamente 225-450 mg de zinc pueden producir vómitos inmediatos en adultos. La exposición a corto plazo a niveles muy altos de zinc contaminante (> 300 ppm) a partir del almacenamiento inadecuado de alimentos o bebidas en vasos de galvanizado ha causado gastroenteritis aguda (Hotz y Brown, 2004).

El SC IZiNCG (International Zinc Nutrition Consultative Group), junto con FNB (Food and Nutrition Board) y el IOM (Institute of Medicine), señalan como límite superior 40 mg/día de zinc para los adultos, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Límites máximos para la ingesta de zinc por etapa de la vida

WHO		FNB / IOM		IZiNCG	
Edad / Sexo	Límite superior (mg / día)	Edad / Sexo	Límite superior (mg / día)	Edad / Sexo	Sin efecto adverso observado (mg / día)
0 - 6 meses	-	0 - 6 meses	4	0 - 5 meses	-
7 - 12 meses	13	7 - 12 meses	5	6 - 11 meses	6
1 - 3 años	23	1 - 3 años	7	1 - 3 años	8
3 - 6 años	23	4 - 8 años	12	4 - 8 años	14
6 - 10 años	28				
10 - 12 años M	34	9 - 13 años	23	9 - 13 años	26
10 - 12 años F	32				
12 - 15 años M	40				
12 - 15 años F	36				
15 - 18 años M	48	14 - 18 años M	34	14 - 18 años M	44
15 - 18 años F	38	14 - 18 años F	34	14 - 18 años F	39
≥ 19 años M	45	≥ 19 años M	40	≥ 19 años M	40
≥ 19 años F	35	≥ 19 años F	40	≥ 19 años F	40

FUENTE: Hotz y Brown, 2004

Es probable que los límites máximos propuestos por la FNB y el OIM para los niños pequeños (<3 años de edad) sean inapropiadamente bajos, debido a que el límite máximo de la dosis diaria recomendada de zinc y el límite superior es más bien estrecha, sólo 0-5 mg de zinc al día, dependiendo de la edad y el tipo de dieta (Hotz y Brown, 2004).

Salzman y colaboradores reportaron un caso de intoxicación de un individuo de 17 años que durante 6-7 meses tomó elevadas dosis diarias de zinc en forma de suplementos y que desarrolló una hipocupremia con anemia, leucopenia y neutropenia (Salzman *et al.*, 2002). Esta anemia inducida por una hipocupremia por un exceso de zinc también, además de un nefrosis, se observa en otro caso de ingesta elevada de zinc (concretamente 2 mg de gluconato de zinc durante 12 meses) (Hein MS, 2003). En ambos casos los efectos tóxicos remitieron al suprimir las ingestas de zinc.

En estudios de citotoxicidad *in vitro*, el zinc produce detrimento de los niveles de glutatión reducido y un incremento de los niveles de la forma oxidada del glutatión. A niveles elevados, produce muerte celular debido a que en primer lugar es capaz de generar especies reactivas de oxígeno y en segundo lugar a que activa la cascada de la MAP-cinasa (Walther *et al.*, 2004; Daniels *et al.*, 2004).

3.8 Fuentes dietéticas

El zinc se encuentra en una amplia variedad de alimentos, pero las mayores concentraciones de zinc se dan en alimentos de origen animal, particularmente en los órganos y músculos de vacunos, porcinos, aves, pescados y mariscos, en menor medida en huevos y lácteos. El contenido de zinc es relativamente alto en nueces, semillas, leguminosas y cereales sin refinar y es bajo en tubérculos, cereales refinados, frutas y verduras (tabla 3).

Tabla 3. Contenido de zinc en alimentos

Grupos de alimentos	Contenido de zinc	
	mg/100 g	mg/100 kcal
Hígado, riñón	4.2 - 6.1	2.7 - 3.8
Carne	2.9 - 4.7	1.1 - 2.8
Aves	1.8 - 3.0	0.6 - 1.4
Pescado, mariscos	0.5 - 5.2	0.3 - 1.7
Huevos	1.1 - 1.4	0.7 - 0.8
Lácteos	0.4 - 3.1	0.3 - 1.0
Semillas, nueces	2.9 - 7.8	0.5 - 1.4
Cereales no refinados	0.5 - 3.2	0.4 - 0.9
Cereales refinados	0.4 - 0.8	0.2 - 0.4
Pan	0.9	0.3
Tubérculos	0.3 - 0.5	0.2 - 0.5
Vegetales	0.1 - 0.8	0.3 - 3.5
Frutas	0 - 0.2	0 - 0.6

FUENTE: López *et al.*, 2010

De acuerdo a los datos reportados por la FAO, las carnes rojas, cereales integrales y leguminosas ofrecen las mayores concentraciones de zinc. Los cereales y el arroz tienen un contenido de zinc moderado. Se observa que con el procesamiento de los cereales se pierde una cantidad importante en la porción no comestible, su contenido se puede ver reducido desde un 20 a un 80%. Raíces y tubérculos, vegetales de hoja verde y frutas son fuente modesta de zinc. Las grasas, aceites, el azúcar y el alcohol tienen un contenido muy bajo de zinc (FAO/WHO 2002).

López y colaboradores realizaron un estudio en el que se determinó el contenido de nutrimentos inorgánicos (zinc, hierro y cobre) en los alimentos de mayor consumo en México.

De este estudio se concluyó que en alimentos de origen animal destaca el alto contenido de zinc en carnes rojas: 9.193 mg / 100 g en la carne de res y 4.591 mg / 100g en la carne de puerco con hueso, a diferencia de la carne de pollo con sólo 0.898 mg / 100g o el atún con 0.456 g / 100 g. El contenido de zinc en la fresa fue de 0.018 mg/100g, siendo una de las frutas con menor contenido de este nutrimento inorgánico. Este elemento se encuentra menos biodisponible en las fuentes de origen vegetal debido a la presencia de cantidades considerables de ácido fítico, el cuál es un secuestrante de nutrimentos inorgánicos (López *et al.*, 2010).

Se debe tener una especial consideración con las personas vegetarianas, ya que para ellas los cereales son la principal fuente de este nutrimento, y por tanto el consumo de zinc es menor que en las que no las siguen (NRC, 2001). Las frutas, leguminosas y verduras son fuente modesta de zinc por su contenido de factores antinutricionales. Otros factores limitantes de zinc en los alimentos son el procesamiento de los mismos

y la presencia simultánea a nivel intestinal de distintos iones con acción competitiva por transportadores comunes como hierro, cobre, calcio y cadmio.

Un estudio realizado por McKenna y colaboradores mostró que la adición de calcio a una comida o fórmula infantil no afecta negativamente la absorción de zinc, aunque existe otro estudio realizado por Wood y colaboradores en el que se encontró que la ingesta elevada de calcio a través de suplementos reduce la absorción neta de zinc. Por otro lado, la cantidad de calcio en la dieta podría afectar la absorción de zinc en condiciones donde se ingieren comidas que contienen fitato, debido a la formación de complejos entre calcio, fitato y zinc que son altamente insolubles (McKenna *et al.*, 1997; Wood *et al.*, 1997; López *et al.*, 2010).

Con respecto al hierro, su ingesta en relaciones molares hierro: zinc mayores a 2.5 inhiben la absorción de zinc cuando ambos nutrimentos inorgánicos se dan como una solución acuosa. Sin embargo, este efecto no se duplica si ambos se ingieren en una comida (López *et al.*, 2010). Una revisión del efecto de la interacción del hierro y zinc en los parámetros bioquímicos y funcionales en intervenciones de suplementación concluyó que no hay evidencia de un efecto adverso de la suplementación con hierro en los indicadores bioquímicos de zinc y que la suplementación conjunta de hierro y zinc tampoco parece tener un efecto negativo en zinc sérico (Fischer *et al.*, 2005).

3.9 Formas químicas para adicionar a los alimentos

La FDA (Food and Drug Administration) ha considerado, independientemente de la biodisponibilidad de los mismos, a cinco compuestos de zinc como GRAS (Generally Recognized As Safe:

generalmente reconocido como seguro) para ser adicionados en productos alimenticios: óxido de zinc, sulfato de zinc, citrato de zinc, cloruro de zinc y gluconato de zinc (Monteiro y Boccio, 2004).

En los países industrializados el óxido de zinc es ampliamente utilizado en la industria de cereales. Este es un polvo blanco de bajo precio, que no causa problemas sensoriales cuando es agregado en cantidades pequeñas a alimentos sólidos (3 mg/kg). Sin embargo, este compuesto posee una baja biodisponibilidad, lo que lo convierte en un compuesto poco útil desde un punto de vista nutricional. Los compuestos inertes como el óxido de zinc pueden precipitar, depositándose en el fondo del recipiente, por lo cual no son ingeridos adecuadamente, además de poseer una biodisponibilidad muy limitada (Salgueiro J, *et al.*, 2000).

El sulfato de zinc se absorbe mejor que el óxido de zinc, pero es más costoso, además de producir cambios en las características sensoriales del alimento. También se ha observado que dependiendo de la dosis este compuesto puede provocar náuseas.

A pesar de ser bien absorbido, el citrato de zinc ha sido utilizado con poco éxito, debido a que posee un sabor muy fuerte, difícil de enmascarar, razón por la cual resulta ser un compuesto poco útil para ser utilizado en la industria alimentaria (Salgueiro *et al.*, 2002).

El gluconato de zinc estabilizado con glicina ha sido utilizado ampliamente por la industria láctea de Argentina y en Australia para diferentes jugos de frutas. Este compuesto tiene importantes características ya que además de poseer una adecuada biodisponibilidad, no produce cambios en las características sensoriales de los alimentos lo que lo convierte en un compuesto útil tanto desde un

punto de vista nutricional como tecnológico-industrial (Salgueiro *et al.*, 2000).

3.10 Biodisponibilidad

La biodisponibilidad es la eficiencia en la absorción y utilización de cierto nutrimento en el organismo. Los factores que afectan la biodisponibilidad de zinc pueden ser tanto nutricionales como por ciertas enfermedades (p.ej. diarrea, acrodermatitis enterohepática). El zinc en las mejores circunstancias es absorbido solo de un 20 – 40% (Rubio *et al.*, 2007).

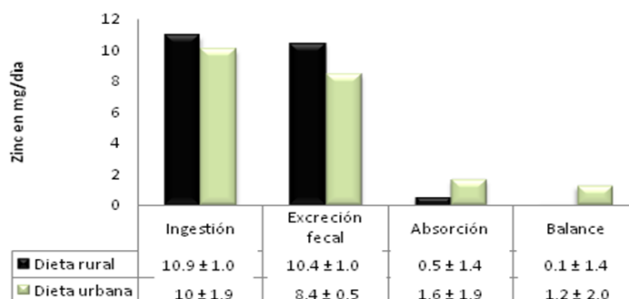
Factores antinutricionales en alimentos vegetales (concentraciones altas de fibra, fitatos, oxalatos y taninos) disminuyen la biodisponibilidad del zinc.

La biodisponibilidad de zinc es mayor en los alimentos de origen animal, facilitando su absorción la presencia de sustancias orgánicas solubles de bajo peso molecular como aminoácidos e hidroxácidos al actuar como ligandos; también la favorecen los ácidos grasos, el citrato, picolinato, glutatión reducido y las prostaglandinas (Hernández e Izquierdo, 2000; Lonnerdal B, 2000; Rubio *et al.*, 2007).

En México la contribución de los alimentos de origen animal a la dieta es muy limitada, en particular en la población rural y en la marginal urbana cuya dieta básicamente son el maíz y el frijol, adicionados con cantidades variables de verduras y frutas. En relación con las fibras dietéticas, se ha sugerido que las insolubles, como la celulosa y la lignina (que se encuentran sobre todo en los cereales), contribuyen a disminuir la absorción del zinc (Rosado y Díaz, 1995).

Con el objeto de evaluar la absorción de zinc en las dietas que se consumen en México, Rosado y colaboradores, diseñaron modelos de dietas rural y urbana, ambas representativas del consumo habitual de alimentos en dichas zonas del país de acuerdo con los resultados de las encuestas nacionales de alimentación (Rosado, 1998). Con ambas dietas se determinó el contenido, la absorción y la utilización de zinc mediante estudios de balance realizados en 16 mujeres en edad reproductiva.

Figura 3. Ingestión, excreción fecal, absorción aparente y balance de Zinc obtenido por 16 mujeres en estudios de balance metabólico con modelos de dieta rural y urbana. Las diferencias en la excreción fecal y absorción son estadísticamente significativas ($p < 0.05$).



FUENTE: Rosado *et al.*, 1997

Como puede observarse en la figura 3, la ingestión de zinc fue muy similar con ambas dietas; sin embargo, 96% del zinc ingerido se excreta en las heces con la dieta rural, mientras que con la urbana es de 84%. La cantidad absorbida de zinc fue tres veces mayor con la dieta urbana que con la rural, y el balance fue doce veces mayor. Estos resultados demuestran que la dieta que se consume normalmente en las zonas rurales de México posee una baja biodisponibilidad del zinc, y que esta disminución en la absorción y en la retención del nutrimento puede ser un mecanismo que ocasione deficiencia de zinc en una porción importante de la población nacional (Rosado *et al.*, 1997).

3.11 Adición a productos alimenticios y estabilidad

La adición de nutrimentos a productos alimenticios, bebidas o condimentos en un nivel superior al encontrado en el alimento originalmente, normalmente se considera como una estrategia costo-efectiva para mejorar el estado de nutrición de una población.

Para la adición de nutrimentos a productos alimenticios es necesario seleccionar un vehículo que sea consumido en cantidades constantes por la población vulnerable, seleccionar la forma química y cantidad del compuesto a ser añadido, realizar estudios sensoriales para determinar la aceptabilidad de los productos y determinar la absorción del nutrimento del producto fortificado. Una vez que el programa es implementado, es necesario monitorear los cambios en el estado de nutrición de la población y la calidad del producto fortificado (López, *et al.*, 2010).

Los cereales, las harinas de éstos y los productos alimenticios derivados de ellos, son los alimentos más frecuentemente utilizados en la adición a productos alimenticios con zinc y otros nutrimentos, ya que son uno de los alimentos más ampliamente consumidos por la población (Darnton-Hill *et al.*, 1999).

Una de las principales desventajas de la utilización de las harinas como vehículo radica en su alto contenido de ácido fítico, de hasta un 1% en el grano entero y de unos 100 mg/kg en las harinas refinadas. Este posee un potente efecto inhibitorio sobre la absorción de los nutrimentos inorgánicos, disminuyendo consecuentemente su biodisponibilidad (Salgueiro J, *et al.*, 2000).

Otro grupo de productos alimenticios adicionados con zinc son los lácteos, debido a que la leche fluida de vaca, fórmulas infantiles y leches chocolatadas son ampliamente consumidos por los niños, uno de los principales grupos de riesgo. Los yogurts y productos fermentados, sobre todo aquellos dietéticos, son ampliamente consumidos por mujeres en edad reproductiva. Todo esto permite considerar que la adición con zinc de estos alimentos sería una herramienta esencial en la lucha contra la deficiencia de éste y otros nutrimentos inorgánicos (AAP, 1999; Salgueiro *et al.*, 2002).

4. DISCUSIÓN

La deficiencia nutricional de zinc afecta a la población a escala mundial con graves efectos sobre la salud dependiendo fundamentalmente de la magnitud de la deficiencia.

Figura 4. Deficiencia de zinc a nivel mundial



FUENTE: Hotz y Brown, 2004

Aunque otros factores pueden contribuir al desarrollo de la deficiencia, la ingesta inadecuada de zinc absorbible probablemente sea la causa más común, debido a la presencia de factores antinutricionales que inhiben la absorción de zinc, principalmente el de los fitatos. (Bhutta *et al.*, 2000).

También se reconoce que la deficiencia de zinc en muchas de las poblaciones se atribuye a problemas sociales y económicos, tales como

la pobreza, el suministro deficiente, calidad de los alimentos, así como la falta de educación sobre la nutrición.

El SC IZiNCG (International Zinc Nutrition Consultative Group) presenta información concreta sobre las cantidades per cápita de alimentos y componentes de los alimentos (incluyendo el contenido de zinc absorbible) de los suministros alimentarios por país. Se incluye información sobre los indicadores individuales y combinados de riesgo de deficiencia de zinc, la prevalencia de retraso del crecimiento de los niños menores de 5 años de edad, y el porcentaje de la población en riesgo de insuficiencia de la ingesta de zinc, con base en los datos derivados de los suministros de alimentos por país (IZiNCG, 2004).

Desde 2004, UNICEF y la OMS han recomendado la combinación de tabletas de zinc con sales de rehidratación orales para el tratamiento de la diarrea. Esto ha dado como resultado un aumento de la adquisición por parte de UNICEF de tabletas de zinc desde los 20 millones en 2006 a más de 150 millones en 2008. Sin embargo, ésta es sólo una fracción de lo necesario para tratar a los niños afectados en todo el mundo (UNICEF, 2012).

La Asociación Internacional del Zinc (IZA) ha anunciado nuevos compromisos para financiar programas de UNICEF contra la deficiencia de zinc, una amenaza de salud pública que contribuye a la muerte de más de 450.000 niños cada año. Estos compromisos se administrarán mediante el programa y campaña de recaudación de fondos "Zinc Saves Kids" lanzado en septiembre del 2009, para mejorar la supervivencia, el crecimiento y el desarrollo de niños que padecen de desnutrición mediante la financiación de los programas de zinc respaldados por UNICEF alrededor del mundo (UNICEF, 2012).

Además del programa Zinc Saves Kids, IZA está tratando de avanzar en la investigación respecto a los beneficios del zinc para la salud humana y nutrición, aumentar la conciencia pública del zinc como un problema de importancia para la salud pública mundial que puede tratarse de un modo efectivo con los medios existentes, aprovechar cada oportunidad para instar a los gobiernos, socios y otros grupos para apoyar a los programas de zinc, promover y potenciar la recaudación de fondos adicional de los grupos donantes para apoyar a los programas de zinc diseñados para mejorar la supervivencia infantil y los beneficios nutricionales de la deficiencia de zinc mejorada en los cultivos.

En México, cerca de 60% de los niños de 1 a 4 años y 20% de los de 5 a 11 años sufren deficiencia de zinc. Estudios de suplementación con zinc, doble ciego y utilizando placebo como control realizados en nuestro país, sugieren que la deficiencia moderada de zinc aumenta la presencia de enfermedades, particularmente las diarreicas, y disminuye la capacidad de desarrollo cognoscitivo (Villalpando S *et al.*, 2003).

De acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición del 2006 en México la categoría de riesgo es: moderada, persiste una elevada prevalencia de desnutrición en menores de cinco años, así como prevalencias altas de anemia y de deficiencias de varias vitaminas (Vitamina A, C y ácido fólico) y nutrimentos inorgánicos (hierro y zinc) tanto en niños como en mujeres. Esta encuesta indicó que el 23.7% de los niños en edad preescolar y escolar, y el 15.6% de las mujeres tenían bajos niveles séricos de zinc (definido como <65 mg/dL). En las zonas rurales, estas prevalencias alcanzado el 31.6% entre los niños y el 34% entre las mujeres (Shamah *et al.*, 2007).

La adición de dichos nutrimentos a productos alimenticios ha resultado ser la estrategia más efectiva para corregir esta situación, con inconvenientes que radican no solamente en la elección del alimento a utilizar como vehículo sino también en la correcta elección del compuesto a adicionar ya que en general aquellos compuestos que poseen una adecuada biodisponibilidad producen cambios en las características sensoriales de los alimentos fortificados, por lo que resultan poco aceptables para su consumo. Se recomienda que los productos alimenticios seleccionados para la adición de zinc sean ampliamente consumido, en cantidades estables y previsibles, para permitir el adecuado control de calidad.

Hasta 40.2% de los hogares en el ámbito nacional es beneficiario de algún programa de ayuda alimentaria. La zona con mayor número de hogares beneficiarios es el sur con 53.6%, seguida por las áreas centro 41.9% y Ciudad de México 36.8%; la región norte posee una cobertura de 21.1% (Shamah *et al.*, 2007).

El Programa de Apoyo Alimentario (PAL), forma parte de la estrategia del Ejecutivo Federal para promover, en el marco de una política social integral, acciones para mejorar la alimentación y la nutrición en las familias en condición de pobreza que no son atendidas por el Programa de Desarrollo Humano Oportunidades.

La Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL) instruyó a las empresas estatales encargadas de programas federales de alimentación y nutrición que tales programas de distribución de alimentos tuvieran además de su objetivo económico, un objetivo nutricional. A sugerencia del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), LICONSA decidió enriquecer la leche que distribuye por medio del Programa de Abasto Social de Leche, con hierro, zinc, vitamina C y ácido fólico (LICONSA, 2012)

Con objeto de contribuir a la seguridad alimentaria y al desarrollo de capacidades básicas mejorando el estado de nutrición de la población, durante el primer trimestre de 2013, el 56.2% de las compras de abarrotes comestibles del Programa de Abasto Rural que se abastecieron en las tiendas DICONSA correspondieron a alimentos enriquecidos con vitaminas, minerales y/o proteínas. Lo anterior benefició directamente la calidad de vida de la población atendida y que consume dichos productos, al ofrecerles productos de alto valor nutritivo.

La formulación de la harina de maíz marca propia Mi Masa fue elaborada y aprobada por el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y contiene ácido fólico, hierro, zinc, vitamina A y harina de soya (SEDESOL, 2013).

5. CONCLUSIONES

A pesar de los avances que en las últimas décadas ha habido en materia de erradicación de la desnutrición, ésta es aún un problema vigente en nuestra sociedad, en especial en ciertos grupos de la población que resultan ser más vulnerables como son los niños y las mujeres embarazadas o en lactancia, entre otros.

La deficiencia de zinc es un problema grave de salud pública, de acuerdo a cifras reportadas por el IZiNCG causa 800.000 muertes en el mundo y pone en riesgo a más de dos millones de personas debido a enfermedades como la diarrea, la neumonía y la malaria. Muchos de estos casos se pueden evitar con un suplemento de zinc.

Los programas sociales son una opción para combatir el problema de la deficiencia de zinc al permitir a la gente tener acceso a alimentos o suplementos ricos en nutrientes que usualmente no formarían parte de sus dietas cotidianas. Cuando dichos programas se dirigen a personas en condiciones de pobreza se garantiza que la ayuda llegue a los grupos más propensos a sufrir una ingesta inadecuada de alimentos, ya que la desnutrición y la pobreza son fenómenos altamente relacionados.

En México el programa Oportunidades, mediante el Abasto Social de Leche está teniendo un importante impacto en diversos indicadores del estado de nutrición de la población, particularmente en el crecimiento de los niños.

6. GLOSARIO

Lehninger. Principios de Bioquímica. Ed. Omega, 2º edición, 1997.

Portal Ciudadano Gobierno Mexicano (www.gob.mx) Junio 2013

Acrodermatitis enteropática: es una rara enfermedad congénita caracterizada por una tríada diagnóstica: dermatitis periorificial y acral, alopecia y diarrea. Es provocada por la incapacidad de absorber una cantidad suficiente de zinc.

Adición a productos alimenticios: proceso en el que se escoge un alimento de consumo masivo, el cual es utilizado para agregarle los nutrimentos inorgánicos seleccionados y que no lo contiene en forma natural.

ADN polimerasa: interviene en la replicación del ADN.

Agentes quelantes: sustancias que forman complejos con iones de metales pesados. Una de las aplicaciones de los quelantes es evitar la toxicidad de los metales pesados para los seres vivos.

Alcoholismo: enfermedad que consiste en padecer una fuerte necesidad de ingerir alcohol etílico, de forma que existe una dependencia física del mismo.

Alopecia: afección que ocasiona pérdida del cabello.

Anemia: disminución de los glóbulos rojos de la sangre o de su contenido de hemoglobina, la que resulta insuficiente para el normal transporte de oxígeno a los tejidos.

Anergia: falta de energía, apatía, desánimo.

Apoenzima: proteína sin actividad que constituye la holoenzima o enzima activa.

ARN polimerasa: enzima encargada de la transcripción. Realiza una copia de ADN a ARN

Biodisponibilidad: se refiere a la proporción de un nutrimento que nuestro organismo absorbe de los alimentos y que utiliza para las funciones corporales normales

Células mediadoras: actúan en la mediación de procesos inflamatorios.

Cirrosis: resultado final del daño crónico al hígado.

Citotoxicidad: la cualidad de ser tóxico a células.

Cuerpo lúteo: aparece en el ovario después de la ovulación, durante la cual se generan una serie de hormonas.

Dermatitis acral: enfermedad de la piel que por lo general afecta a los perros.

Dermatitis periorificial: enfermedad de la piel alrededor de boca, nariz y ojos.

Desnutrición: se refiere a las carencias, excesos o desequilibrios en la ingesta de energía, proteínas y/o otros nutrimentos. Su significado incluye en realidad tanto la desnutrición como la sobrealimentación.

Detrimiento: Destrucción leve o parcial. Daño a la salud.

Diarrea: alteración de las heces en cuanto a volumen, fluidez o frecuencia en relación anormal a la fisiológica, lo cual conlleva una baja

absorción de líquidos y nutrimentos, pudiendo estar acompañada de dolor, fiebre, náuseas, vómito, debilidad o pérdida del apetito.

DICONSA: Es una empresa de participación estatal mayoritaria que pertenece al Sector Desarrollo Social en México. Tiene el propósito de contribuir a la superación de la pobreza alimentaria, mediante el abasto de productos básicos y complementarios a localidades rurales de alta y muy alta marginación, con base en la organización y la participación comunitaria.

Dímero: una proteína compuesta por dos subunidades.

Diuréticos: toda sustancia que al ser ingerida provoca una eliminación de agua y sodio en el organismo, a través de la orina.

Doble ciego: método científico que se usa para prevenir que los resultados de una investigación puedan estar influidos por el efecto placebo o por el sesgo del observador.

Enanismo: anomalía por la que una persona tiene una talla considerablemente inferior al común de su especie.

Enfermedad congénita: es aquella que se manifiesta desde el nacimiento, ya sea producida por un trastorno durante el desarrollo embrionario, durante el parto, o como consecuencia de un defecto hereditario.

Enfermedad de Wilson: trastorno hereditario en el cual hay demasiado cobre en los tejidos corporales. El exceso de cobre causa daño al hígado y al sistema nervioso.

Enfermedad renal crónica: pérdida lenta de la función de los riñones con el tiempo. La principal función de estos órganos es eliminar los desechos y el exceso de agua del cuerpo.

Espermatogénesis: mecanismo encargado de la producción de espermatozoides.

Examen histopatológico: relativo al estudio de la anatomía y fisiología de las células de los tejidos.

Fatiga: falta de energía y de motivación.

FDA: Food and Drug Administration, es la agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos (tanto para seres humanos como para animales), suplementos alimenticios, medicamentos (humanos y veterinarios), cosméticos, aparatos médicos (humanos y animales), productos biológicos y derivados sanguíneos.

Fitatos: factores antinutrimientales que disminuyen la absorción de ciertos nutrimentos.

FNB: Food and Nutrition Board, estudia cuestiones de importancia nacional y mundial sobre la seguridad y la adecuación de la oferta de alimentos de EE.UU.

Fosfatasa alcalina: enzima hidrolasa responsable de eliminar grupos de fosfatos de varios tipos de moléculas como nucleótidos, proteínas y alcaloides.

Geofagia: perversión del gusto, que impulsa a comer tierra.

Hepatoesplenomegalia: inflamación, crecimiento del hígado y el bazo más allá de su tamaño normal.

Hiperamonemia: aumento agudo o crónico del amonio sanguíneo y tiene elevada morbimortalidad.

Hipocupremia: disminución de la tasa de cobre en la sangre.

Hipogonadismo: trastorno en que los testículos u ovarios no son funcionales. Es una de las diversas causas de esterilidad.

IDR: Ingesta Diaria Recomendada, la dosis mínima que se debe consumir de un nutrimento para mantenerse sano.

Insulina: hormona producida por una glándula denominada páncreas, ayuda a que los azúcares obtenidos a partir del alimento que ingerimos lleguen a las células del organismo para suministrar energía.

Intoxicación: ocurre tras la ingestión de alimentos que están contaminados con sustancias orgánicas o inorgánicas perjudiciales para el organismo, tales como: venenos, toxinas, agentes biológicos patógenos, metales pesados, etc.

IOM: Institute of Medicine, en EE.UU suministra y proporciona orientación a los responsables políticos y al público sobre la aplicación de las ciencias de la nutrición y los alimentos para mejorar la salud humana.

INSP: Instituto Nacional de Salud Pública en México cuyas actividades están orientadas a la promoción de la salud de la población mediante la aplicación de políticas basadas en evidencias científicas.

LICONSA: Es una empresa de participación estatal mayoritaria que pertenece al Sector Desarrollo Social en México, industrializa leche de elevada calidad y la distribuye a precio subsidiado en apoyo a la nutrición de millones de mexicanos en condiciones de pobreza

Letargo: síntoma de varias enfermedades nerviosas, infecciosas o tóxicas, caracterizado por un estado de somnolencia profunda y prolongada.

Leucopenia: disminución de los glóbulos blancos (leucocitos) totales por debajo de 4.000 - 4.500 /mm³.

Metaloenzimas: metaloproteínas, donde el ion metálico se une a la proteína con un sitio coordinación lábil.

Metaloproteína: es un término genérico para una proteína que contiene un ion metálico como cofactor, tienen diversas funciones actuando como enzimas, proteínas de transporte y almacenamiento, y en la transducción de señales.

Metalotioneínas: constituyen una familia de proteínas ricas en cisteína, tienen la capacidad de unirse a metales pesados tanto fisiológicos (zinc, cobre, selenio) como xenobióticos (como cadmio, mercurio, plata y arsénico).

Micronutrientos: sustancias que el organismo de los seres vivos necesita en pequeñas dosis, indispensables para los diferentes procesos bioquímicos y metabólicos.

Motilidad espermática: se define como el porcentaje de espermias móviles a cualquier velocidad

Neutropenia: también conocida como granulocitopenia, es la disminución aguda o crónica de granulocitos de la sangre, condición anormal de la sangre que puede predisponer al cuerpo humano a contraer infecciones.

Nucleoproteína: es una proteína que está estructuralmente asociada con un ácido nucleico (que puede ser ARN o ADN).

Nutrientos indispensables: aquellos que no pueden ser sintetizados por el organismo pero que son necesarios para el funcionamiento

normal de este. Entre ellos se encuentran algunas vitaminas, nutrimentos inorgánicos, ácidos grasos y aminoácidos.

Nutrimentos inorgánicos: sustancias que intervienen en las funciones respiratoria, digestiva, neurovegetativa y muscular, como reguladores y equilibrantes. Hierro, cobre, yodo, manganeso, selenio, zinc, cromo, cobalto, fluor, litio, níquel y silicio son los más importantes.

Oligospermia: bajo volumen de semen, conteo bajo de espermatozoides, es una de las causas de infertilidad masculina.

Organoléptico: propiedad de un cuerpo que se puede percibir por los sentidos.

Osteoblastos: células del hueso, sintetizadoras de la matriz ósea, por lo que están involucradas en el desarrollo y el crecimiento de los huesos.

Ovocito: célula germinal femenina que está en proceso de convertirse en un óvulo maduro.

Oxalatos: componente propio de determinados alimentos, y se consideran un antinutriente puesto que dificultan la asimilación de algunos nutrimentos inorgánicos. También pueden generarse en el organismo al digerir ciertas sustancias.

PAL: Programa de Apoyo Alimentario en México, atiende a los hogares en condición de pobreza alimentaria, así como aquellos que sin exceder la condición de pobreza, presentan características socioeconómicas y de ingreso insuficientes para invertir en el desarrollo adecuado de las capacidades de sus integrantes en materia de educación, nutrición y salud, y que no son atendidos por el Programa Oportunidades.

Paraqueratosis: formación anormal de células córneas de la epidermis.

Penicilamina: producto de degradación de la penicilina, es un fármaco sin actividad antimicrobiana, a la cual se le ha encontrado acciones de tipo quelante y antiinflamatorio en algunas formas de artritis.

Peptidasas: enzimas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas. Usan una molécula de agua para hacerlo y por lo tanto se clasifican como hidrolasas.

Picolinato: es un nutrimento inorgánico traza indispensable o metal de transición, cuya principal y más importante acción es potenciar la acción de la insulina a nivel celular.

Placebo: sustancia farmacológicamente inerte que se utiliza como control en un ensayo clínico. El placebo es capaz de provocar un efecto positivo a ciertos individuos enfermos si éstos no saben que están recibiendo un medicamento falso, y que creen que es verdadero.

Prematuro: es definido médicamente como el parto ocurrido antes de 37 semanas de gestación, en oposición a la mayoría de los embarazos que duran más de 37 semanas, contadas desde el primer día de la última menstruación.

Prolactina: hormona segregada por la parte anterior de la hipófisis, la adenohipófisis, que estimula la producción de leche en las glándulas mamarias y la síntesis de progesterona en el cuerpo lúteo.

Prostaglandinas: conjunto de sustancias de carácter lipídico derivadas de los ácidos grasos de 20 carbonos (eicosanoides), que contienen un anillo ciclopentano y constituyen una familias de mediadores celulares, con efectos diversos, a menudo contrapuestos.

SC IZiNCG: International Zinc Nutrition Consultative Group, es un grupo internacional, cuyos objetivos principales son promover y apoyar

los esfuerzos para reducir la deficiencia de zinc mundial, con especial énfasis en las poblaciones más vulnerables de los países de bajos ingresos.

SEDESOL: Secretaria de Desarrollo Social en México. Está orientada a brindar apoyo a las personas y grupos sociales que requieren de atención para superar sus problemas de pobreza, marginación y servicios básicos más urgentes, mediante políticas sociales traducidas en Programas que se proponen resolver dichas necesidades.

Sickleemia: anemia falciforme, de células falciformes, drepanocitosis o anemia drepanocítica, provoca dificultad para la circulación de los glóbulos rojos, por ello se obstruyen los vasos sanguíneos y causan síntomas como dolor en las extremidades.

Sintomatología: conjunto de síntomas que caracterizan una enfermedad.

SOD: Superóxido dismutasa, cataliza la dismutación de superóxido en oxígeno y peróxido de hidrógeno. Debido a esto es una importante defensa antioxidante en la mayoría de las células expuestas al oxígeno.

Taninos: metabolitos secundarios de las plantas, compuestos químicos sintetizados por las plantas que cumplen funciones no indispensables en ellas, tienen un ligero olor característico, sabor amargo y astringente, y su color va desde el amarillo hasta el castaño oscuro.

Tejidos gonadales: donde se producen los gametos o células sexuales.

Timulina: hormona tímica activada por zinc.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AAP. American Academy of Pediatrics. Committee on Nutrition. Iron fortification of infant formulas. 1999; 104: 119-23.
- Bhandari N, Mazumder S, Taneja S, Dube B, Agarwal RC, Mahalanabis D, Fontaine O, Black RE, Bhan MK. Effectiveness of Zinc Supplementation Plus Oral Rehydration Salts Compared With Oral Rehydration Salts Alone as a Treatment for Acute Diarrhea in a Primary Care Setting: A Cluster Randomized Trial. *Pediatrics* 2008; 121: e1279-e1285.
- Brown K. Suplementación con zinc y crecimiento en niños: un meta análisis de estudios de intervención. *Dieta y Salud* 1995; 4 (1-2):1-7.
- Daniels WM, Hendricks J, Salie R, Van Rensburg SJ. A mechanism for zinc toxicity in neuroblastoma cells. *Metabolic Brain Disease* 2004; 19(1-2): 79-88.
- Darnton-Hill I, Mora J, Weinstein H, Wilburg S, Nalubola R. Iron and folate fortification in the Americas to prevent and control micronutrient malnutrition: an analysis. *Nutrition Reviews* 1999; 57: 25-31.
- Duque X, Flores HS, Flores S, Méndez I, Muñoz S, Turnbull B, Martínez G, Ramos R, González M, Mendoza M, Martínez H. Prevalence of anemia and deficiency of iron, folic acid, and zinc in children younger than 2 years of age who use the health services provided by the Mexican Social Security Institute. *Biomed Central Public Health* 2007; 7: 345.
- Fischer WC, Kordas K, Stoltzfus RJ, Black RE. Interactive effects of iron and zinc on biochemical and functional outcomes in supplementation trials. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2005; 82: 5-12.
- Fraker PJ, King LE, Laakko T, Vollmer TL. The dynamic link between the integrity of the immune system and zinc status. *Journal of Nutrition* 2000; 130: 399S-406S.

- Freijoso E, Cires M. Revisión sobre el Zinc. Ministerio de Salud Pública Cuba 2000.
- Golub MS, Keen CL, Gershwin ME. Moderate zinc-iron deprivation influences behaviour but not growth in adolescent rhesus monkeys. *Journal of Nutrition* 2000; 130: 354-357.
- Hein MS. Copper deficiency anemia and nephrosis in zinc-toxicity: a case report. *Journal of Medicine* 2003; 56(4): 143-147.
- Hernández CM, Izquierdo A. Función del Cinc en la Recuperación Inmunonutricional de Lactantes Malnutridos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición* 2000; 14(1): 65-70.
- Hotz C, Brown K. International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG). Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. *Food and Nutrition* 2004; 25: S91-S204.
- IZiNCG. Assessment of the role of zinc deficiency in populations and options for its control. *Food and Nutrition* 2004; 25: S94-S204.
- LICONSA. Evaluaciones Externas. Aporte nutricional de la leche Liconsa, 2012.
- Lonnerdal B. Dietary factors influencing zinc absorption. *Journal of Nutrition* 2000; 130: 1378-1383.
- López P, Muñoz E, Allen LH, Alatorre J, Rosado JL. Cognitive performance and its relation to zinc and iron nutritional status of Mexican children. *The Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology* 1997; 11(3): A655.
- López P, Castañeda M, López G, Muñoz E, Rosado JL. Contenido de hierro, zinc y cobre en los alimentos de mayor consumo en México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 1999; 49 (3): 287-294.
- López D, Castillo D, Diazgranados D. El zinc en la nutrición humana – I. *Revista Chilena de Nutrición* 2010; 37(2): 234-239.

- Maggini S, Wenzlaff S, Hornig D. Essential Role of Vitamin C and Zinc in Child Immunity and Health. *Journal of International Medical Research* 2010; 38: 386-414.
- Masayuki K, Mikio G, Yasuko T, Hiroyuki M, Yujiro K, Yasushi U. Studies to Determine the Usefulness of the Zinc Clearance Test to Diagnose Marginal Zinc Deficiency and the Effects of Oral Zinc Supplementation for Short Children. *Journal of the American College of Nutrition* 2002; 102 (1): 39-49.
- McKenna AA, Ilich JZ, Andón MB, Wang C, Matkovic V. Zinc balance in adolescent females consuming a low- or high-calcium diet. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1997; 65: 1460-1464.
- Monteiro JB, Boccio J. Fortificación de alimentos con hierro y zinc: pros y contras desde un punto de vista alimenticio y nutricional. *Revista de Nutrición* 2004; 17(1):71-78
- Moyad MA. Zinc for prostate disease and other conditions: a little evidence, a lot of hype, and a significant potential problem. *International Journal of Urological Nursing* 2004; 24(1): 49-52.
- NRC. National Research Council. Institute of Medicine/Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. National Academy Press 2001: 367 – 411.
- Penny M. The Role of Zinc in Child Health. *International Zinc Association* 1999.
- Prasad AS, Fitzgerald JT, Bao B, Beck FW, Chandrasekar PH. Duration of symptoms and plasma cytokine levels in patients with the common cold treated with zinc acetate. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Annals of Internal Medicine* 2000; 133(4): 245-52.
- Prasad AS. Impact of the Discovery of Human Zinc Deficiency on Health. *Journal of the American College of Nutrition* 2009; 28(3): 257–265.

- Prasad AS. Discovery of human zinc deficiency: 50 years later. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 2012; 26 (2-13): 66–69.
- Rodríguez S, Belvian G, Abache A, Hurtado F. Tratamiento con ácido fólico y zinc en hombres subfértiles. *Revista obstetricia ginecológica venezolana* 2008; 68 (3): 175-180.
- Rosado JL, Díaz M. Propiedades fisicoquímicas relacionadas con la función gastrointestinal de seis fuentes de fibra dietética. *Revista de Investigación Clínica* 1995; 47: 283-289.
- Rosado JL, López P, Muñoz E, Martínez H, Allen LH. Zinc supplementation reduced morbidity, but neither zinc nor iron supplementation affected growth or body composition of Mexican preschoolers. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1997; 65: 13-19.
- Rosado JL. Deficiencia de zinc y sus implicaciones funcionales. *Salud Pública México* 1998, 40: 181-188.
- Rubio C, González W, Izquierdo R, Revert C, Rodríguez I, Hardisson A. El zinc: nutrimento inorgánico esencial. *Nutrición Hospitalaria* 2007; 22(1): 101-107.
- Salgueiro MJ, Zubillaga M, Lysionek A, Sarabia I, Caro R, De Paoli T. Zinc as an essential micronutrient: a review. *Nutrition Research* 2000; 20: 737-755.
- Salgueiro MJ, Zubillaga M, Lysionek A, Caro R, Weill R, Boccio J. Strategies to combat zinc and iron deficiency. *Nutrition Reviews* 2002; 60:52-58.
- Salgueiro MJ, Zubillaga M, Lysionek AE, Caro RA, Weill R, Boccio J. The role of zinc in the growth and development of children. *Nutrition* 2002; 1 (8): 510-519.
- Salgueiro MJ, Weill R, Zubillaga M, Hernández TM, Lysionek A, Goldman C, Ruiz Álvarez V, Boccio J y Caro R. Deficiencia de zinc en relación con el desarrollo intelectual y sexual. *Revista Cubana Salud Pública* 2004; 30(2): 64-76.

- Salzman MB, Smith EM, Koo C. Excessive oral zinc supplementation. *Journal of Pediatric Hematology/Oncology* 2002; 24(7): 582- 584.
- Sandstead HH, Lofgren PA. Symposium: dietary zinc and iron. Recent perspectives regarding growth and cognitive development. Introduction. *Journal of Nutrition* 2002; 130: 345s-46s.
- Sandstead HH, Prasad AS, Penland JG, Beck FW, Kaplan J, Egger NG. Zinc deficiency in Mexican American children: influence of zinc and other micronutrients on T cells, cytokines, and antiinflammatory plasma proteins. *Journal of the American College of Nutrition* 2008; 88(4):1067-73.
- SEDESOL. Diagnóstico sobre la población en condiciones de pobreza vulnerable a los efectos de la desnutrición 2010: 37
- SEDESOL. Secretaría de Desarrollo Social. Primer informe trimestral 2013: 151
- Shamah T, Villalpando S, Rivera JA. Resultados de Nutrición de la ENSANUT 2006. Instituto Nacional de Salud Pública, 2007.
- Sosa MN. Preparación de una mezcla de harina de maíz fortificada con zinc y pruebas de aceptabilidad de tortillas preparadas con dicha mezcla 2001: 9-15.
- Torres R, Bahr P. El zinc: la chispa de la vida. *Revista Cubana de Pediatría* 2004; 76 (4): 31-45.
- UNICEF (United Nations Children's Fund) Pneumonia and diarrhoea. Tackling the deadliest diseases for the world's poorest children 2012.
- Vardatsikos G, Pandey NR, Srivastava AK. Insulino-mimetic and anti-diabetic effects of zinc. *Journal of Inorganic Biochemistry* 2013; 120: 8-17.
- Villalpando S, García A, Ramírez S, Mejía F, Matute G, Shamah T, Rivera J. Iron, zinc and iodide status in Mexican children under 12 years and women 12-49 years of age. A probabilistic national survey. *Salud Pública México* 2003; 45(4): S520-S529.

- Walther UI, Walther SC, Muckter H, Fichtl B. Decreased zinc toxicity resulting from doxorubicin without increased GSSG export in three human lung cell lines. *Biological Trace Element Research* 2004; 102(1-3): 91-104.
- Wellinghausen N. Immunobiology of gestational zinc deficiency. *British Journal of Nutrition* 2001; 85 (2): S81-S86.
- WHO. World Health Organization. Zinc. Trace Elements in human nutrition and health 2001: 72-104
- WHO/FAO. Human vitamin and mineral requirements. Report of a Joint WHO&FAO Expert Consultation. Rome: Food and Nutrition Division 2002.
- Wolfgang M. New perspectives of zinc coordination environments in proteins. *Journal of Inorganic Biochemistry* 2012; 111: 110-116.
- Wood RJ, Zheng JJ. High dietary calcium intakes reduce zinc absorption and balance in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1997; 65: 1803-9
- Zago LB, Danguise E, González CA, Río ME, Callegari M. Niveles de vitamina A y zinc en pacientes de cirugía gastroenterológica: Relación con la inflamación y la aparición de complicaciones postoperatorias. *Nutrición Hospitalaria* 2011; 26(6): 1462-1468