



**DEFICIT DE ZINC Y DESNUTRICIÓN:
LA FORTIFICACIÓN COMO SOLUCIÓN.**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
NUTRICIONISTA DIETISTA**

INVESTIGADORES:

ANGIE ANDREA ALVAREZ ARIZA
MARIA EUGENIA CESAR SOLANO

ASESORES:

METODOLOGICO: YOHANNA DEL CARMEN SARRIA GUZMÁN
DISCIPLINAR: OLGA LUCÍA LORA DÍAZ

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA
ESCUELA DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.
2019**

DEDICATORIA

Dedico esta monografía principalmente a Dios, a mi familia, amistades, por su apoyo incondicional y acompañamiento para hacer de esta meta una realidad.

María Eugenia Cesar Solano

Siempre he pensado que el soporte más grande de mis pensamientos esta en Dios. A mi madre, la mujer que veo todos los días de mi vida colocar un pedazo de su corazón para mí, por su amor y devoción, no hay palabras en este mundo para agradecerle, a mi padre por todo su apoyo, cuidado, amor, por siempre desear lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida, a las personas que han creído en mi con cada decisión que tomo; mis hermanos, toda mi familia, mis ahijados, seres queridos, y al hombre que ha navegado conmigo en esta historia; mi novio. Lo logré porque siempre me unió a ellos, el deseo de dar lo mejor de mí. Gracias.

Angie Andrea Álvarez Ariza

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de todas aquellas personas que directa o indirectamente se involucraron en este proyecto, por tanto expresamos nuestros agradecimientos por la el apoyo brindado de la Universidad del Sinú seccional Cartagena, por su disposición y acompañamiento en la construcción de esta monografía.

Agradecidas infinitamente por el amor y la gracia de Dios en cada paso de nuestras vidas por ayudarnos en cumplir este bello logro.

El principio de la sabiduría es el temor a Dios; Los insensatos desprecian la sabiduría y la enseñanza. ⁸ Oye, hijo mío, la instrucción de tu padre, Y no desprecies la dirección de tu madre; ⁹ Porque adorno de gracia serán a tu cabeza, Y collares a tu cuello. “Proverbios 1, 7-9”

RESUMEN

El zinc es un oligoelemento esencial requerido para el correcto funcionamiento de todos los organismos vivos. Debido a su gran importancia en las funciones críticas del organismo donde actúa como componente estructural, cofactor e incluso como elemento catalizador y estabilizante, el déficit de este micronutriente podría representar el desarrollo o agravamiento de condiciones clínicas o patológicas de los seres humanos. La importancia del zinc en el metabolismo humano se ilustra por los efectos de la deficiencia de zinc, que incluyen una respuesta inmune disminuida, una curación reducida, trastornos metabólicos y neurológicos. Ahora, la prevención del déficit de zinc es un factor clave dependiente de la ingesta dietética lo que permite el desempeño del rol del nutricionista en la educación poblacional nutricional y el desarrollo de políticas públicas; y de la industria de alimentos en la producción e innovación de nuevos alimentos fortificados con este oligoelemento.

Palabras claves: Zinc, déficit de zinc, trastornos por déficit de zinc, oligoelemento.

INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN.....	3
INDICE	4
INDICE DE TABLAS.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
CAPITULO I. GENERALIDADES DEL ZINC.....	8
DESCUBRIMIENTO DEL ZINC.....	8
FISIOLOGIA DEL ZINC.....	9
METABOLISMO DEL ZINC.....	11
REQUERIMIENTOS DE ZINC.....	14
FUENTES ALIMENTARIAS DE ZINC.....	15
CAPITULO II. DEFICIT DE ZINC.....	17
DEFICIT DE ZINC EN EL SISTEMA INMUNE.....	19
DEFICIT DE ZINC Y DIABETES MELLITUS.....	19
DEFICIT DE ZINC Y CRECIMIENTO EN LA PRIMERA INFANCIA.....	21
DEFICIT DE ZINC Y DESNUTRICION PROTEICO CALORICA.....	22
DEFICIT DE CINC Y EDA.....	23
CAPITULO III. SUPLEMENTACION CON ZINC.....	26
CAPITULO IV. FORTIFICACION CON ZINC.....	32
CRITERIOS O PRINCIPIOS PARA LA FORTIFICACIÓN.....	34
CONCLUSIÓN.....	37
BIBLIOGRAFIA.....	40

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Funciones fisiológicas del zinc. Rubio y otros (2007).....	10
Tabla 2 Recomendaciones de Ingesta de Nutrientes para la Población Colombiana. ICBF (2015).....	15
Tabla 3 Alimentos fuentes de zinc. USDA (2019)	15
Tabla 4 Clasificación eficacia del zinc. (OMS, 2004)	26
Tabla 5 Clasificación eficacia probable del zinc. (OMS, 2004).....	26
Tabla 6 Clasificación eficacia posible del zinc. (OMS, 2004)	27
Tabla 7 Clasificación ineficacia posible del zinc. (OMS, 2004)	28
Tabla 8 Clasificación ineficacia probable del zinc. (OMS, 2004).....	29
Tabla 9 Clasificación insuficiente evidencia para hacer determinación de la eficacia del zinc . (OMS, 2004)	29

INTRODUCCIÓN

El zinc es un oligoelemento o micronutriente de importante rol fisiológico que toda persona necesita para mantener el correcto funcionamiento de todos los procesos fisiológicos y metabólicos del organismo; y, por ende, mantenerse saludables. (Institute of Medicine, 2001)

El zinc juega un papel esencial en el mantenimiento de las estructuras celulares además de, tener diversos roles en las funciones bioquímicas y hormonales del sistema endocrino, estando involucrado en la modulación de la secreción y acción de distintas hormonas. (Mason, 2016)

A lo largo de la historia, se ha demostrado que este micronutriente cumple un rol en diferentes funciones de las células por todo el cuerpo. Es necesario para que el sistema inmunológico funcione apropiadamente; además, está involucrado en procesos metabólicos y moleculares de la división y el crecimiento de las células, al igual que macroprocesos fisiológicos como en la cicatrización de heridas y en el metabolismo de los carbohidratos. (Salwen, 2017)

Además, en el funcionamiento correcto de los órganos, también es necesario para los sentidos del olfato y del gusto; hecho por el cual es un factor importante y determinante en el campo de la nutrición y alimentación del ser humano. (Singh & Das, 2013)

Actualmente, diversidad de estudios han evidenciado que el zinc actúa como cofactor y como integrante de al menos 200 enzimas implicadas en el metabolismo energético y de los hidratos de carbono, en las reacciones de biosíntesis y degradación de proteínas, en procesos biocinéticas de ácidos nucleicos y compuestos hemo, en el transporte de CO₂, entre otros procesos extra e intracelulares. (Rubio Armedáriz, González Weller, Alonso, Revert Girones, & Hardisson de la Torre, 2004) (Cámara & Amaro, 2003)

Ahora, la falta de vitaminas y minerales afecta a una tercera parte de la población mundial, siendo particularmente vulnerables los niños menores de cinco años, en donde tanto la disponibilidad como la variedad de alimentos puede ser bastante

limitada. (Mason, 2016) Esta afectación se presenta debido a que la alimentación complementaria a la lactancia materna no es adecuada bien sea por factores económicos, por falta de información o por prácticas alimentarias que no favorecen la alimentación de los niños. Las deficiencias más comunes en la infancia incluyen las de hierro, vitamina A, zinc y yodo; y estas, pueden presentar consecuencias fatales en la etapa adulta. (Baqui, y otros, 2012)

Es así, como la Organización Mundial de la Salud – OMS, recomienda la administración de suplementos de zinc y la fortificación de los alimentos para mejorar los resultados terapéuticos en niños debido al mayor riesgo de retraso del crecimiento, enfermedades diarreicas e infecciones del aparato respiratorio, que tiene esta población ante un déficit de zinc. (Organizacion Mundial de la Salud , OMS, 2015)

El objetivo del desarrollo de esta revisión, es identificar y actualizar basados en las diferentes evidencias científicas existentes, el conjunto de patologías del ser humano o cuadros clínicos que mantienen una relación estrecha con el déficit de zinc.

CAPITULO I. GENERALIDADES DEL ZINC

En términos de fisiología y metabolismo, el zinc o cinc de consumo humano generalmente esta presentado en su forma atómica como Zn^{2+} ; esta forma de este metal se caracteriza por su amplia aceptación de electrones, lo que lo posiciona como un nutriente esencial a no estimular la oxidación y, por ende, daño celular. (Davidson, Wenzlau, & O'Brien, 2014)

DESCUBRIMIENTO DEL ZINC

Históricamente, el zinc y su funcionalidad en los organismos vivos, fue observada inicialmente en 1869 cuando se estudiaba el comportamiento de compuestos vegetales in vivo. Raulin, J (1869) al analizar muestras y cultivos de *Aspergillus niger* observo que el crecimiento de este hongo estaba condicionado por la presencia o no, de zinc en la materia orgánica. (Raulin, 1869)

Las primeras referencias en las que el cinc se reconoció por primera vez como esencial en un sistema biológico humano, datan de 1956, cuando se estudió el metabolismo del cinc en pacientes que padecían cirrosis. Aún al inicio de los sesenta se creía que la deficiencia de cinc nunca podía ocurrir en humanos ya que se contaba con muy pocos datos de contenido de Zn en alimentos. (Torres Acosta & Valcarcel, 2004) (Tuerk & Fazel, 2009)

Sin embargo, no fue reconocido como un metal traza esencial para los humanos hasta 1961 cuando se documenta por primera vez la deficiencia de zinc y el impacto de esta en la salud humana a través de un caso clínico cuando un adulto iraní de apariencia infantil, atrofia testicular de tipo infantil, hepatoesplenomegalia y geofagia, se le niega la entrada al ejército de ese país.

Al analizar el caso, se descubre por primera vez que aparte del estado anémico ferropénico, también existía la deficiencia de zinc. (Prasad, Halsted, & Nadimi, 1961) Años después y en estudios posteriores, se descubre que la población iraní en general, padecía de una gran deficiencia de hierro y zinc.

FISIOLOGIA DEL ZINC

El zinc es ampliamente importante en la estructura de las proteínas y es un componente catalítico de aproximadamente más de 200 o 300 enzimas diferentes, que abarca casi todos los aspectos de la biología, incluido el crecimiento, la defensa inmunológica, la función cognitiva y la salud ósea. (Baqui, y otros, 2012)

Otros autores han demostrado funciones catalíticas, estructurales y reguladoras del zinc. La anhidrasa carbónica, carboxipeptidasas, fosfatasa alcalina y la β -lactamasa son algunas enzimas en las que el rol catalítico del zinc es necesario para su función biológica. (Jansen, y otros, 2012)

Debido a que el ion zinc juega un papel tan fundamental en la supervivencia de los organismos, incluidos los humanos, su concentración en el cuerpo debe ser adecuada y bien controlada. (Huang, Drake, & Ho, 2015)

A nivel fisiológico, el equilibrio o la homeostasis del zinc corporal esta mediada por la acción de dos familias transportadas de zinc.

1. Transportadores ligados a soluto SLC30A: encargados del transporte de los iones de zinc a través de las membranas celulares hacia el espacio extracelular o mueven los iones de zinc a través de membranas de orgánulos desde el citosol hasta el orgánulo y,
2. Transportadores de zinc SLC39A que funcionan en una dirección opuesta a las proteínas SLC30A; estas se encargan del transporte del ion de zinc al espacio intracelular.

Ahora, la toxicidad de los metales a nivel celular siempre ha sido un aspecto de seguimiento; como medida de protección, biológicamente se producen al interior celular las metalotioneínas son pequeñas metaloproteínas ricas en cisteína que se unen fuertemente a los iones de metales pesados, protegiendo a las células de la toxicidad de los metales.

Así, estas proteínas trabajan juntas en conjunto para equilibrar la absorción de zinc en la dieta y la excreción endógena de zinc, manteniendo las concentraciones celulares de zinc dentro de un rango fisiológico estrecho (Huang, Drake, & Ho, 2015)

Este oligoelemento se encuentra presente en todos los órganos, tejidos, fluidos y secreciones del cuerpo humano. Aproximadamente el 80% del zinc en el cuerpo está en músculo y hueso, y el 95% se encuentra a nivel intracelular. No existe un lugar anatómico específico que funcione como reserva de zinc y por ende no hay reservas convencionales en tejidos que puedan ser liberadas o almacenadas en respuesta a variaciones en la dieta. (Jackson, 1989) (Huang, Drake, & Ho, 2015)

En su rol estructural el zinc estabiliza la estructura terciaria de enzimas, las cuales se unen al ADN para la transcripción y expresión génica. Se ha estimado que el 3 % de los genes codifican proteínas contienen o necesitan para su correcto funcionamiento, la acción estructural del zinc. Además, los iones de zinc intracelulares cumplen una función reguladora activando o inhibiendo ciertos factores que son responsables de regular expresión genética. (Klug, 2010)

Tabla 1 *Funciones fisiológicas del zinc. Rubio y otros (2007).*

Funciones fisiológicas del zinc
<ul style="list-style-type: none">• Función cerebral.• Neuromodulador en las sinapsis.• Respuesta frente al stress.• Crecimiento e integridad celular.• Mantiene la homeostasis de los tejidos epiteliales.• Citoprotector: propiedades antioxidantes, antiapoptóticas y antiinflamatorias.• Metabolismo del hueso pues es un constituyente de la matriz, es un activador de varias metaloenzimas e incrementa los parámetros de la formación del hueso.• Maduración sexual.

- Fertilidad y reproducción: importante para el desarrollo y crecimiento fetal.
- Mantenimiento de la función ocular normal.
- Visión nocturna.
- Agente inmunorregulador y regulador en diferentes mediadores de la inmunidad como enzimas y citoquinas, lo que explica las
- gran importancia del zinc en la regulación de la activación, proliferación y apoptosis de las células linfoides.
- Función cardiorrespiratoria y promoción de fuerza en personas sanas y en atletas. Suplementación con zinc tiene efectos positivos en los parámetros hematológicos de atletas.
- Determinados elementos traza, como es el caso del Zn, intervienen en la regulación de la presión sanguínea, actuando por lo tanto en ciertos tipos de hipertensión arterial.
- Sentido del gusto y del apetito, debido a ello, una terapia con zinc aumenta la recuperación de pacientes que sufren anorexia nerviosa por un incrementar la ganancia de peso y mejorar la ansiedad y depresión de estos pacientes.

METABOLISMO DEL ZINC

La mayoría del zinc se absorbe en el intestino delgado siendo la porción proximal del yeyuno el lugar de mayor velocidad en el transporte del mismo, aunque el duodeno en su porción distal también tiene la capacidad de absorción.

La absorción es un proceso saturable ya que cuando los niveles de zinc disminuyen se produce un aumento en la velocidad de transporte. Esta absorción del zinc parece estar regulada por la síntesis de una proteína intestinal denominada metalotioneína que tiene la capacidad de ligar diferentes metales divalentes como el zinc, cobre y cadmio. (Cámara & Amaro, 2003)

Esta proteína actúa como ligando que amortigua la absorción del oligoelemento; aunque la absorción también depende de las cantidades de zinc en la dieta y la presencia de sustancias que interfieren con él. (Salwen, 2017)

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 mineral. (Salwen, 2017) (Hernández Fernández & Estévez Izquierdo, 2000)

El zinc es liberado por las células intestinales en los capilares mesentéricos donde luego, es transportado hasta el hígado, siendo la albúmina la proteína transportadora más importante, de forma que el 70% del zinc plasmático se encuentra unido a la albúmina y el resto a la alfa-2-macroglobulina, transferrina y algunos aminoácidos como cisteína e histidina. (Mason, 2016) (Rubio Armedáriz, González Weller, Alonso, Revert Girones, & Hardisson de la Torre, 2004)

La mayor parte del zinc absorbido y circulante en el torrente sanguíneo es intracelular. Aproximadamente el 90% se distribuye principalmente en los tejidos óseo y muscular; por otra parte, el 10% restante se localiza en la piel, el hígado, el páncreas, la retina, las células hemáticas y los tejidos gonadales en el varón.

El 90 % del zinc total del organismo está contenido en el músculo esquelético y el hueso; sin embargo, estos no actúan como reservorios, pues solo liberan el mineral cuando existe recambio de estos tejidos más que por requerimientos del nutriente. 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 mineral en la dieta.

En otros tejidos como el hueso, los testículos, el pelo y la sangre, la concentración tiende a reflejar la ingesta dietética. También existen elevadas concentraciones en las 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 Acosta & Valcarcel, 2004)

Los niveles de zinc contenido en los hematíes, músculo, pelo y testículos se intercambian más rápidamente que el contenido en el esqueleto y dientes. La sangre total contiene aproximadamente diez veces más zinc que el plasma, debido a la presencia de este catión en el enzima eritrocitario anhidrasa carbónica. (Rubio, y otros, 2007)

Teniendo en cuenta además que, la cantidad de zinc presente en el plasma, usado frecuentemente como indicador del estado de zinc de la persona; no resulta tan específico para diagnósticos de déficit de este nutriente, debido a que se encuentra regulado homeostáticamente, de tal modo que individuos con una deficiencia reciente de zinc pueden presentar valores normales. (Rubio, y otros, 2007) (Hess, Peerson, King, & Brown, 2007)

Adicionalmente, el zinc plasmático puede ser influenciado por varios factores no nutricionales, tales como infecciones, enfermedades asociadas a una hipoalbuminemia, embarazo, y enfermedades asociadas a hemolisis. Ahora, aunque fisiológicamente existen vías de intercambio de zinc entre el plasma y los órganos de reserva; resulta más rápido el intercambio con las reservas mínimas en el hígado y eritrocitos frente al intercambio con los huesos y músculos, que suelen ser mas lentos; la importancia de este intercambio radica en que una disminución marcada de zinc en el plasma también es sinónimo de una alteración en la ingesta alimentaria. (Hess, Peerson, King, & Brown, 2007)

Finalmente, el zinc se excreta por las heces a través de las secreciones pancreáticas e intestinales y en menor cantidad por la orina, viéndose aumentadas las pérdidas renales en pacientes con nefrosis, alcoholismo, cirrosis hepática, y con estados de estrés metabólico; sin embargo, mucho del zinc secretado al intestino es reabsorbido por el organismo. Además, estudios en las últimas décadas han demostrado que otras vías de excreción fisiológica del zinc en el organismo son el sudor, el crecimiento del pelo y la descamación de la piel. (López de Romaña, Castillo, & Diazgranados, 2010)

REQUERIMIENTOS DE ZINC

Las concentraciones séricas o plasmáticas de zinc experimentan oscilaciones que varían de acuerdo a la condición fisiopatológica y/o metabólica en la que se encuentre la persona; generalmente, estas concentraciones disminuyen durante el estrés y están sometidas a depresiones postprandiales transitorias.

Por otra parte, una ingesta excesiva de zinc puede incrementar considerablemente sus concentraciones sanguíneas. La velocidad inicial de captación por los tejidos a partir de una dosis oral es mayor en el hígado, seguido de la médula ósea, el hueso, la piel, el riñón y el timo, en este orden. La homeostasis o equilibrio de la biodisponibilidad de este elemento es óptima durante los períodos de escasa ingesta como resultado de su mayor absorción en la dieta. (Torres Acosta & Valcarcel, 2004)

Ahora, las necesidades de zinc al igual de que las concentraciones, pueden variar de acuerdo a las condiciones metabólicas y fisiológicas en las que se encuentre la persona, con cierta influencia por la edad, el crecimiento, el embarazo y la lactancia. Además, existe un conjunto de condiciones patológicas como las enfermedades que producen mala absorción intestinal, la desnutrición, los cuadros diarreicos agudos, el estrés pos-trauma, determinan un incremento de sus requerimientos. (Wellinghausen, 2001)

La ingesta diaria recomendada está alrededor de los 10 mg, menor para bebés, niños y adolescentes (por su menor peso corporal), y algo mayor para mujeres embarazadas y durante la lactancia. Sin embargo, otros autores recomiendan que la ingesta diaria recomendada de zinc ronde los 20 mg para adultos, menor para bebés, niños y adolescentes, y algo mayor para mujeres embarazadas y lactantes. (De la Guardia, Ustariz, Garcia, & Morera, 2011)

Estas necesidades diarias están determinadas por el crecimiento, la reparación tisular y las pérdidas por la excreción (que están entre 1,3 y 4,6 mg/día), así se recomienda para el adulto una ingesta de 8- 11 mg/día, en la Tabla 1 se muestran las ingestas recomendadas de Zinc por sexo y grupo etario para la población Colombiana. (Mesa & Pinzon, 2014)

Tabla 2 Recomendaciones de Ingesta de Nutrientes para la Población Colombiana. **ICBF (2015).**

Grupo de Edad	Requerimientos Zn (mg)	
	Hombre	Mujer
2 - 5 años	4	
6 - 9 años	5	
10 - 13 años	6	
14 - 17 años	14	7
18 - 59 años	14	8
> 60 años	11	

FUENTES ALIMENTARIAS DE ZINC

De acuerdo a la bibliografía y las Guías Alimentarias Basadas en los Alimentos Colombianos - GABAS, los alimentos más ricos en zinc de alta absorción son las carnes rojas, la carne de vaca contienen entre 2,1 y 5,3 mg de zinc por cada 100 gramos; también son fuentes de zinc disponible los lácteos y los mariscos. (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, ICBF, 2015)

Por otra parte, aunque las leguminosas y los cereales tienen un contenido de zinc aceptable para el consumo humano, los vegetales y frutos no son fuentes significativas de zinc pues contienen menor al 20% de las recomendaciones diarias. (Abdollahi, 2014)

Tabla 3 Alimentos fuentes de zinc. **USDA (2019)**

Alimentos Fuentes	Aporte 100 gr
	Zinc (mg)
Ostras	60 mg
Hígado	7.3 mg
Almejas	7 mg

Carne de res	6.2 mg
Calabaza	6 mg
Carne de aves	5 mg
Levadura	5 mg
Queso	4 mg
Almendras	4 mg
Avena	3.5 mg
Mantequilla de nueces o maní	3 mg

CAPITULO II. DEFICIT DE ZINC

Actualmente, un gran repertorio de investigaciones concluye que la deficiencia de zinc se asocia a un conjunto de condiciones clínicas o patologías, como el retraso en el crecimiento, falta de apetito, dermatitis, alopecia, hipogonadismo y deterioro de la función inmunológica que puede provocar diarrea frecuente y / o infección del tracto respiratorio superior. (Huang, Drake, & Ho, 2015)

Esta deficiencia nutricional suele tener un origen multifactorial, sin embargo, generalmente los niveles bajos de zinc en el cuerpo humano se deben a una ingesta dietética baja, una absorción inadecuada, una mayor excreción o una mayor necesidad de zinc como es el caso de niños y mujeres embarazadas. (Huang, Drake, & Ho, 2015)

La identificación de un déficit de zinc consta más de un criterio médico basado en síntomas y signos físico del paciente; la identificación de manifestaciones clínicas descritas anteriormente (retraso en el crecimiento, falta de apetito, dermatitis, alopecia, hipogonadismo y diarrea frecuente y / o infección del tracto respiratorio superior) permiten al profesional en salud identificar un posible déficit mineral. Sin embargo, en modelos de sistemas de salud como los latinoamericanos, el diagnóstico del déficit de zinc se hace casi que empíricamente debido al alto costo y poca sensibilidad de los exámenes séricos. (Haase & Rink, 2014)

Aunque se han logrado importantes avances en el desarrollo y la aplicación de indicadores dietéticos para evaluar el riesgo de deficiencia de zinc en la población, quedan muchos desafíos por afrontar.

Al igual que en todo proceso de déficit alimentario, la poca ingesta de un nutriente, la inhabilidad o poca capacidad de absorción o incluso, la dificultad de aprovechamiento biológico de los nutrientes, conllevan consigo el desarrollo de déficits con considerables consecuencias en la salud de las personas. En este sentido, la deficiencia de zinc ocurre a menudo como consecuencia de una ingesta inadecuada o una absorción pobre, así como también cuando la excreción de zinc está aumentada y aumentan los requerimientos de nuestro organismo. (Baqui, y otros, 2012)

Por otra parte, diversos autores han demostrado que el déficit de zinc también puede ser causado por el curso de enfermedades como la cirrosis hepática, la diabetes y la insuficiencia renal. También el factor genético puede influir en la deficiencia; como en la acrodermatitis enteropática, enfermedad hereditaria infantil que se manifiesta como una incapacidad de absorber zinc de la dieta en forma adecuada. Así mismo las diarreas crónicas ayudan a la disminución del zinc en nuestro organismo. (Organización Mundial de la Salud, OMS, 2015) (Baqui, y otros, 2012)

En Colombia la realidad no es muy distinta, con relación al Zinc, según los resultados de las últimas Encuestas de la Situación Nutricional del país, la deficiencia de este micronutriente en la población infantil de uno a cuatro años fue de 43,3% teniendo gran impacto en el desarrollo cognitivo de la primera infancia y, por ende, generando secuelas de alto impacto en la vida adulta de estos niños. (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2006) (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, ICBF, 2010) (Instituto Colombiano de Bienestar Familias, ICBF, 2016)

La deficiencia de zinc se ha asociado con mayor incidencia de infecciones respiratorias y gastrointestinales, y con alteraciones del crecimiento, que a su vez, se relacionan con mayor cantidad de infecciones. Existen varios estudios que han comparado el aporte de zinc con placebo, pero con grandes diferencias entre ellos en cuanto a forma de administrar dicho micronutriente, así como con diferencias en las poblaciones, en la forma y el momento de realizar el seguimiento clínico, en los desenlaces y la manera en que fueron evaluados.

Por esto, a pesar de que al parecer la suplementación de zinc es efectiva para disminuir la incidencia de diarrea (entre otros beneficios), no hay claridad sobre la necesidad de suplementar a todos los niños en países como el nuestro, o si es necesario enfocarse en algunas poblaciones especiales con mayor prevalencia de deficiencia. (Scrimgeour & Lukaski, 2008) (Brown, Peerson, Baker, & Hess, 2009) (Sazawal, y otros, 1997) (Bhandari, y otros, 2002) (Baqui, y otros, 2012) (Gupta, Rajendran, Mondal, Ghosh, & Bhattacharya, 2007)

DEFICIT DE ZINC EN EL SISTEMA INMUNE

El zinc es esencial para el desarrollo normal y la función del sistema inmunológico, ya que es un cofactor para muchas proteínas involucradas en la regulación inmunológica. La homeostasis anormal del zinc en las células inmunes también aumenta el riesgo de infección. (Haase & Rink, 2014) Recientemente se ha realizado un importante trabajo en inmunidad adaptativa, donde la deficiencia de zinc afecta el timo, lo que resulta en una disminución de la maduración y por ende, en la activación de las células T y una respuesta Th1 / Th2 alterada.

Por otra parte, la deficiencia de zinc también afecta negativamente la inmunidad humoral al afectar el desarrollo y la diferenciación de las células B en respuesta a los estímulos inmunes. El transportador de zinc ZIP10 desempeña un papel crítico en la transducción de señales del receptor de antígeno de células B y en el desarrollo temprano de células B. (Miyai, y otros, 2014)

También se ha establecido el papel del zinc en las células inflamatorias. Las concentraciones de zinc intracelular son vitales en la maduración de las células dendríticas, una subpoblación de células inmunes involucradas en la respuesta inflamatoria. Se ha demostrado que ZIP6 – otro transportador de zinc- desempeña un papel en esta activación de las células dendríticas. (Golden & M.H., 2010)

DEFICIT DE ZINC Y DIABETES MELLITUS

El zinc es crucial para el páncreas y la regulación de la glucosa en sangre. La insulina se almacena en forma cristalina como un complejo de insulina de zinc. Por lo tanto, la concentración de zinc de las células β pancreáticas se encuentra entre las más altas del cuerpo. La adición de zinc a la insulina in vitro extendió la duración de la acción de la insulina. En la década de 1930, se agregaron iones de zinc in vitro para producir insulina con protamina y zinc para controlar el azúcar en la sangre en pacientes diabéticos. (Chimienti, Rutter, Wheeler, & Wijesekara, 2011)

Lo anterior, sirvió de bases para autores como Davidson y otros (2014) quienes, a través de estudios clínicos longitudinales, llegaron a la conclusión de que la célula β

pancreática productora de insulina contiene algunas de las concentraciones más altas de zinc en el cuerpo, colaborando en la síntesis, maduración, secreción y señalización de la insulina. (Davidson, Wenzlau, & O'Brien, 2014)

Esto, se evidenció en la demarcada disminución en las concentraciones de zinc pancreático en pacientes diabéticos y en modelos de ratones con diabetes tipo 2. (Chimienti, Zinc, pancreatic islet cell function and diabetes: new insights into an old story. , 2013) (Davidson, Wenzlau, & O'Brien, 2014)

En presencia de iones de zinc, tanto la insulina como los dímeros de proinsulina se agregan en hexámeros que contienen zinc unido. Se ha demostrado las proteínas específicas del zinc en el organismo, se limitan casi que exclusivamente a los islotes pancreáticos y participan en la regulación de la secreción de insulina. Por otra parte, es crucial recordar el papel del zinc en el transporte y almacenamiento de la insulina en forma cristalizada, la cual no podría ocurrir en ausencia de este micronutriente. (Sakurai & Adachi, 2005)

El zinc trabaja como un excelente regulador fisiológico de la transducción de señales de insulina, algunos estudios han demostrado la importancia del zinc principalmente a través del efecto inhibitor de la proteína tirosina fosfatasa 1β , la fosfatasa clave que desfosforila el receptor de insulina. (Chimienti, Rutter, Wheeler, & Wijesekara, 2011)

En los estados deficientes de zinc, hay una clara disminución en el contenido de insulina en las células de los islotes; algunos estudios han evidenciado que la suplementación con zinc puede ser un complemento potencial del tratamiento en la diabetes tipo 2 porque el zinc también promueve la señalización de la insulina. En este sentido, una ingesta y absorción adecuada de zinc es crucial para la biosíntesis y el almacenamiento de la insulina, especialmente en condiciones patológicas como la diabetes mellitus caracterizadas por hiperglicemias constantes. (Jansen, y otros, 2012) (Sakurai & Adachi, 2005)

DEFICIT DE ZINC Y CRECIMIENTO EN LA PRIMERA INFANCIA

El zinc es un oligoelemento utilizado con resultados positivos durante la gestación para mejorar el crecimiento fetal, algunos estudios muestran que la carencia de zinc en la gestación y el niño en países en desarrollo es muy frecuente y que la suplementación con el oligoelemento tiene un efecto positivo sobre el crecimiento fetal. Sin embargo, el efecto del zinc en el crecimiento postnatal ha sido ampliamente estudiado y debatido, pero los informes en muchas ocasiones son contradictorios.

Los estudios de suplementación con zinc en niños con deficiencia de este oligoelemento han demostrado el efecto beneficioso en el crecimiento pero no significativo, que pudiera estar modulado a su vez por su impacto en la morbilidad en las etapas iniciales de la vida de enfermedades como diarrea e infecciones respiratorias. (Black, 1998) (Díaz Gómez, et al., 2003)

Investigaciones realizadas en Colombia, como la de Jiménez y otros (2007) a través del análisis de los beneficios de la suplementación de zinc en niños, logro concluir que la suplementación con zinc ejerce un efecto benéfico en la evolución del peso y la talla de los niños con bajo peso al nacer; y que además, influye de forma positiva en el desarrollo motor, pero no en el desarrollo mental del niño con bajo peso al nacer. (Jimenez, Martinez, Pe, & alver, 2007)

Por otra parte, investigaciones en animales de laboratorio con dietas deficientes de zinc presentan anorexia, menor eficiencia para aprovechar los alimentos, crecimiento exiguo, alteraciones en la función gonadal, inmunidad comprometida, mala cicatrización de heridas y dermatitis< (Bhatnagar, et al., 2012) (Brown, Peerson, Baker, & Hess, 2009) signos y síntomas se han observado durante décadas en los seres humanos con una dieta muy deficiente en zinc. Esto, puede demostrar que en ciertas poblaciones el suplemento de zinc corrige deficiencias en el crecimiento, quizá mejorando el apetito que conduce a un aumento del consumo de alimentos y mejor desarrollo. También se puede demostrar que el zinc mejora el funcionamiento del sistema inmunológico y en esta forma disminuye la morbilidad debido a infecciones.

Otros estudios aleatorizados no demuestran un efecto positivo de la suplementación de zinc sobre el crecimiento de los menores de cinco años de edad. Por lo que los más recientes metanálisis de la comunidad científica recomienda realizar estudios con mayores cantidades de suplemento de zinc, con la inclusión y control de otros nutrientes que podrían afectar el crecimiento, estudios realizados en períodos mayores de intervención, y el control de los diferentes subgrupos de edades en los niños menores de cinco años de edad para de esta forma, poder concluir si existe o no un efecto benéfico en el aporte o suplemento de zinc vs crecimiento. (Jiménez Morán, Bacardí Gascón, & Jiménez Cruz, 2013)

DEFICIT DE ZINC Y DESNUTRICION PROTEICO CALORICA

La desnutrición es un estado patológico que constituye el resultado de un desajuste entre las necesidades y los aportes nutricionales; en palabras de Abel Albino, médico argentino, La desnutrición es una patología social, el resultado final del subdesarrollo y abordarlo significa todo eso. (De Luca, 2017)

En niños y adolescentes el riesgo de desnutrición es muy elevado; en especial aquellos que por una u otra razón, padecen determinado tipo de trastornos neuromotores, por una diversidad de factores que en ellos concurren: trastornos de coordinación motriz de la deglución en sus distintas fases, reflujo gastroesofágico, esofagitis, gastritis, alteración del reflejo gastrocólico, estreñimiento, anorexia, etc. (Ndekha, 2008)

Estos trastornos alteran la proporcionalidad deseable entre la cantidad de alimento aportado al paciente y sus ingestas netas. Debido a ello se hacen necesarios la valoración periódica y sistemática del estado nutricional, adaptada a este tipo de pacientes; a partir de los datos recabados, la oportuna toma de decisiones referida a su alimentación: requerimientos nutricionales, opciones para el soporte nutricional, vía de administración, y el tratamiento de las complicaciones digestivas si las hubiere. (Polanco Allué, 2010) (Ndekha, 2008)

Estudios realizados en niños con desnutrición aguda grave tipo marasmo o kwashiorkor (presencia de edema), reportan que las concentraciones plasmáticas de Zinc

disminuyen en un 50% respecto a los valores de niños eutróficos. (Hernández Fernández & Estévez Izquierdo, 2000)

En los niños desnutridos generalmente se encuentra alteración de la respuesta inmunológica, mayor prevalencia de diarreas, falla en el crecimiento y disminución del apetito, manifestaciones fuertemente asociadas con la deficiencia de cinc, sin embargo, como la desnutrición conlleva simultáneamente la carencia de otros micronutrientes, proteínas y energía, es difícil establecer el impacto de la deficiencia específica de cinc, en cada uno de estos sistemas. (King, Shames, & Woodhouse, 2000) (Kruse Jarres, 2001)

Por otro lado, la insuficiencia de este nutriente limita la posibilidad de crecimiento compensatorio de los niños que han sufrido desnutrición aguda grave y tiene efectos profundos y a largo plazo en la salud y bienestar de los seres humanos, por lo que se utiliza como parte de los suplementos de micronutrientes en niños bajo terapia de recuperación nutricional. (Fleet, 2000)

DEFICIT DE CINCO Y EDA

La suplementación con zinc ayuda a reducir la severidad y la duración de la diarrea en niños con poca alimentación que generalmente tienen deficiencia de zinc. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define enfermedad diarreica aguda (EDA) como la presencia de tres o más deposiciones en 24 horas, con una disminución de la consistencia habitual y una duración menor de 14 días. (Organización Mundial de la Salud, OMS, 2015)

La relación entre la diarrea y el zinc ha sido mostrada por varios estudios en los que se ha documentado aumento en las pérdidas fecales, balance negativo del zinc y bajas concentraciones tisulares de este micronutriente en niños con esta enfermedad. Se estima que la deficiencia de zinc puede ser responsable del 4,4% de todas las muertes en niños y cerca del 3,8% de la carga de enfermedad en los niños de 6 meses a 5 años que viven en África, Asia y Latinoamérica.

Los estudios que evalúan el uso de zinc (solo o en combinación con otros micronutrientes) como estrategia de prevención concluyen que es una intervención

altamente costo-efectiva para países de ingresos medios y bajos. La suplementación como estrategia preventiva puede ser una opción en niños con alta deficiencia de zinc y alto riesgo de presentar un episodio de EDA.

Por lo descrito, por consenso, se considera la suplementación preventiva en los niños colombianos menores de un año de vida que no están siendo alimentados de manera adecuada, en especial los menores de seis meses que no reciben leche materna, los niños de bajo peso al nacer y los que tiene alteración en los índices antropométricos.

Como el zinc está presente en cantidades adecuadas en la leche materna y es altamente biodisponible, el niño menor de seis meses, alimentado con al pecho exclusivamente no tendría deficiencia y si la diarrea aparece, la administración de zinc probablemente no tendrá un efecto importante; pero, basados también en los datos recientes de Colombia se puede observar (65) que la duración promedio de la lactancia materna exclusiva es de 1,7 meses. (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2006)

En los niños de Medellín la mayor prevalencia de riesgo cardiovascular fue para los factores relacionados con el estilo de vida. Los promedios de las concentraciones de los lípidos plasmáticos presentaron diferencias según edad y sexo. La prevalencia de exceso de peso fue mayor que en otros niños colombianos e inferior a la comunicada por otros países. (Uscátegui Peñuela, y otros, 2003)

Se ha demostrado que la suplementación con zinc previene y trata la diarrea en niños menores de 5 años de edad, disminuyendo tanto la morbilidad como la mortalidad por diarrea. (Sazawal, y otros, 1997)

La diarrea causa la descomposición de la mucosa absorbente, lo que resulta en una mala absorción de nutrientes, incluido el zinc. Los estudios realizados anteriormente vincularon la enfermedad diarreica a la pérdida de zinc endógeno. Se observó que los niños con niveles bajos de zinc de plasma son más susceptibles a los patógenos de la diarrea, lo que propaga un ciclo de deficiencia e infección. (Bhatnagar, y otros, 2012)

Existe amplia evidencia que apoya la eficacia de los suplementos de zinc para la prevención de la diarrea infantil. En 2004, la OMS emitió una recomendación global

para la suplementación diaria con 20 mg de zinc en niños de 6 meses de edad y mayores y 10 mg de zinc en bebés menores de 6 meses durante 10 a 14 días en el inicio de la diarrea. (Organización Mundial de la Salud, OMS, 2004)

El metanálisis de la suplementación de rutina durante 3 meses en 7 estudios que proporcionaron 1 a 2 veces la dosis diaria recomendada de zinc elemental 5 a 7 veces por semana encontró una reducción del 18% en la incidencia de diarrea, una disminución del 25% en la prevalencia de diarrea y 33% de reducción en los episodios de diarrea persistente entre los niños suplementados en comparación con los niños que recibieron placebo. (Bhandari, y otros, 2002) (Brewer, Hill, Prasad, Cossack, & Rabbani, 1983)

Finalmente, un metanálisis de 3 ensayos controlados aleatorios que proporcionaron una suplementación de zinc de corta duración con 2 a 4 veces la dosis diaria recomendada durante 2 semanas después del inicio de un episodio de diarrea aguda o persistente. El análisis agrupado mostró una disminución del 11% en la incidencia de diarrea y una disminución del 34% en la prevalencia de diarrea durante el período de observación de 3 meses. (Rubio, y otros, 2007)

CAPITULO III. SUPLEMENTACION CON ZINC

Dado que el cuerpo humano no almacena demasiado zinc, debe consumirse este mineral de manera regular como parte de la alimentación diaria. Las fuentes alimentarias más comunes de zinc incluyen carnes rojas, de ave y pescado. Sin embargo, generalmente la ingesta de zinc no es suficiente frente a los requerimientos del cuerpo humano, en especial en aquellas etapas críticas del desarrollo humano ocasionando un déficit de este mineral y por ende, la manifestación de diferentes condiciones asociadas a la deficiencia de zinc. (Haase & Rink, 2014)

La carencia de zinc puede ser la causa de baja estatura aunque aún no existe evidencia científica concluyente, disminución de la capacidad para la identificación de sabores, apetito, hasta incluso problemas en el correcto funcionamiento de los testículos y los ovarios. (Black, 1998) (Cámara & Amaro, 2003) (Institute of Medicine, 2001)

Según la Organización Mundial de la Salud – OMS, y La Base Exhaustiva de Datos de Medicamentos Naturales (Natural Medicines Comprehensive Database), de acuerdo a la evidencia científica existente, clasifican la utilidad de la suplementación con zinc de acuerdo a su eficacia en las categorías de: eficaz para, probablemente eficaz para, posiblemente eficaz para, posiblemente ineficaz para, probablemente ineficaz para e insuficiente evidencia para hacer una determinación para. (Organización Mundial de la Salud, OMS, 2004)

Tabla 4 Clasificación eficacia del zinc. (OMS, 2004)

Suplementación con zinc es eficaz para:
<ul style="list-style-type: none"> • Carencia o déficit de zinc.

Tabla 5 Clasificación eficacia probable del zinc. (OMS, 2004)

Suplementación con zinc es probablemente eficaz para:
<ul style="list-style-type: none"> • Diarrea o Enfermedad Diarreica Aguda EDA.

- Enfermedad de Wilson.
- Déficit de zinc en gestantes y lactantes.

Tabla 6 Clasificación eficacia posible del zinc. (OMS, 2004)

Suplementación con zinc es posiblemente eficaz para:

- Acné.
- Acrodermatitis enteropática.
- Degeneración macular relacionada con la visión.
- Anorexia.
- Trastornos de déficit de atención con hiperactividad (TDAH).
- Tumores en el recto y el colon.
- Resfrío común.
- Depresión.
- Ulceras de miembros inferiores por diabetes.
- Dermatitis del pañal.
- Gingivitis.
- Halitosis.
- Virus del herpes simple.
- Trastorno relacionado con el gusto y disgeusia.
- Lesiones en la piel.
- Leishmaniasis.
- Lepra.
- Calambres musculares.
- Debilidad ósea y/u osteoporosis.
- Ulceras pépticas.
- Neumonía.
- Complicaciones durante el embarazo.
- Ulceras por presión.
- Intoxicación alimenticia.

- Shigelosis.
- Salmonelosis.
- Anemia drepanocítica.
- Ulceras en piernas.
- Carencia de vitamina A.
- Verrugas.

Tabla 7 Clasificación ineficacia posible del zinc. (OMS, 2004)

Suplementación con zinc es posiblemente ineficaz para:

- Síndrome de desgaste con presencia de diarrea por SIDA.
- Caída del cabello.
- Picazón e inflamación de la piel.
- Eccema.
- Cataratas.
- Fibrosis quística.
- VIH/SIDA.
- Complicaciones del embarazo en mujeres con VIH/SIDA.
- Desarrollo del bebe.
- Enfermedad inflamatoria intestinal.
- Gripe.
- Infección en los oídos.
- Carencia de hierro durante el embarazo.
- Cáncer de próstata.
- Enrojecimiento e irritación de la piel y/o psoriasis.
- Inflamación de las articulaciones asociadas con una condición específica de la piel.
- Inflamación de las articulaciones.
- Rosácea.
- Disfunción sexual.

- Acúfenos.
- Infección de las vías respiratorias superiores.

Tabla 8 *Clasificación ineficacia probable del zinc. (OMS, 2004)*

Suplementación con zinc es probablemente ineficaz para:

- Paludismo.

Tabla 9 *Clasificación insuficiente evidencia para hacer determinación de la eficacia del zinc . (OMS, 2004)*

Suplementación con zinc con insuficiente evidencia para hacer una determinación para:

- Infecciones por SIDA debido a sistema inmunitario debilitado.
- Enfermedad hepática relacionada con el alcohol.
- Enfermedad de Alzheimer.
- Anemia.
- Envenenamiento por arsénico.
- Asma.
- Beta-Talasemia.
- Tumor cerebral.
- Bronquitis.
- Llagas en la boca.
- Complicaciones de la quimioterapia.
- Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica – EPOC.
- Cáncer colorrectal.
- Enfermedad arterial coronaria.
- Demencia.
- Diabetes (aun en estudios).
- Daño renal causado por diabetes.
- Síndrome de Down.
- Epilepsia.

- Cáncer de esófago.
- Convulsiones debido a la fiebre.
- Perdida del control de los movimientos intestinales.
- Cáncer de estómago.
- Cáncer de cabeza y cuello.
- Encefalopatía hepática.
- Diarrea por SIDA.
- Problemas de fertilidad masculina.
- Infecciones estomacales e infestaciones parasitarias.
- Leucemia.
- Recién nacidos a término con bajo peso.
- Manchas marrones en el rostro y/o melasma.
- Cáncer de nariz y garganta.
- Ictericia en recién nacidos.
- Traumatismo cerebral.
- Linfoma no-Hodgkin.
- Trastorno Obsesivo Compulsivo – TOC.
- Inflamación y úlceras en la boca causada por quimioterapia, radioterapia y trasplante de células madres hematopoyéticas (TCMH).
- Inflamación de la próstata.
- Altos niveles de bilirrubina en sangre causada por medicamentos para tratar el SIDA/VIH.
- Picazón.
- Infección en la sangre.
- Sepsis.
- Recuperación posquirúrgica.
- Infección en la vejiga.
- Cicatrización de las heridas.
- Arrugas en la piel.
- Enfermedad de Crohn.

- Colitis Ulcerosa.

Estas condiciones aun se encuentran en estudios y verificaciones científicas de la medicina basada en la evidencia para poder determinar así, la eficacia del zinc y los mecanismos del mismo en cada una de estas condiciones.

CAPITULO IV. FORTIFICACION CON ZINC

La fortificación es una práctica que no representa riesgos en los niveles de ingesta de los micronutrientes y logra impacto a corto o mediano plazo, dependiendo de la cantidad y la frecuencia de consumo. (Villalobos Quiroga, 2018)

En Colombia desde la década de los 90's la fortificación de los alimentos se ha convertido en un pilar fundamental de la lucha para la prevención de déficits nutricionales en el país.

A través de un conjunto de normatividades, en el país se ha venido reglamentando la fortificación de los alimentos con la única finalidad de mejorar las estadísticas que se venían afrontando de desnutrición y grandes déficits nutrimentales, en especial de oligoelementos como minerales y vitaminas. Ahora, a pesar que solo se tienen actualmente normatividades para la fortificación en la harina de trigo y la sal, los resultados de las Encuestas Nacionales de Situación Nutricional – ENSIN han encendido la alarma con el aumento de la prevalencia de déficits nutricionales de vitamina A y Zinc. (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2006) (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, ICBF, 2010)

Desde el 2016, en Colombia se hace la adaptación de las nuevas guías y Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes- RIEN a través de la Resolución 3808 del 2016. Esta resolución, plasma a lo largo de sus artículos la importa de una correcta alimentación y en caso tal no haberla, reconoce el derecho que tienen dichas personas. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016)

La fortificación de los alimentos es un eficiente procedimiento para prevenir la deficiencia nutricional de zinc. El uso de algunos compuestos de zinc nos permite fortificar en forma adecuada diferentes alimentos sin alterar sus propiedades sensoriales.

Sin embargo estos compuestos deben ser cuidadosamente seleccionados de acuerdo a su biodisponibilidad, la composición de la matriz nutricional del alimento a fortificar,

como así también de los procesos tecnológicos a utilizar durante los procesos industriales de fortificación y producción del alimento. (Bossio & Bressan, 2004)

Con respecto a la utilización de compuestos de zinc en fortificación de alimentos, a nivel internacional la Organización para las Drogas y los Alimentos (FDA) ha considerado, independientemente de la biodisponibilidad de los mismos, a cinco compuestos de zinc para ser utilizados en la fortificación de alimentos, ellos son: sulfato de zinc, cloruro de zinc, gluconato de zinc, óxido de zinc y estearato de zinc.

Cada uno de estos compuestos ha sido considerado por sus características propias, seguridad ante la vida del paciente y biodisponibilidad de los mismos en el organismo.

- El óxido de zinc es comúnmente usado en la fortificación de alimentos. En los países industrializados este compuesto es ampliamente utilizado para la fortificación de cereales. Este es un polvo blanco de bajo precio, que no causa problemas organolépticos cuando es agregado en cantidades pequeñas a alimentos sólidos. Sin embargo, este compuesto posee una baja biodisponibilidad, lo que lo convierte en un compuesto poco útil desde un punto de vista nutricional.
- El sulfato de zinc también es utilizado en la fortificación de alimentos, es mucho mejor absorbido que el óxido de zinc, pero es más costoso que este, además de producir cambios en las características sensoriales del alimento. También, se ha observado que dependiendo de la dosis este compuesto puede provocar náuseas.
- El citrato de zinc también ha sido utilizado en la fortificación de alimentos, pero con poco éxito, este compuesto es bien absorbido. Sin embargo posee un sabor muy fuerte que es muy difícil de disimular, razón por la cual resulta ser un compuesto poco útil para ser utilizado en la fortificación industrial de alimentos.

Con base en lo descrito, el rol que cumple de la industria de alimentos es vital para la implementación de estrategias que apoyen para la disminución de los déficits de

micronutrientes en la población colombiana mediante la fortificación. Es preciso que de acuerdo a los resultados de la situación nutricional de la población y sus prácticas de alimentación, se prioricen los nutrientes susceptibles de la misma, así como los alimentos de consumo masivo para incluirlos.

Aun así, en la actualidad la fortificación con zinc es muy limitada debido a la poca protección de las características y biodisponibilidad de los compuestos derivados del zinc. El único compuesto de zinc protegido desarrollado e investigado en la actualidad es el gluconato de zinc estabilizado con glicina. Este compuesto tiene importantes características para ser considerado en la fortificación de alimentos, ya que además de poseer una adecuada biodisponibilidad, no produce cambios en las características organolépticas de los alimentos fortificados lo que lo convierte en un compuesto útil tanto desde un punto de vista nutricional como tecnológico-industrial. (Enriching, 1994)

Este compuesto ha sido utilizado destacadamente por las industrias alimentarias de la República de Argentina para la fortificación de productos lácteos y en Australia para fortificar diferentes jugos de frutas dando excelentes resultados en el impacto desde su implementación, en la disminución de la tasa de prevalencia de déficit de zinc. (Salgueiro, y otros, 2002)

Los resultados de un estudio de fortificación de la harina de trigo en China indican que la harina fortificada con zinc podrían mejorar las concentraciones de zinc en las mujeres de edad reproductiva. La fortificación de otros alimentos con zinc ha puesto de manifiesto que la ingesta y la absorción de este elemento aumentan con el consumo de alimentos fortificados con zinc, pero se desconoce su impacto como intervención de salud pública. Es necesario profundizar en la investigación de la eficacia y efectividad de los programas de fortificación con zinc a gran escala. (Brown, Hambidge, Ranum, Tyler, & Group, 2009)

CRITERIOS O PRINCIPIOS PARA LA FORTIFICACIÓN

Las siguientes son algunas de las condiciones, consideraciones y principios relevantes para los que planean fortificar uno o más alimentos a fin de mejorar el estado

nutricional. Se aplican sobre todo a la fortificación como estrategia para enfrentar las carencias de micronutrientes.

- **Carencia comprobada de micronutrientes en la población.** Los datos dietéticos, clínicos o bioquímicos deben mostrar que existe una carencia de un nutriente específico, en algún grado y en un número significativo de individuos en la población cuando consumen su dieta habitual, o que existe un riesgo de ello.
- **Amplio consumo del alimento por fortificar entre la población expuesta a riesgo.** El alimento que se ha de fortificar debe ser consumido por un número significativo de la población que presenta la carencia del nutriente cuya fortificación se considera. Si la enfermedad por carencia ocurre tan sólo entre los muy pobres que rara vez compran el alimento fortificado, entonces esto producirá poco beneficio. Por lo tanto, y como ejemplo, fortificar con vitamina A un producto manufacturado más o menos costoso para el destete, podría no ayudar a los niños pobres que tiene la prevalencia más alta de xeroftalmía, si sus padres no pueden comprar ese alimento.
- **Conveniencia del alimento y el nutriente en conjunto.** Al agregar el nutriente al alimento no se debe crear ningún problema serio de tipo organoléptico. Los productos se deben mezclar bien y este proceso de mezcla no debe producir una reacción química no deseable, cualquier sabor desagradable o cambios en el color o el olor, o cualquier otro tipo de característica inaceptables.
- **Factibilidad técnica.** Debe ser técnicamente factible adicionar el nutriente al alimento para poder satisfacer la condición anterior.
- **Número limitado de fabricantes del alimento.** Es muy útil en un programa de fortificación nacional, o inclusive local, que haya pocos fabricantes o procesadores del alimento considerado. Por ejemplo, si existen cientos de

productores de sal, un programa de yodación enfrentaría graves problemas. Asimismo, si hay muchos molinos, la fortificación de cereales será muy difícil.

- **Sin aumento sustancial en el precio del alimento.** Es importante considerar el impacto de la fortificación en el precio del alimento que se ha de fortificar. Si al agregar el nutriente sube demasiado el precio del alimento, su consumo disminuirá sobre todo entre los pobres cuyas familias se encuentren en mayor riesgo de carencia. Si la fortificación aumenta el precio del alimento, entonces es posible que se considere subsidiar el costo.
- **Nivel de consumo del alimento.** Se debe dar atención especial al nivel habitual de consumo del alimento considerado para la fortificación. Si existe un nivel muy amplio entre la cantidad máxima y mínima de consumo por parte de la población, quizás un 25 por ciento consume el mínimo y otro 25 por ciento el máximo, puede ser difícil decidir el nivel del nutriente para la fortificación. Si un número grande de la población a riesgo de la deficiencia del nutriente, consume muy poca cantidad del alimento, entonces puede que no se beneficie de la fortificación. Si un número significativo de personas consume el alimento fortificado en gran cantidad, que puede llevar a ingerir cantidades tóxicas del nutriente, entonces el alimento puede no ser apto para este proceso. En general existe un nivel de consumo de sal y la media puede ser de 20 g diarios, pero en la práctica nadie consume 200 g de sal todos los días. Es importante evitar una situación en la que las personas reciban cantidades indeseables de los nutrientes agregados, sobre todo en el caso de vitaminas liposolubles o nutrientes que se sabe que son tóxicos en cantidades grandes.
- **Legislación.** Cuando un gobierno está impulsando con seriedad el control de una carencia grave de micronutrientes mediante la fortificación, es necesario disponer de una legislación apropiada. Muchos países industrializados cuentan con legislación que garantizan los niveles mínimos requeridos de vitaminas B y algunas veces también de hierro y zinc, que deben estar presentes en la harina

de trigo y en algunos otros productos de cereales. Muchos países en el Norte y en el Sur cuentan con legislación que exige que toda la sal comercial sea yodada, casi siempre a niveles específicos. La fluorización de los suministros de agua en ciertos niveles ha sido establecida legalmente a veces por los municipios (como en los Estados Unidos) o a nivel nacional.

- **Seguimiento y control de la fortificación.** El seguimiento para aportar datos sobre la fortificación de los alimentos es útil. Es particularmente importante donde la fortificación está legislada. En este caso, el incumplimiento de la fortificación correcta puede llevar a un sumario y a la sanción de los fabricantes de alimentos que no cumplan con las normas. El seguimiento por parte de los gobiernos depende de la disponibilidad de laboratorios y de personal entrenado. Muchos países carecen de facilidades de laboratorio para controlar la yodación de la sal, y los comerciantes de sal generalmente saben que pueden vender sal que no ha sido yodada en absoluto o que no cumple con el nivel exigido por la ley. Un buen sistema de seguimiento debe incluir exámenes o pruebas, quizá en sitios centinela en todo el país. En el caso de la fluorización, las ciudades casi siempre vigilan el contenido de fluoruro del agua. Es útil que un laboratorio nacional también evalúe el nivel de flúor en el agua del acueducto municipal que sirve a los consumidores.

CONCLUSIÓN

La fortificación de los alimentos ha resultado ser una forma de procesamiento de los mismos, de especial interés para profesionales del área de la nutrición como nutricionistas, dietistas e incluso ingenieros de alimentos. La correcta implementación de estas técnicas, puede representar un gran impacto en los indicadores de salud pública y mejora del estado nutricional de la población, a través del control de la carencia de nutrientes.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura – FAO, la fortificación de los alimentos se ha definido como la adición de uno o más

nutrientes a un alimento a fin de mejorar su calidad para las personas que lo consumen, en general con el objeto de reducir o controlar una carencia de nutrientes. Esta estrategia se puede aplicar en naciones o comunidades donde hay un problema o riesgos de carencia de nutrientes. (FAO, 2015)

En base a la experiencia de las sociedades desarrolladas, la fortificación puede ser el procedimiento más fácil, económico y útil para reducir un problema de deficiencia, pero se necesita cuidado y también evitar su excesiva promoción.

Se debe hacer una correcta valoración de los posibles riesgos y beneficios que representa la inclusión de alimentos fortificados en el mercado. Sin embargo, si se comprende la situación de déficit nutricional por la que pasan las naciones “subdesarrolladas”, este tipo de estrategias resulta ser de vital importancia y gran posibilidad de aplicabilidad.

Ahora, los profesionales que participan en estos procesos como nutricionistas, dietistas e ingenieros de alimentos, deben tener una imagen clara sobre la situación local: carencias de nutrientes, hábitos alimentarios, prácticas de preparación de los alimentos, facilidades para el procesamiento de alimentos, prácticas de mercadeo, etc.

Por otra parte, El zinc juega un papel esencial en el mantenimiento de las estructuras celulares además de, tener diversos roles en las funciones bioquímicas y hormonales del sistema endocrino, estando involucrado en la modulación de la secreción y acción de distintas hormonas. (Mason, 2016)

El zinc es un oligoelemento o micronutriente de importante rol fisiológico que toda persona necesita para mantener el correcto funcionamiento de todos los procesos fisiológicos y metabólicos del organismo; y, por ende, mantenerse saludables. (Institute of Medicine, 2001)

Si se analizan las variaciones que ha tenido la tasa de prevalencia del déficit de zinc con el pasar de los años en el país, es fácil notar como el déficit de este nutriente se hace cada vez más prevalente.

En el año 2005, Colombia paso de tener 26% de la población con déficit de zinc, a tener en 2010 un 46% de la población con este tipo de déficit, casi la mitad. Ahora, escasamente existen algunas normatividades en el mundo que buscan asegurar el aporte de zinc en los alimentos fortificados; así que, el hecho de llevar a cabo en Colombia un propuesta de fortificación de alimentos con zinc, podría representar una solución o un apoyo como solución a la problemática creciente de su déficit.

BIBLIOGRAFIA

- Abdollahi, M. (2014). Oral Zinc Supplementation Positively Affects Linear Growth, But not Weight, in Children 6-24 Months of Age . *International journal of preventive medicine*, 280-286.
- Arnaud Viñas, M. d., & Pérez Flores, M. E. (2010). Low iron, calcium and zinc intake is associated with elevated blood lead levels in pregnant women. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 128-136.
- Baqui, A., Black, R., El Arifeen, S., Yunus, M., Chakraborty, J., & Ahmed, S. (2012). Effect of zinc supplementation started during diarrhoea on morbidity and mortality in Bangladeshi children: community randomised trial . *BMJ*, 1059.
- Bhandari, N., Bahl, R., Taneja, S., Strand, T., Molbak, K., & Ulvik, R. (2002). Substantial reduction in severe diarrheal morbidity by daily zinc supplementation in young north Indian children. *Pediatrics*, 86.
- Bhatnagar, S., Wadlora, N., Areja, S., Lodha, R., Kabra, S., Natcha, U., . . . Rath, B. (2012). Zinc as adjunct treatment in infants aged between 1 and 120 d with probable serious bacterial infection: a randomized, double-blind, place. *Lancet*.
- Black, M. (1998). Zinc deficiency and child development. *Am J Clin Nutr* , 464-470.
- Bossio, J., & Bressan, J. (2004). Food fortification with iron and zinc: pros and cons from a dietary and nutritional viewpoint. *Revista de nutricion*.
- Brewer, G., Hill, G., Prasad, A., Cossack, Z., & Rabbani, P. (1983). Oral zinc therapy for Wilson's disease. *Ann Intern Med*, 314-319.
- Brown, K., Hambidge, K., Ranum, P., Tyler, V., & Group, Z. F. (2009). Zinc fortification of cereal flours: current recommendations and research needs. *Food and Nutrition Bulletin*.
- Brown, K., Peerson, J., Baker, S., & Hess, S. (2009). Preventive zinc supplementation among infants, preschoolers, and older prepubertal children. *Food Nutr Bull*, 12-40.
- Cámara, F., & Amaro, M. (2003). Nutritional aspect of zinc availability. *Int J Food Sci Nutr* , 143-151.
- Chimienti, F. (2013). Zinc, pancreatic islet cell function and diabetes: new insights into an old story. . *Nutr Res Rev*, 1–11.

- Chimienti, F., Rutter, G., Wheeler, M., & Wijesekara, N. (2011). Zinc and diabetes. In: Zinc in human health. . *Rink L(ed) IOS Press, Netherlands*, 493–513.
- Davidson, H., Wenzlau, J., & O'Brien, R. (2014). Zinc transporter 8 (ZnT8) and beta cell function. *Trends Endocrinol Metab*, 415–424.
- De la Guardia, O., Ustariz, C., Garcia, M., & Morera, L. (2011). Some clinical applications of zinc and its effect on the immune system. *Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter*.
- De Luca, A. (2017). Desnutrición en el niño. *EMC - Pediatría*, 1-9.
- Díaz Gómez, N., Doménech, E., Barroso, F., Castells, S., Cortabarría, C., & Jiménez, A. (2003). The effect of zinc supplementation on lineargrowth, body composition, and growth factors in preterm infants. *Pediatrics* , 1002-1009.
- Enriching, L. (1994). Overcoming vitamin and mineral malnutrition in developing countries. *The World Bank*.
- FAO. (2015). Glosario de Terminos. *FAO*.
- Fleet, J. (2000). Zinc, copper, and manganese. *biochemical and physiological aspects of human nutrition*, 741-758.
- Golden, & M.H. (2010). Evolution of nutritional management of acute malnutrition. *Indian Pediatr*, 667-678.
- Gupta, D., Rajendran, K., Mondal, S., Ghosh, S., & Bhattacharya, S. (2007). Operational feasibility of implementing community-based zinc supplementation: impact on childhood diarrheal morbidity. *Pediatr Infect Dis J*, 306 -310.
- Haase, H., & Rink, L. (2014). Multiple impacts of zinc on immune function . *Metallomics*, 1175–1180.
- Hernández Fernández, C., & Estévez Izquierdo, A. (2000). Función del Cinc en la recuperación inmunonutricional de lactantes malnutridos. *Rev Cubana Aliment Nutr*, 65-70.
- Hess, S., Peerson, J., King, J., & Brown, K. (2007). Use of zinc concentration as an indicator of population zinc status. *Food Nutr Bull* , 403-429.
- Huang, L., Drake, V. J., & Ho, E. (2015). Zinc. *Advances in Nutrition*, 224–226.
- 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 Academies Press*, 1-40.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2006). Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia, 2005. *ICBF*.

- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, ICBF. (2010). Encuesta Nacional de la Situación Nutricional ENSIN 2010. *ICBF*.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, ICBF. (2015). Guías Alimentarias Basadas en los Alimentos Colombianos, GABAS 2015. *GABAS*.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familias, ICBF. (2016). Encuesta Nacional de la Situación Nutricional 2015. *ICBF*.
- Jackson, M. (1989). Physiology of zinc: general aspects. *Springer-Verlag*, 1-14.
- Jansen, J., Rosenkranz, E., Overbeck, S., Warmuth, S., Mocchegiani, E., Giacconi, R., . . . Rink, L. (2012). Disturbed zinc homeostasis in diabetic patients by in vitro and in vivo analysis of insulinomimetic activity of zinc. *J Nutr Biochem*, 1458–1466.
- Jiménez Morán, E., Bacardí Gascón, M., & Jiménez Cruz, A. (2013). Efecto del zinc sobre el crecimiento lineal en menores de cinco años de Latinoamérica; revisión sistemática. *Nutricion Hospitalaria*, 1574-1579.
- Jimenez, R., Martinez, M., Pe, & alver, R. (2007). Efecto del zinc sobre el crecimiento y desarrollo del niño con bajo peso al nacer. *Colombia Médica*, 6-13.
- King, J., Shames, D., & Woodhouse, L. (2000). Zinc homeostasis in humans. *Journal Nutrition*, 130-136.
- Klug, A. (2010). The Discovery of Zinc Fingers and Their Applications in Gene Regulation and Genome Manipulation. *Annu Rev Biochem* .
- Kolenko, V., Teper, E., Kutikov, A., & Uzzo, R. (2013). Zinc and zinc transporters in prostate carcinogenesis. *Nat Rev Urol* , 219–226.
- Kruse Jarres, J. (2001). Pathogenesis and symptoms of zinc deficiency. *Am Clin Lab*, 17-22.
- López de Romaña, D., Castillo, C., & Diazgranados, D. (2010). Zinc in human health. *Revista chilena de nutrición*, 234-239.
- Mason, J. (2016). Vitamins, trace minerals, and other micronutrients. *Elsevier Saunders, Goldman-Cecil Medicine*, 218.
- Medarova, Z., Ghosh, S., Vangel, M., Pato, R., & Moore. (2014). Risk stratification of prostate cancer patients based on EPS-urine zinc content. *Am J Cancer Res*, 385–393.
- Mesa, A., & Pinzon, A. (2014). Factores asociados a deficiencia de zinc en niños colombianos entre 1 y 4 años de edad. *Universidad del Rosario*, 16-18.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). Resolución 3808 de 2016. *MinSalud*.

- Miyai, T., Hojyo, S., Ikawa, T., Kawamura, M., Irie, T., Ogura, H., . . . Kitamura, H. (2014). Zinc transporter SLC39A10/ZIP10 facilitates antiapoptotic signaling during early B-cell development. *Proc Natl Acad Sci USA*, 11780–11785.
- Ndekha, M. (2008). Kwashiorkor and severe acute malnutrition in childhood. *Lancet*, 1748-1749.
- Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y Agricultura, FAO. (2017). Investigaciones en Carencia de Zinc. *FAO*, 2-8.
- Organizacion Mundial de la Salud , OMS. (2015). Enfermedad Diarreica Aguda, EDA. *OMS* .
- Organización Mundial de la Salud, OMS. (2004). EDA. *OMS*.
- Polanco Allué, I. (2010). Nutritional treatment of the child with a neuromotor pathology. *Actividad Dietética*, 59-66.
- Prasad, A., Halsted, J., & Nadimi, M. (1961). Syndrome of iron deficiency anemia, hepatosplenomegaly, hypogonadism, dwarfism and geophagia. *American Journal Medicine*, 532-546.
- Ramachandran, P. (2012). Kwashiorkor. *Indian J Med Res*, 108-115.
- Raulin, J. (1869). Chemical studies on vegetation . *Ann Science Nature*, 93-99.
- Rubio Armedáriz, C., González Weller, D., Alonso, S., Revert Girones, C., & Hardisson de la Torre, A. (2004). Zn, Mn, Cu, Se, Cr: Nutrición y suplementación. *Alimentaria*, 37-44.
- Rubio, C., González Weller, D., Martín Izquierdo, R., Revert, C., Rodríguez, I., & Hardisson, A. (2007). Zinc: an essential oligoelement. *Nutrición Hospitalaria*, 101-107.
- Sakurai, H., & Adachi, Y. (2005). The pharmacology of the insulinomimetic effect of zinc complexes. *Biometals*, 319–323.
- Salgueiro, M., Zubillaga, M., Lysionek, A., Caro, R., Weill, R., & Boccio, J. (2002). Strategies to combat zinc and iron deficiency. *Nutr Rev*, 52-58.
- Salwen, M. (2017). Vitamins and trace elements. *Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods*, 26.
- Sazawal, S., Black, R., Bhan, M., Jalla, S., Sinha, A., & Bhandari, N. (1997). Efficacy of zinc supplementation in reducing the incidence and prevalence of acute diarrhea--a community-based, double-blind, controlled trial . *Am J Clin Nutr*, 413-418.
- Scrimgeour, A., & Lukaski, H. (2008). Zinc and diarrheal disease: current status and future perspectives. . *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 711-717.
- Singh, M., & Das, R. (2013). Zinc for the common cold. *Cochrane Database Syst Rev*, 6.
- Torres Acosta, R., & Valcarcel, P. (2004). El cinc: la chispa de la vida. *Rev Cubana Pediatr* , 76.

Tuerk, M., & Fazel, N. (2009). Zinc deficiency. *Curr Opin Gastroenterol* , 136-43.

Uscátegui Peñuela, R., Álvarez Uribe, M., Laguado Salinas, I., Soler Terranova, W., Martínez Maluendas, L., Arias Arteaga, R., . . . Camacho Pérez, J. (2003). Cardiovascular risk factors in children and teenagers aged 6–18 years old from medellín (colombia). *Anales de Pediatría*, 411-417.

Villalobos Quiroga, F. (2018). La importancia de la fortificación de alimentos. *PediaGuess*.

Wellinghausen, N. (2001). Immunobiology of gestational zinc deficiency. *Br J Nutrition*, 81-86.