

Adición de vitaminas y minerales a harinas de maíz y de trigo en México

Jorge L. Rosado, I.B. M.Sc., Ph.D.,⁽¹⁾ Rafael Camacho-Solís, M.C.,⁽²⁾ Héctor Bourges, M.C., Ph.D.⁽¹⁾

Rosado JL, Camacho-Solís R, Bourges H.
Adición de vitaminas y minerales
a harinas de maíz y de trigo en México.
Salud Publica Mex 1999;41:130-137.

Rosado JL, Camacho-Solís R, Bourges H.
Vitamin and mineral addition
to corn and wheat flours in Mexico.
Salud Publica Mex 1999;41:130-137.

Resumen

En México la deficiencia marginal de algunas vitaminas y minerales afecta la salud y la funcionalidad de un número elevado de mexicanos, por lo que la Secretaría de Salud ha iniciado un programa para promover la adición de nutrimentos a las harinas de trigo y de maíz que se procesan industrialmente. El presente documento expone las bases científicas y tecnológicas para dicha adición. El objetivo primordial es restaurar los nutrimentos que se pierden durante el proceso de obtención de las harinas y durante la fabricación de los alimentos a partir de las harinas; además, se adicionan aquellos nutrimentos cuya presencia es deficiente en una proporción importante de la población y cuya suplementación en la dieta ha demostrado ser benéfica en la salud y la funcionalidad de la población. En la definición de la fórmula para adicionar a las harinas de trigo y maíz se consideraron, además de los factores mencionados, los niveles de absorción de los diferentes nutrimentos, la interacción probable entre nutrimentos y un margen muy amplio de seguridad, de manera que se eliminara cualquier riesgo de algún efecto adverso en la salud, aun en los niveles más altos de ingestión de los alimentos. Finalmente, se sugieren los compuestos más apropiados para la adición a las harinas considerando su reactividad y sus posibles efectos negativos en la estabilidad de las harinas, así como su biodisponibilidad, su disponibilidad en el mercado y su costo. Con lo anterior se recomienda la adición de 5 mg/kg de tiamina (mononitrato de tiamina), 3 mg/kg de riboflavina (hidroclorhidrato de riboflavina), 35 mg/kg de niacina (nicotinamida), 30 mg/kg de hierro (hierro reducido extrafino) y 20 mg/kg de zinc (óxido de zinc) para ambas harinas, así como 2 mg/kg y 0.5 mg/kg de ácido fólico para las harinas de trigo y maíz, respectivamente.

Palabras clave: alimentos fortificados; nutrición; México

Abstract

In Mexico, marginal micronutrient deficiency is widespread and affects the health status and function of many Mexicans. A program to add nutrients to corn and wheat flour has been promoted by the Ministry of Health. This document describes the scientific and technological bases of the program. The main objective is to restore the nutrients which are lost during cereal processing to obtain flour and food products. Also, certain nutrients which are known to be deficient in a high proportion of Mexicans, and which should be supplemented in the diet for the benefit of the population are also included. In the definition of the formula to be added to flours various other factors were considered such as the absorption levels of the nutrients, potential interactions among them and a wide range of security to eliminate the risk of an adverse effect on health even at the highest level of food intake. Finally, the most appropriate compounds to be added to flours are suggested considering their reactivity and their possible negative effects on the stability of flour, as well as the bioavailability, market availability and cost. The recommended compounds were 5 mg/kg of thiamine (thiamine mononitrate), 3 mg/kg of riboflavin (riboflavin hydrochlorhydrate), 35 mg/kg of niacine (nicotinamide), 30 mg/kg of iron (extrafine reduced iron) and 20 mg/kg of zinc (zinc oxide) for both types of flour, as well as 2 mg/kg and 0.5 mg/kg of folic acid for wheat and corn flour, respectively.

Key words: food, fortified; nutrition; Mexico

(1) Departamento de Fisiología, Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán y Secretaría de Salud.

(2) Secretaría de Salud.

Fecha de recibido: 10 de septiembre de 1998 • Fecha de aprobado: 20 de enero de 1999

Solicitud de sobretiros: Dr. Jorge L. Rosado. Departamento de Fisiología de la Nutrición, Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. Vasco de Quiroga 15, Tlalpan, 14000 México, D.F. Correo electrónico: rosado@servidor.unam.mx

En los últimos años se ha observado que la deficiencia moderada de algunas vitaminas y minerales se presenta en varias regiones del mundo entre una proporción elevada de individuos. Generalmente, las consecuencias de dichas deficiencias no son evidentes desde el punto de vista clínico; sin embargo, son importantes en la funcionalidad de los individuos y se manifiestan en un retraso en el crecimiento, una mayor susceptibilidad a padecer enfermedades o en una disminución de la capacidad neurocognoscitiva. En México la deficiencia de vitaminas y minerales se asocia, básicamente, con la pobreza y afecta la salud y la funcionalidad de un número elevado de mexicanos. La Secretaría de Salud (SSA) ha iniciado un programa para promover la adición de nutrimentos a las harinas de trigo y de maíz procesadas industrialmente. El objetivo primordial es restaurar las vitaminas y los minerales que se pierden durante el procesamiento de los granos y la obtención de las harinas. Por medio de esta medida se busca mejorar el valor nutricional de las harinas y de los productos que se elaboran a partir de las mismas y, por tanto, favorecer la salud y el bienestar de los individuos que las consumen. De ninguna manera se considera que esta medida, por sí sola, eliminará la deficiencia de vitaminas y minerales, ya que muchas víctimas de estas deficiencias no consumen habitualmente productos elaborados con las harinas de trigo y de maíz industrializadas. Lo que sí es evidente es que la adición de vitaminas y minerales a las harinas de trigo y de maíz constituye una medida relativamente sencilla y muy barata, que contribuirá a mejorar el estado de nutrición de sus consumidores. Para el caso del trigo esta medida es una práctica común en muchos países, inclusive en los industrializados, donde las deficiencias nutricionales son menores. En el caso del maíz, corresponde a México iniciar este tipo de medidas ya que, a diferencia de lo que sucede en los demás países, este cereal constituye la base de la alimentación de la población mexicana. En este trabajo se presentan las bases científicas y experimentales para recomendar la adición de una fórmula de vitaminas y minerales a las harinas de trigo y de maíz que se producen en México.

Importancia de los cereales

Hace aproximadamente 10 000 años el hombre descubrió que los granos de los cereales podían cultivarse, cosecharse, mejorarse y utilizarse como reserva importante de alimento, logrando así un adelanto gigantesco en el desarrollo de la humanidad. Aunque los estilos de vida en la actualidad son notablemente distintos a los de aquel tiempo primigenio, los granos de

los cereales desempeñan un papel predominante en el aporte de nutrimentos a la población. De hecho, en el mundo entero los cereales constituyen la principal fuente de energía y son, por ende, la base de la alimentación. Los cereales más importantes son el maíz, el trigo, el arroz, la cebada, el centeno, la avena, el sorgo y el mijo.

El trigo se cultivó por primera vez en las tierras fértiles del este del mar Mediterráneo; en la actualidad se produce en diferentes regiones del planeta, especialmente en el continente americano, Europa, Australia, China y Rusia. Se trata de uno de los cereales más cultivados en el mundo,¹ lo cual se debe, en parte, a su sabor agradable, su estabilidad y a la larga vida de anaquel que tiene, además de contener el gluten necesario para la panificación.

El maíz, por su parte, es originario de América y en la actualidad es un alimento dominante en el hemisferio occidental; su uso se extendió, durante varios siglos, a Europa, Asia y África. En México, el maíz constituye la base de la alimentación y la principal fuente de energía de la mayoría de la población.

Molienda de los cereales y pérdida de nutrimentos

Cuando la humanidad empezó a consumir los cereales se dio cuenta de que el interior del grano era más suave y placentero que la cubierta exterior. A partir de entonces, en la producción de las harinas se desarrollaron sistemas para aislar la parte interior del grano —el endospermo— de la pared exterior. Los cereales son descascarillados, molidos y nixtamalizados en el caso del maíz para la producción de tortilla o, en general, procesados de diferentes maneras, dependiendo del tipo de grano de que se trate y de los alimentos y subproductos que se preparen a partir del grano original. Los orígenes y objetivos de la refinación no han sido identificados; sin embargo, es muy probable que se haya desarrollado para producir alimentos más apetecibles a la vista y placenteros al paladar. En algunas épocas el consumo de granos y harinas refinadas se ha asociado con una mayor capacidad de compra o con cierto nivel social. Otras razones para el refinamiento de los cereales incluyen la disminución en el contenido de fitatos, el aumento de la digestibilidad y la disminución en las posibilidades de irritación intestinal y en los requerimientos de masticación, así como el incremento en la vida de anaquel.² Hoy en día, en el caso de los productos industrializados, los cereales se descascarillan sobre todo para lograr que los productos tengan las características que demanda el consumidor. En el proceso de refinación el término conocido como

porcentaje de extracción se utiliza para indicar la proporción del grano total que permanece en la harina.

Durante la molienda del trigo se obtiene la harina, generalmente con 72% de extracción, y el 28% restante está formado por partículas, entre las que se encuentran la cascarilla y el germen. La mayor parte de las vitaminas y los minerales en los cereales se mantiene en esta segunda porción de los granos. En el caso del maíz, el descascarillado se puede realizar con un proceso húmedo o de nixtamalización, el cual gelifica el almidón y elimina el pericarpio, o bien, se puede realizar mediante un proceso seco, con el que se obtienen la cascarilla, el germen y el endospermo.³

Los nutrimentos que se encuentran en el grano de cualquier cereal presentan un patrón de distribución dentro de los diferentes componentes del mismo: el endospermo, la cascarilla, el germen, etcétera. Además de una reducción en el tamaño de la partícula, durante la molienda ocurre un cambio en el contenido de carbohidratos, fibra, grasa, minerales, proteínas y vitaminas. Se presenta una pérdida importante de nutrimentos en la obtención de las harinas en comparación con los que están presentes en el grano original;^{4,6} en el caso de la harina de maíz y de trigo los cambios en el contenido de nutrimentos han sido estudiados por Peterson y Eggum^{7,8} (los resultados de estos estudios se resumen en el cuadro I). El proceso para obtener harinas refinadas de trigo y de maíz reduce en forma significativa el contenido de vitaminas y minerales; en algunos casos, dicha disminución es superior al 70% del contenido en el grano original.

¿Por qué adicionar vitaminas y minerales a las harinas?

Dos son las razones más importantes para adicionar nutrimentos a los cereales: la primera tiene que ver con la restauración de los nutrimentos que se pierden durante el proceso de molienda de los granos, que se practica en forma generalizada para la obtención de las harinas. Esa restauración puede alcanzar los niveles que existían originalmente en el grano o, en muchos casos, niveles ligeramente mayores dependiendo de las circunstancias características de la región donde se lleve a cabo el proceso. La segunda consiste en la utilización de los cereales como vehículo para aumentar el consumo de uno o varios nutrimentos, cuya deficiencia es reconocida en la población en general, o bien, en un segmento importante de ella.

Las características que debe tener un alimento para que sea considerado como un vehículo apropiado para la adición de nutrimentos, son las siguientes:⁹

Cuadro I
EFECTO DE LA MOLIENDA EN EL CONTENIDO
DE NUTRIMENTOS DEL MAÍZ Y DEL TRIGO*

% de extracción	Trigo				Maíz		
	100	80	75	66	100 [†]	Descasca- rillado [‡]	Desger- minado
Nutrimento (%)							
Proteína (N x 6.25)	14.2	13.4	13.3	12.7	9.9	10.1	8.7
Almidón y azúcar	69.9	80.8	82.9	84.0	76.0	80.9	89.2
Grasa	2.7	1.6	1.4	1.1	5.2	3.9	1.4
Fibra cruda	2.4	0.2	0.3	0.2	12.8	8.6	4.0
Cenizas	1.8	0.7	0.6	0.5	1.4	1.1	0.4
Aminoácidos (g/16gN)							
Cisteína	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3
Lisina	2.6	2.3	2.2	2.2	3.0	2.6	1.9
Metionina	1.5	1.5	1.5	1.5	2.1	2.2	2.3
Triptofano	1.1	1.1	1.1	1.1	0.8	0.7	0.5
Treonina	2.6	2.5	2.5	2.5	3.5	3.5	3.3
Minerales							
Calcio (mg/g)	0.4	0.3	0.3	0.2	30.8	26.7	14.5
Fósforo (mg/g)	3.8	1.5	1.3	1.2	3.1	2.5	0.8
Zinc (ppm)	29.0	12.0	8.0	8.0	21.0	17.1	4.4
Hierro (ppm)	35.0	15.0	13.0	10.0	23.3	19.7	10.8
Cobre (ppm)	4.0	2.4	1.6	1.3	1.8	1.4	0.7
Vitaminas (ug/g)							
Tiamina	5.8	3.4	2.2	1.4	4.7	4.4	1.3
Riboflavina	1.0	0.5	0.4	0.4	0.9	0.7	0.4
Niacina	25.2	5.9	5.2	3.4	16.2	13.9	9.8
Piridoxina (B ₆)	7.5	1.7	1.4	1.3	5.4	5.4	1.9
Folato	0.6	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1
Biotina (ng/g)	116.0	76.0	46.0	25.0	73.0	55.0	14.0

* Adaptado de Pederson y Eggum^{7,8} y de Bauernfeind y DeRitter¹²

[†] Maíz entero

[‡] Harina a 500-1 000 um

1. El alimento debe tener un costo accesible de manera que sea ampliamente consumido por la población, especialmente por aquellos que corren mayor riesgo de presentar deficiencias de tales nutrimentos.
2. El alimento debe permitir la adición de nutrimentos en cantidades muy pequeñas, y su consumo en cantidades habituales debe incrementar significativamente la ingestión de los nutrimentos en cuestión.
3. La variabilidad en el consumo del alimento entre los diferentes grupos de población debe estar bien

definida y no ser muy amplia, ya que la población que se encuentra en el límite inferior de consumo tendría acceso a un nivel insignificante del nutriente adicionado, o bien, aquellos que se encuentran en el límite superior correrían el riesgo de una ingestión excesiva.

4. Los nutrientes adicionados deben distribuirse en forma homogénea en el vehículo, y las posibilidades de segregación de los mismos durante su manejo y distribución deben ser mínimas.
5. El alimento no debe interferir con la estabilidad o la absorción de los nutrientes adicionados, o de otros provenientes del resto de la alimentación.

La tortilla de maíz es uno de los alimentos básicos de México, y si bien gran parte se obtiene de la producción para autoconsumo, la elaboración de tortillas a partir de harina industrializada es cuantitativamente importante y su utilización tiende a aumentar.¹⁰ El trigo se consume en cantidades importantes en forma de pan y, en menor grado, de pastas; tanto el maíz como el trigo son alimentos económicos y la población los ingiere frecuentemente.¹¹ Las vitaminas y los minerales pueden adicionarse al trigo y al maíz sin producir cambios organolépticos o fisicoquímicos importantes en las harinas o en los productos que se preparen con ellas.¹⁰⁻¹² En diversos países se ha desarrollado y se emplea rutinariamente hoy en día la tecnología para la adición de vitaminas y minerales.¹²

Experiencias en otros países

La adición de vitaminas y minerales a la harina de trigo se lleva a cabo en muchos países, y en la mayoría de los casos esta medida ha quedado incluida en la legislación de sus naciones. En el cuadro II se describe una recopilación realizada por Bauernfeind¹³ de las concentraciones de algunos de los nutrientes más comunes que se adicionan a la harina de trigo en diferentes países, donde se establecen los niveles mínimos de adición de acuerdo con el criterio de restauración o empleo de un vehículo para proporcionar cantidades adicionales de algún nutriente a la población objetivo. Posteriormente, en la mayoría de las naciones se establece un nivel máximo de adición con el fin de evitar la posibilidad, aunque remota (dadas las cantidades que se adicionan), de sobredosis o de cambios adversos en el producto. Los niveles mínimos de adición para la mayoría de los países son los siguientes: la tiamina varía entre 4 y 5 mg/kg de harina; la riboflavina, entre 1.5 y 3 mg/kg; la niacina, entre 30 y 35 mg/kg, y el hierro, entre 26 y 35 mg/kg de harina. Algunos países como Australia, Rusia y el Reino Uni-

Cuadro II
NIVELES DE ADICIÓN DE VITAMINAS Y MINERALES
A LA HARINA DE TRIGO QUE SE EMPLEAN
EN DIFERENTES PAÍSES*

País	Vitamina B ₁		Vitamina B ₂		Niacina		Hierro	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Australia	1.5	-	2.2	-	15	-	14	-
Canadá	4.4	7.7	2.7	4.8	35	64	29	43
Chile	4.3	-	1.3	-	13	-	30	-
Congo	4	6	2.5	3.5	32	45	26	35
Costa Rica	4.4	5.5	2.6	3.3	35	44	28	36
Dinamarca	5	-	5	-	-	-	30	-
Rep. Dominicana	4.4	5.5	2.6	3.3	35	44	29	38
Guatemala	4.4	-	2.6	-	35	-	29	-
Guayana	4.4	5.5	2.7	3.3	35	44	29	36
Israel	-	-	2.5	-	-	-	-	-
Japón	5	8	3	5	-	-	-	-
Kenia	4.5	5.5	2.7	3.3	35	44	29	36
Nigeria	5	-	3.5	-	50	-	35	-
Panamá	4.4	-	2.6	-	35	-	29	-
Perú	4	-	4	-	30	-	20	-
Filipinas	4.4	5.5	2.6	3.3	35	44	29	36
Portugal	4.4	5.5	2.6	3.3	35	44	28	36
Puerto Rico	4.4	5.5	2.6	3.3	35	44	28	36
Suecia	4	8	1.5	3	40	80	65	90
Suiza	4.4	-	2	-	50	-	29	-
Reino Unido	2.4	-	-	-	16	-	16.5	-
EUA	6.4	-	4	-	55	-	44	-
Rusia	2	4	4	-	10	30	-	-
Indias occidentales	4.4	5.5	2.6	3.3	35	44	28	36

* Adaptado de Bauernfeind.¹³ Esta tabla tomada de la literatura sirve como guía. La actualización de los valores se debe confirmar con los organismos normativos de cada país. En algunas naciones existen especificaciones para otros cereales como maíz, arroz o para productos terminados como pasta, pan, cereales instantáneos, etcétera

do adicionan, en general, cantidades menores o, inclusive, no adicionan algunos de estos nutrientes como el hierro en el caso de Rusia. Otros, como Estados Unidos de América (EUA), adicionan cantidades mayores de estos nutrientes.

En general, por los nutrientes y las cantidades que se adicionan, el criterio que predomina es el de la restauración de vitaminas y minerales. Sin embargo, algunos países han aplicado también el concepto de adicionar otras vitaminas y minerales a los cereales como una forma de proporcionar los nutrientes cuyo riesgo de deficiencia es elevado. Algunas naciones como Canadá, Australia, Japón y Dinamarca incluyen la adición de calcio a la harina de trigo.¹³ Canadá adi-

ción, además, vitamina B₆, ácido fólico, ácido pantoténico y magnesio; esta práctica es común en varios sitios. En EUA existe la propuesta desde hace algunos años de cambiar la fórmula para la adición de vitaminas y minerales de acuerdo con el esquema que se presenta en el cuadro III.¹⁴

Premezcla de vitaminas y minerales

Selección de nutrimentos y su concentración

Los nutrimentos y las cantidades que se recomiendan para la adición de vitaminas y minerales en las harinas que se producen en México se indican en el cuadro IV. Inicialmente se consideró el criterio de restauración con la mezcla que se utiliza de manera generalizada en el mundo: tiamina, riboflavina, niacina y hierro. El nivel de restauración de la tiamina de acuerdo con los estudios internacionales que se muestran en el cuadro I, es de aproximadamente 4.4 mg/kg para el trigo y de 3.4 mg/kg para el maíz; para ambos valores se ha considerado el grado máximo de extracción en la obtención de las harinas. Esta pérdida de nutrimentos debido a la molienda y refinación se incrementa en la elaboración de productos finales como pan o pastas, en el caso del trigo, y tortilla, en el del maíz; la pérdida de tiamina en la transformación de la harina de maíz en tortilla puede ser de hasta 40% del valor inicial en la primera.¹⁵ Al tomar en cuenta los niveles de pérdida de nutrimentos en la molienda de los granos y en la elaboración de los productos finales, así como los niveles que se adicionan en otros países, se propone un nivel de adición de tiamina de 5 mg/kg de harina producida tanto en el trigo como en el maíz. Las pérdidas de riboflavina durante la molienda son de aproximadamente 0.6 g/kg (60%) en el trigo y de 0.5 g/kg

Cuadro III
NIVELES DE ADICIÓN DE NUTRIMENTOS A LA HARINA DE TRIGO EN LA LEGISLACIÓN ACTUAL DE ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA Y NIVELES PROPUESTOS* (MG/LB DE HARINA)

Nutrimentos	Nivel utilizado en la actualidad [†]	Nivel propuesto
Tiamina	2.9	2.9
Riboflavina	1.8	1.8
Niacina	24.0	24.0
Hierro	13.0-16.5	40.0
Calcio	960	900
Vitamina A	Ninguno	1.3 (4 300 IU)
Piridoxina	Ninguno	2.0
Acido fólico	Ninguno	0.3
Magnesio	Ninguno	200.0
Zinc	Ninguno	10.0

* Adaptado de Emodi y Scialpi¹⁴

[†] Código de regulaciones de la federación, título 21 parte 136-137

(55%) en el maíz (cuadro I). Sin embargo, existen pérdidas muy importantes durante la elaboración de alimentos a partir de la harina,¹⁶ por lo que la mayoría de los países adicionan entre 1.5 y 3 mg/kg. Además, en la elaboración de la tortilla se puede perder hasta 50% de la riboflavina,¹⁵ de tal manera que se recomienda una adición de riboflavina de 3 mg/kg. La pérdida de niacina es de aproximadamente 22 mg/kg en la molienda del trigo, y de cerca de 7 mg/kg en la del maíz; empero, es de todos sabido que el maíz constituye una fuente pobre de niacina y triptofano,¹⁷ y si bien la nixtamalización aumenta la biodisponibilidad de la niacina,¹⁸ se considera benéfico adicionar la misma cantidad

Cuadro IV
NIVELES DE NUTRIMENTOS Y FORMA COMERCIAL QUE SE RECOMIENDA PARA LA ADICIÓN DE VITAMINAS Y MINERALES A LAS HARINAS DE TRIGO Y DE MAÍZ EN MÉXICO

	Niveles de nutrimentos en mg/kg						Compuesto recomendado
	Trigo			Maíz			
	Nivel mínimo	Nivel recomendado	Nivel máximo	Nivel mínimo	Nivel recomendado	Nivel máximo	
Tiamina	4.0	5.0	8.0	4.0	5.0	8.0	Mononitrato de tiamina
Riboflavina	2.4	3.0	5.0	2.4	3.0	5.0	Hidroclorhidrato de riboflavina
Niacina	28.0	35.0	45.0	28.0	35.0	45.0	Nicotinamida
Acido fólico	1.6	2.0	3.2	0.4	0.5	0.8	Acido fólico
Hierro	24.0	30.0	40.0	24.0	30.0	40.0	Hierro reducido extrafino
Zinc	16.0	20.0	26.0	16.0	20.0	26.0	Óxido de zinc

Los valores mínimos y máximos se incluyen para facilitar el control de calidad. El objetivo debe ser adicionar el nivel recomendado

de niacina a las dos harinas, a pesar que desde el punto de vista puramente de restauración el maíz podría llevar menos. El nivel recomendado es de 35 mg/kg de harina.

De hierro se pierden aproximadamente 25 y 13 mg/kg de harina durante la molienda para el trigo y el maíz, respectivamente. Considerando las pérdidas posteriores en proceso y debido a que, en materia de deficiencias de nutrimentos, la de hierro es la más importante en México,¹⁹ se recomienda la adición de 30 mg/kg para ambas harinas. Esta recomendación es compatible con los niveles de adición que se observan en la mayoría de los países (cuadro II).

Además de los nutrimentos incluidos en la restauración, se consideró benéfica la adición de ácido fólico y de zinc a las harinas de trigo y de maíz. Para la adición de ácido fólico a la harina de trigo se propone el nivel que ya había sido determinado en la norma oficial mexicana NOM 147-SSA1 1996 de 2 mg/kg de harina, considerado como el más adecuado para contribuir a prevenir el riesgo de defectos del cierre del tubo neural. Este nivel de ácido fólico sería excesivo para el maíz dado que se consume, en general, en mucho mayor cantidad. Se propone un valor de 0.5 mg/kg, el cual es similar al de la riboflavina y la niacina de acuerdo con la proporción de las recomendaciones que aportan. Este valor es similar al propuesto recientemente en los EUA para la harina de trigo, que constituye el cereal de mayor consumo en aquel país (cuadro III).

La propuesta de incluir al zinc en la fórmula se basa en estudios recientes que demuestran que la deficiencia moderada de zinc aumenta la presencia de enfermedades infecciosas en niños y que la suplementación con el mineral disminuye la morbilidad^{20,21} debido, probablemente, a un estímulo de la respuesta inmune. En uno de estos estudios, la suplementación con zinc redujo en 35% la incidencia de diarrea de preescolares mexicanos.²¹ Si bien es un aspecto que no se ha evaluado de forma adecuada, existen evidencias que hacen suponer que la deficiencia de zinc en México puede ocurrir en una proporción elevada de la población.¹⁹ Se sugiere una adición de 20 mg/kg para ambas harinas. Cabe mencionar que este nivel de adición de zinc no interfiere en forma alguna con la absorción de hierro, lo que ha sido ampliamente demostrado en niños que recibieron el complemento durante un año, con ambos minerales.²¹ Por otra parte, la adición de zinc es recomendable para evitar cualquier posible efecto negativo de la adición de hierro en el estado nutricional de zinc.

Los cuadros V y VI muestran los valores aproximados en términos de porcentaje de las recomen-

Cuadro V
PORCIENTO DE LA RECOMENDACIÓN DIARIA
PROPORCIONADA POR LA HARINA
DE TRIGO ADICIONADA CON LA FÓRMULA PROPUESTA

Nutrimento	Composición*		% Recomendación con harina adicionada [†]	
	Harina tradicional (1 000 g)	Harina adicionada (1 000 g)	En un pan (62.5g)	En 1 000 Kcal (265.3g)
Energía	3 770 Kcal	3 770 Kcal	-	-
Tiamina	1.3 mg	6.3 mg	35.8	152
Riboflavina	0.44 mg	3.44 mg	16.5	70.2
Niacina	11.8 mg	46.8 mg	19.5	83
Hierro	11.2 mg	41.2 mg	17.2	73
Acido fólico	ND [‡]	2.0 mg	69.4	295
Zinc	ND [‡]	10 mg	10.4	44.25

Fuente: * Tablas de composición de los alimentos mexicanos INNSZ 1987

[†] Recomendaciones para la mujer adulta en edad reproductiva (25-50 años). National Academic of Science National Research Council, EUA, 1989

[‡] Valor no detectado

Cuadro VI
PORCIENTO DE LA RECOMENDACIÓN DIARIA
PROPORCIONADA POR LA HARINA
DE MAÍZ ADICIONADA CON LA FÓRMULA PROPUESTA

Nutrimento	Composición*		% Recomendación con harina adicionada [†]	
	Harina tradicional (1 000 g)	Harina adicionada (1 000 g)	En una tortilla (30 g)	En 1 000 Kcal (446 g)
Energía	3 770 Kcal	3 770 Kcal	-	-
Tiamina	2.2 mg	7.2 mg	19.64	292
Riboflavina	0.5 mg	3.5 mg	8.08	120
Niacina	13.0 mg	48.0 mg	9.6	143
Hierro	39.0 mg	69.0 mg	13.8	205
Acido fólico	ND [‡]	0.5 mg	8.3	124
Zinc	18 mg	38 mg	7.6	112

Fuente: * Tabla de composición de los alimentos mexicanos INNSZ 1987

[†] Recomendaciones para la mujer adulta en edad reproductiva (25-50 años) National Academic of Science. National Research Council, EUA, 1989. No se consideran pérdidas por proceso de obtención de la tortilla

[‡] Valor no detectado

daciones diarias de los nutrimentos que se sugiere adicionar a las harinas de trigo y de maíz; en el análisis se consideran las formas más comunes de consumo de las harinas, el pan para la harina de trigo y la tortilla para la de maíz.

Límites máximos y mínimos de adición

Los valores recomendados en el cuadro IV constituyen la cantidad de nutrimentos que se pretende adicionar; sin embargo se considera conveniente establecer un nivel máximo de adición. Esto último es particularmente importante en el caso de los minerales, ya que cantidades elevadas de los mismos pueden causar problemas fisicoquímicos en los productos o, en casos muy extremos, podrían resultar dañinos al organismo. En general se propone un nivel máximo de adición de 60% por arriba del sugerido para la tiamina, la riboflavina y el ácido fólico, y de 30% por arriba del nivel sugerido para la niacina, el hierro y el zinc. Con fines de control de calidad se establece también un valor mínimo de adición que corresponde a 20% menos del nivel recomendado de acuerdo con los niveles normales de variación en las harinas.¹⁶ En todos los casos el objetivo debe ser lograr el nivel recomendado.

Selección de la forma de los nutrimentos

Uno de los aspectos críticos en la definición de una mezcla adecuada de los micronutrimentos que se deben adicionar a las harinas, es la selección de la forma o la fuente más adecuada del nutrimento. En el cuadro IV se pueden observar las formas de los nutrimentos que se proponen para la fortificación de las harinas de trigo y maíz en México. En general, las vitaminas hidrosolubles (tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico) se adicionan en forma cristalina directamente a la harina o en forma de premezcla. En el caso de la tiamina es más común el uso de la sal de mononitrato en lugar del clorhidrato de tiamina, ya que esta última puede ser menos estable;²² en las demás el uso de hidroclorehidrato de riboflavina, ácido nicotínico y ácido fólico es la forma más común²³ y, por lo tanto, la que se recomienda.

En cuanto a la selección de la fuente más apropiada de minerales, la definición es menos obvia y requiere la consideración de varios factores, entre los que destacan la reactividad de la fuente de nutrimentos, la biodisponibilidad del nutrimento (grado de absorción y utilización del nutrimento en el organismo humano) en el compuesto y al momento de mezclarse con otros compuestos o nutrimentos, y el costo del compuesto, que afectará al costo total de la fortificación.

En lo tocante a fuentes de hierro, hoy en día más de 30 están disponibles, desde el hierro elemental en forma reducida, electrolítica o en forma de carbonilo,²⁴ pasando por todas las sales no elementales de hierro²⁵ hasta fuentes actualmente en investigación como el hierro-EDTA, el hierro-aminoquelado y el hierro he-

mínico.²⁶ Las formas más utilizadas, por su estabilidad, niveles de absorción comprobada y bajo costo, son el sulfato ferroso y el hierro reducido.²⁷ El sulfato ferroso presenta mejor biodisponibilidad y solubilidad, lo que lo hace más reactivo y puede causar el deterioro de algunos productos o reducir su vida de anaquel.¹² Se han notificado problemas de deterioro en el color y de rancidez con el uso de sulfato ferroso.²⁵ Por otro lado, el uso de partículas muy finas puede mejorar la biodisponibilidad del hierro reducido; se ha informado de biodisponibilidades de alrededor de 90% comparadas con sulfato ferroso mediante el uso de hierro reducido con partículas bastante pequeñas.²⁴ De hecho, por su larga vida de anaquel, el hierro reducido es la forma que más se utiliza para adicionarse a las harinas. Además, es más barato que el sulfato ferroso, ya que actualmente este último cuesta 2.50 dólares por kilogramo con una pureza de 27%, mientras que el hierro reducido ultrafino (95% en malla estándar 3.25) cuesta 2.99 dólares por kilogramo, pero tiene una pureza de 96%; así entonces, el sulfato ferroso es tres veces más caro. Por su baja reactividad y su bajo costo, se propone el uso de hierro reducido extrafino (cuadro IV); el tamaño de las partículas está definido para que 95% del producto pase a través de una malla estándar 3.25.

Por otra parte, existen varios compuestos que pueden utilizarse para la adición de zinc a las harinas de trigo y de maíz. Los dos más empleados y que han demostrado tener una efectividad muy similar para el caso de las harinas, son el sulfato de zinc y el óxido de zinc.^{23,28} De manera similar a lo que ocurre con el hierro, el sulfato de zinc es más soluble y, por lo tanto, más disponible y más reactivo, lo cual incrementa el riesgo de deterioro en el producto. En cuanto al costo, el óxido de zinc con 80% de concentración cuesta 2.8 dólares por kilogramo, y el sulfato de zinc con 38% de concentración cuesta 11 dólares por kilogramo, por lo que este último es aproximadamente ocho veces más caro. Se propone el uso de óxido de zinc de acuerdo con lo que se muestra en el cuadro IV.

La mezcla de vitaminas y minerales que se propone es la que, de acuerdo con la información disponible, parece ofrecer las mejores características de estabilidad, biodisponibilidad y composición nutricia. La fórmula tiene un costo de sólo 0.014 pesos (1.4 centavos) por kilogramo de harina de trigo y 0.011 pesos (1.1 centavos) por kilogramo de harina de maíz, y los beneficios potenciales pueden ser considerables. Desde luego que la propuesta de este documento está sujeta a cambios en la medida en que se identifiquen mejores formas de adición de nutrimentos o se defina que los niveles deben modificarse para lograr algún

beneficio adicional en la población. Por el momento, es necesario realizar estudios de estabilidad, aceptabilidad y biodisponibilidad de los productos derivados de las harinas fortificadas, especialmente de la de maíz, sobre la que la información internacional es muy escasa y corresponde a los mexicanos generarla, pues la población depende en gran medida de este importante cereal.

Referencias

- Nielson JH. Wheat: Its processing and utilization. *Am J Clin Nutr* 1985; 41:1070-1076.
- Fournier P. El maíz y la tortilla en la industria prehispánica. En: Torres F, Moreno E, Chong I, Quintanilla J, ed. *La industria de la masa y la tortilla, desarrollo y tecnología*. México, D.F.: UNAM-Programa Universitario de Alimentación, 1996:97-108.
- Matz AS. *Cereal technology*. Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company, 1970.
- Moran R. Nutritional significance of recent work on wheat, flour and bread. *Nutr Abstr Rev* 1959;29:1-16.
- Thomas B. Nutritional-physiological views in processing cereal products. *Vegetables* 1968;15:360.
- Schroeder HA. Losses of vitamins and trace minerals resulting from processing and preservation of foods. *Am J Clin Nutr* 1971;24:562-573.
- Pederson B, Eggum BO. Influence of milling on nutritive value of wheat. *Qual Plant Foods Hum Nutr* 1983;33:51-61.
- Pederson B, Eggum BO. Influence of milling on nutritive value of maize. *Qual Plant Foods Hum Nutr* 1983;33:299-311.
- Proposed fortification policy for cereal grain products. *NRC Rept*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1974.
- Contreras R. Enriquecimiento de nutrientes en harina de maíz. En: Torres F, Moreno E, Chong I, Quintanilla J, ed. *La industria de la masa y la tortilla, desarrollo y tecnología*. México, D.F.: UNAM-Programa Universitario de Alimentación, 1996:119-126.
- Madrigal H, Batrouni L, Ramirez D, Serrano L. Cambios en el consumo de alimentos en México. *Rev Invest Clin* 1986;38:33-39.
- Bauernfeind JC, DeRitter E. Foods considered for nutrient addition: Cereal grain products. En: Bauernfeind JC, Lachance PA, ed. *Nutrient additions to food. Nutritional, technology and regulatory aspects*. Trumbull, Connecticut: Food and Nutrition Press, 1991:143-209.
- Bauernfeind JC. Nutrification of food. En: Shils ME, Olson JA, Shike M, ed. *Modern nutrition in health and disease*. 8a. edición. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994:1579-1592.
- Emodi AS, Scialpi L. Quality of bread fortified with ten micronutrients. *Cereal Chem* 1980;51:1-3.
- Serna-Saldívar SO, Gomez MH, Rooney LW. The chemistry, technology and nutritional value of alkaline-cooked corn products. En: Pomaranz Y, ed. *Advances in cereal chemists*. St. Paul (MN): 1990:10:201-203.
- Steele CJ. Cereal fortification: Technological problems. *Cereal Foods World* 1976;21(4):538-540.
- Lorenz K, Lee V. The nutritional and physiological impact of cereal products in human nutrition. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* 1977;8(4): 383-456.
- Gómez MH, Rooney LW, Waniska RD, Pflugfelder RL. Dry corn masa flours for tortilla and snack food. *Cereal Foods World* 1987;32(5):372-377.
- Rosado JL, Bourges H, Saint Martin B. Deficiencia de vitaminas y minerales en México. Una revisión crítica del estado de la información: I. Deficiencia de minerales. *Salud Publica Mex* 1995;37:130-139.
- Sasawal S, Black RE, Bhan MK, Jalla S, Sinha A, Bhandari N. Efficacy of zinc supplementation in reducing the incidence and prevalence of acute diarrhea: A community-based, double-blind, controlled trial. *Am J Clin Nutr* 1997;66:413-418.
- 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. *Am J Clin Nutr* 1997;65:13-19.
- Hollenbeck CM, Obermeyer HG. Relative stability of thiamin mononitrate and thiamin chloride hydrochloride in enriched flour. *Cereal Chem* 1952;29:82-87.
- Ranum PM. Note on levels of nutrients to add under expanded flour fortification/enrichment programs. *Cereal Chem* 1980;57(1):70-72.
- Patrick J. Elemental Sources. En: Clydesdale FM, Wiemer KL, ed. *Iron fortification of foods*. Orlando (FA): Academic Press, 1985:31-38.
- Hurrell RF. Nonelemental sources. En: Clydesdale FM, Wiemer KL, ed. *Iron fortification of foods*. Orlando (FA): Academic Press, 1985:39-53.
- Macphail P, Charlton R, Bothwell T, Bezwoda W. Experimental fortifiants. En: Clydesdale FM, Wiemer KL, ed. *Iron fortification of foods*. Orlando (FA): Academic Press, 1985:55-71.
- Clydesdale FM, Wiemer KL. *Iron fortification of foods*. Orlando (FA): Academic Press, 1985.
- Ranhotra GS, Loewe RJ, Puyat LV. Bioavailability and functionality of zinc in various organic and inorganic sources. *Cereal Chem* 1977;54: 496-499.