

Fortification Basics

Harina Refinada de Maíz/ Harina Integral de Maíz

Fundamento

El maíz es un cereal cuyas mazorcas están formadas por granos blancos, amarillos o rojizos, los cuales son ricos en almidón, están unidos a una coronta y protegidos por múltiples capas de hojas fibrosas.

La forma en que se procesa y consume el maíz varía enormemente de un país a otro, siendo la harina refinada de maíz y la harina integral de maíz dos de los productos más populares. Para producir la harina integral de maíz, se muele el grano entero para producir una harina granulada compuesta por partículas cuyo tamaño varía de grueso a más fino, mientras que la harina refinada de maíz se obtiene de la molienda del endosperma del grano de maíz después que el germen y las capas exteriores han sido removidos (ver Figura 1). Estos dos productos han reemplazado al maíz entero como componentes importantes de la dieta en muchos lugares del mundo. Al igual que con todos los cereales, la mayoría de los micronutrientes están concentrados en las capas exteriores del grano; por lo tanto, al remover esas capas en el proceso de molienda, se pierde la mayoría de las vitaminas y de los minerales. Sin embargo, tales pérdidas pueden ser compensadas a través del enriquecimiento o fortificación sin afectar la calidad o aceptación de los alimentos preparados con harina refinada o harina integral de maíz.

La harina refinada y la harina integral de maíz pueden ser consideradas como vehículos en los programas de fortificación puesto que son alimentos básicos en muchas partes del mundo. En Zambia, por ejemplo, más de dos tercios de la ingesta de energía diaria de las personas es aportada por el maíz; en América Central, casi la mitad de la ingesta de energía diaria es aportada por la harina refinada de maíz, y en muchos otros países entre el 10 y el 30 por ciento de la ingesta de energía diaria es proporcionada por la harina refinada o la harina integral de maíz (Cuadro 1).

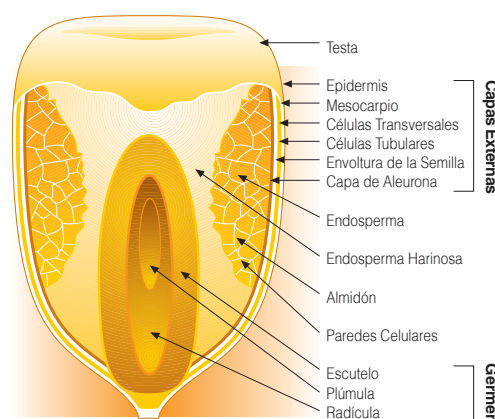
Criterios de Fortificación

El maíz entero es una buena fuente de tiamina, piridoxina y fósforo, y una fuente aceptable de riboflavina, niacina, folato, biotina, hierro y zinc. Sin embargo, muchos de estos nutrientes se pierden durante la molienda (Cuadro 2). Los micronutrientes que no se encuentran en cantidades significativas son las vitaminas A y E, y el calcio. Todos los nutrientes mencionados más arriba pueden ser agregados fácilmente a la harina refinada o la harina integral de maíz durante el proceso de molienda. La concentración de vitaminas y minerales que se agregará se debe calcular sobre la base de los requerimientos nutricionales y los patrones de consumo; se debe calcular asimismo las pérdidas experimentadas durante el almacenamiento y la cocción. Venezuela, por ejemplo, fortifica la harina refinada de maíz con una premezcla de vitaminas y minerales que contiene vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina y hierro. Algunos productores en Zimbabue y Namibia fortifican la harina integral de maíz con una premezcla de vitaminas y minerales que contiene vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina, folato, piridoxina y hierro.

Para que un programa de fortificación sea manejable, es necesario que la molienda se realice en unos pocos molinos centralizados en lugar de cientos o miles de pequeños molinos locales. La razón de esto es que en aquellos casos en que la molienda no es centralizada es sumamente difícil poner en práctica un sistema de control de calidad. Las personas que consumen harina refinada de maíz no procesada, producida localmente, tienen menos probabilidades de beneficiarse de un programa de fortificación. Sin embargo, en Zambia y Zimbabue se están evaluando programas mediante los cuales, en los molinos de martillo también se podría fortificar la harina integral de maíz usando un tambor de mezclado modificado.

La creciente centralización de la molienda de maíz, su gran consumo a nivel mundial, y la simplicidad de la tecnología de fortificación hacen de la harina

Figura 1
Corte Transversal de un Grano de Maíz



Cuadro 1
Consumo Per Capita de Maíz y Porcentaje de la Ingesta de Energía Diaria Proveniente del Maíz en Países Seleccionados

País	Consumo (g/día)	% de Ingesta Energía Diaria
Bolivia	79	10
Brasil	59	7
Egipto	165	18
Guatemala	302	48
Honduras	249	36
India	23	3
México	335	34
Nepal	135	22
Filipinas	56	6
Sudáfrica	293	32
Venezuela	175	18
Zambia	411	62

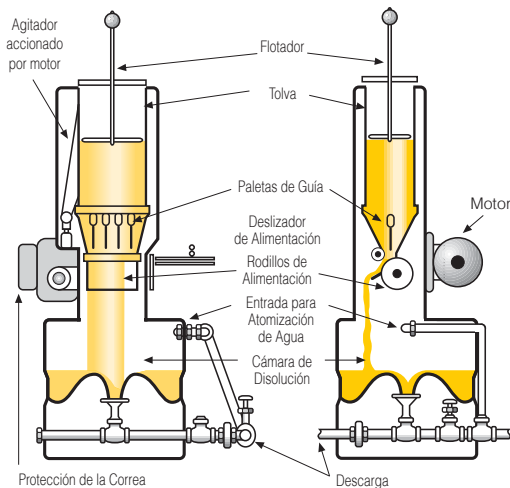
FAO 1996. Hojas de Balance de Alimentos. Roma 1992-1994.

Cuadro 2
Influencia de la Molienda sobre el Contenido de Vitaminas y Minerales del Maíz

Vitaminas (mcg/g)	Maíz Entero	Maíz Descascarado	Maíz Sin Germen
Vitamina A	0	-	-
Tiamina (B1)	4,7	4,4	1,3
Riboflavina (B2)	0,9	0,7	0,4
Niacina	16,2	13,9	9,8
Piridoxina (B6)	5,4	5,4	1,9
Vitamina E	0	-	-
Folato	0,3	0,2	0,1
Biotina	0,073	0,055	0,014
Minerales			
Calcio	30.800	26.700	14.500
Fósforo	3.100	2.500	800
Zinc	21,0	17,1	4,4
Hierro	23,3	19,7	10,8

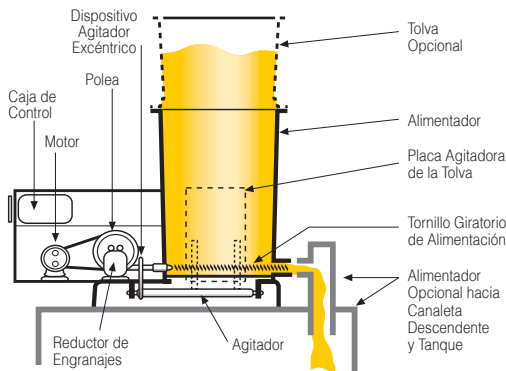
Bauernfeind, J.C. and E. DeRitter. 1991. Cereal Grain Products. En Nutrient Addition to Foods. Bauernfeind, J.C. y P.A. Lachance (Eds). Food and Nutrition Press. Trumbull, CT.

Figura 2
Alimentador Volumétrico Tipo Rodillo con Regulación de Velocidad de Alimentación con Barra Corredera



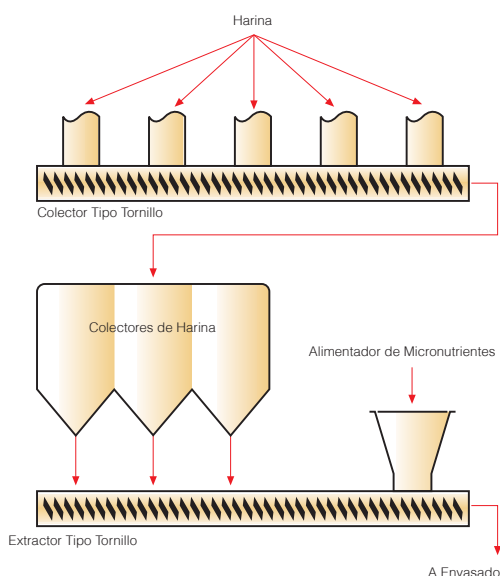
Lund, D. 1991. Engineering aspects of nutfifying foods. En Nutrient addition to foods. Bauernfeind, J.C. y P.A. Lachance (Eds). Food and Nutrition Press. Trumbull, CT

Figura 3
Alimentador Tipo Tornillo con Motor de Velocidad Variable



Lund, D. 1991. Engineering aspects of nutfifying foods. En Nutrient Addition to Foods. Bauernfeind, J.C. y P.A. Lachance (Eds). Food and Nutrition Press. Trumbull, CT

Figura 4
Adición de Micronutrientes Antes del Envasado



refinada de maíz y la harina integral de maíz un buen vehículo para una intervención nutricional.

Tecnología

El proceso de agregar micronutrientes a la harina refinada de maíz o a la harina integral de maíz y la selección de los dosificadores o alimentadores deben ser estudiados cuidadosamente. El proceso de dosificación deberá asegurar la distribución uniforme de los nutrientes en el producto en el molino, durante el almacenamiento, y en los alimentos después de que estos son preparados. Se deberán calcular y tomar en cuenta las pérdidas experimentadas durante el procesamiento, el almacenamiento y la cocción al determinar el nivel de micronutrientes que se agregará.

Los micronutrientes pueden ser agregados en forma individual o combinados en una premezcla en una proporción especificada. La premezcla se agrega a una tasa compatible con el flujo de harina refinada o harina integral a lo largo de la correa transportadora (habitualmente 10-60g/100 Kg de harina refinada o harina integral) usando alimentadores regulables. Se usan alimentadores automáticos volumétricos (Figura 2) o tipo tornillo (Figura 3). Es importante mezclar bien la harina refinada o integral después de agregar los micronutrientes.

Los dos lugares más comunes para agregar los micronutrientes son:

- antes de envasar en un transportador tipo tornillo (se obtiene un mezclado apropiado) (Figura 4).
- el lugar donde convergen las harinas refinadas o las harinas integrales provenientes de diferentes lotes (se obtiene un mezclado excelente) (Figura 5).

Para minimizar los errores en la tasa de agregado, los micronutrientes deben fluir libremente y, para evitar que se separen de la harina refinada o de la harina integral, el tamaño de la partícula debe ser similar a la del producto final. El control y la regulación del alimentador es de suma importancia para agregar la cantidad correcta de micronutrientes a la harina refinada o a la harina integral.

Estabilidad de los Micronutrientes

Algunos factores que influyen sobre la estabilidad de las vitaminas y los minerales agregados durante el almacenamiento y la preparación de la harina refinada de maíz o harina integral de maíz son:

Almacenamiento

temperatura
contenido de humedad
presencia/ausencia de luz
pH del sistema
presencia de oxígeno
duración del almacenamiento
envase

Preparación

temperatura
tipo de preparación
tiempo de cocción
proceso

Las vitaminas A, D y el ácido fólico son inestables cuando son expuestos al aire, la luz, y el calor. La vitamina B1 es sensible al calor y a los álcalis. La vitamina B2 es sensible a la luz y a un pH alcalino. La vitamina B6 y la biotina son sensibles al pH. La niacina es la vitamina más estable y en general no es afectada por la luz, el calor ni el pH.

Los micronutrientes de la harina refinada de maíz fortificada almacenada a temperatura ambiente, tienen buena estabilidad (Cuadro 3). Un estudio demostró que la harina refinada de maíz amarillo conservaba toda la actividad de su vitamina B6, más del 95 por ciento de las vitaminas A, B1 y B2, y alrededor del 85 por ciento del ácido fólico después de seis meses de almacenado a temperatura ambiente. En otro estudio, en que se almacenó harina refinada de maíz fortificada durante 12 semanas a 45°C, se observó que ésta conservó más del 95 por ciento de la vitamina B6 y del folato, y el 67 por ciento de la vitamina A originales. El calor y la humedad constituyen condiciones de almacenamiento desfavorables puesto que afectan la estabilidad de algunos micronutrientes como la vitamina A. Esto debe ser considerado en lugares húmedos donde las bodegas no son climatizadas.

A pesar de la pérdida gradual de la vitamina A durante el almacenamiento, su biodisponibilidad (absorción en el intestino) en la harina refinada de maíz almacenada por tres meses a temperatura ambiente, 40°C, y 45°C, es sobre 95 por ciento, lo que se considera excelente.

La estabilidad de las vitaminas y de los minerales en alimentos cocinados preparados con harina refinada de maíz fortificada también es buena. Sólo la

vitamina A presentó una pérdida de entre 10 y 15 por ciento después de hervir la harina refinada de maíz durante 5 minutos.

De acuerdo con las pruebas realizadas en Sudáfrica, la pérdida de vitamina A durante la cocción tradicional de la harina integral de maíz es algo más alta que para la harina refinada de maíz, probablemente debido a las diferentes condiciones de tiempo-temperatura. Estas pérdidas se pueden compensar agregando una cantidad adicional o exceso de esta vitamina a la harina refinada de maíz o a la harina integral de maíz.

Debido a que la riboflavina tiene un color amarillo brillante, es posible que los consumidores rechacen los alimentos que la contienen, lo que determina que se limite la cantidad usada en la fortificación. En Venezuela, por ejemplo, fue necesario reducir el nivel de riboflavina en la harina refinada de maíz fortificada de 4 mg/Kg a 2,5 mg/Kg de harina refinada por este motivo. El color de la harina refinada de maíz fortificada con 2,5 mg/Kg no cambia y es bien aceptado por los consumidores. La degradación de la niacina en los productos de panadería con pH alto, como las tortillas, puede producir un olor particular.

Los compuestos de calcio, hierro, magnesio y zinc que tienen propiedades organolépticas y físicas aceptables pueden ser agregados a la harina refinada y a la harina integral de maíz. Con frecuencia se producen problemas de color cuando se agrega sulfato ferroso o fumarato ferroso como fuentes de hierro. El hierro elemental también tiene sus desventajas. El tamaño fino de la partícula de hierro elemental puede hacer que éste se separe de la harina refinada o la harina integral cuando se utilizan purificadores con separación por aire. También puede ser captado por las barras magnéticas si éstas están ubicadas cerca del lugar de envasado. No obstante, en Venezuela se usa una mezcla de fumarato ferroso y hierro reducido con buenos resultados.

Control de Calidad

Un programa de fortificación con minerales y vitaminas hace necesario que periódicamente se realicen pruebas para asegurar que el producto final contenga la cantidad deseada de micronutrientes antes de su consumo. Por consiguiente, se necesitan instalaciones y procedimientos apropiados, como también, personal debidamente capacitado. Se debe formular un plan de control de calidad preciso para determinar el nivel de fortificante que debe contener la harina refinada o la harina integral de maíz, especialmente para los nutrientes más lábiles como la vitamina A.

La determinación de las vitaminas A, B1, B2, B6, niacina y ácido fólico se realiza usando un método cuantitativo. Los métodos cuantitativos comprenden los de HPLC y espectrofotométrico. El método HPLC se basa en la separación de una vitamina específica de otras sustancias que absorben energía radiante a una longitud de onda igual o similar a la de la vitamina específica. El método es preciso, pero el equipo necesario es costoso y se requiere personal altamente calificado. La vitamina A (retinol) también puede ser determinada espectrofotométricamente, midiéndose la absorbancia del retinol después de su destrucción selectiva mediante la exposición a la luz ultravioleta. El método espectrofotométrico es menos costoso y más fácil que el método HPLC y el resultado se puede obtener más rápidamente, pero es menos sensible que el método HPLC. La niacina también se puede medir mediante espectrofotometría, después de mezclar el alimento con ácido sulfanílico para que dé un color amarillo, cuya intensidad es proporcional a la concentración de niacina en el alimento.

Cuando se usan premezclas vitamínico-minerales en los alimentos, se puede analizar sólo un micronutriente como nivel de referencia en el producto final.

Costos

El costo de la fortificación de la harina refinada de maíz o de la harina integral de maíz comprende el costo de los micronutrientes, los equipos (alimentadores), el mantenimiento de los equipos, el control de calidad, y el personal adicional necesario. Al considerar la fortificación con múltiples micronutrientes, es importante tomar en cuenta las interacciones entre los micronutrientes y tal vez separar los más reactivos usando dos premezclas diferentes.

En Venezuela, una premezcla que contiene cinco vitaminas y minerales (A, B1, B2, niacina, y hierro a los niveles indicados en el Cuadro 4) cuesta entre US\$12 y US\$15/Kg. Si se agrega 0,20 Kg por tonelada de harina, el impacto sobre el costo fluctúa entre US\$2,4 y US\$3,0 por tonelada métrica de harina refinada de maíz, lo que representa alrededor de 0,3 por ciento del precio de venta del producto al por menor. En Zimbabwe, una premezcla que contiene las vitaminas A, B1, B2, B6, niacina, folato (25% IDR/200g después de su cocción) y hierro (20% IDR/200g después de su cocción) cuesta entre US\$2,5 y US\$3,0 por tonelada métrica de harina integral de maíz.

Cuadro 3

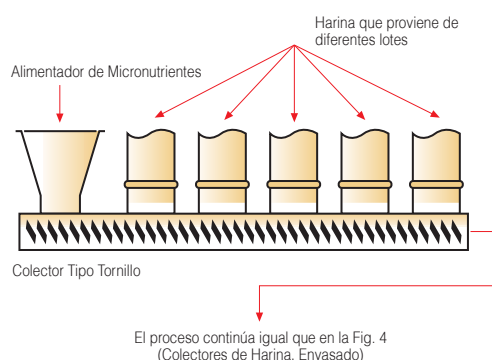
Estabilidad de la Premezcla de Vitaminas y Hierro en la Harina Refinada de Maíz Amarillo (6,5% de Humedad) Durante Almacenamiento a Temperatura Ambiente

Nutriente	Unidades	Inicial	3 meses	6 meses
Unidades por Libra				
Vitamina A (250 SD)	UI	6.000	5.820	5.880
Tiamina (vitamina B1)	mg	3,2	3,2	3,1
Riboflavina (vitamina B2)	mg	2,0	1,8	1,9
Niacina	mg	26,0	25,7	ND
Piridoxina (vitamina B6)	mg	4,5	4,0	4,5
Acido Fólico	mg	0,6	0,5	0,5
Hierro	mg	41,0	39,0	40,0

ND = no disponible

Rubin, S.H., A. Emodi, and L. Scalpi. 1977. Micronutrient addition to cereal grain products. Cereal Chem. 54: 4. 895-903.

Figura 5
Adición de Micronutrientes Donde Convergen Diferentes Lotes de Harina



Cuadro 4

Nivel de Fortificación de Harina de Maíz Precocida en Venezuela

Nutriente	Nivel / 89 g*	% IDR
Vitamina A (UI)	801	30
Tiamina (vitamina B1) mg	0,28	32
Riboflavina (vitamina B2) mg	0,22	17
Niacina (mg)	4,54	30
Hierro (mg)	4,45	40

Instituto Nacional de Nutrición, Enriquecimiento de la harina de maíz precocida y de la harina de trigo en Venezuela: Una gestión con éxito. Serie de cuadernos azules. Nº 51. Caracas, Venezuela.

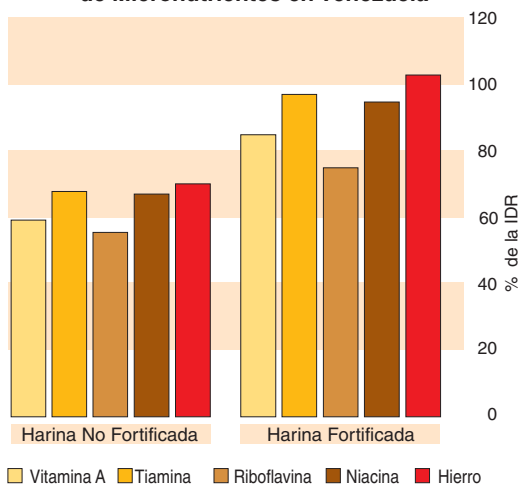
* Nivel de consumo medio.

Cuadro 5
**Nivel de Fortificación de la Harina de Maíz
 Enriquecida en EE.UU.**

Nutriente	Nivel (mg/100 g)
Tiamina	0,44-0,66
Riboflavina	0,26-0,40
Niacina	3,5-5,3
Folato	0,15-0,22
Hierro	2,9-5,7
Vitamina D (opcional)	55-220 IU
Calcio (opcional)	110-165

Código de Reglamentación Federal: 197.260, 1998.

Figura 6
**Aporte de 80 g de Harina de Maíz Precocida +
 30 g de Harina de Trigo a los Requerimientos
 de Micronutrientes en Venezuela**



J.F. Chávez, Food fortification to end micronutrient malnutrition - Symposium report, Micronutrient Initiative, 1998.

Cuadro 6
**Nivel de Fortificación Propuesto
 para la Harina Integral de Maíz en Zambia
 (Legislación en Trámite)**

Nutriente	Nivel por 200 g antes de su cocción	% de la IDR después de su cocción
Vitamina A	425 ER*	25
Vitamina B ₁	0,61 mg	25
Vitamina B ₂	0,52 mg	25
Vitamina B ₆	0,63 mg	25
Niacina	5,85 mg	25
Folato	0,11 mg	50
Hierro	2,80 mg	20
Zinc	3,00 mg	20

F. Hoffman - La Roche, South Africa, 1998.

* 1 ER = 3.33 UI

Legislación

Se necesita una legislación gubernamental, pero ésta no es suficiente para garantizar el funcionamiento de un programa de fortificación. Para asegurar el éxito de un programa de fortificación, se debe establecer un equipo interdisciplinario de fortificación formado por expertos de los sectores correspondientes. Sería ideal incorporar personas de la industria del maíz, de las organizaciones comerciales, las universidades, el Ministerio de Salud, instituciones de nutrición, entidades reguladoras, consumidores y donantes.

El plan de fortificación debería especificar los micronutrientes y los niveles de cada micronutriente que se agregarán por porción, además de indicar las precauciones y condiciones de seguridad de los alimentos que se deberán observar durante la producción, el transporte, el almacenamiento y la venta de la harina.

Es posible que los productores enfrenten algunas restricciones, por ejemplo, el precio de la harina refinada o la harina integral podría ser controlado lo que impediría traspasar el costo de la fortificación a los consumidores. Es posible también que se impongan impuestos a todas las vitaminas importadas, y que la legislación exija el uso de ciertas formas de fortificantes que incrementen el precio de la premezcla.

Historia e Intervenciones Exitosas

Si el ser humano depende del maíz no fortificado como principal fuente de energía de su dieta puede sufrir pelagra, como ocurrió en el sur de los Estados Unidos a principios de siglo. En 1943, el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos recomendó normas de enriquecimiento para los productos alimentarios, que fueron promulgadas primero en Carolina del Sur, e incluían la adición de vitaminas B₁, B₂, niacina, y hierro a los productos de maíz.

En 1974, el Consejo de Alimentos y Nutrición de la Academia Nacional de Ciencias propuso una nueva política de fortificación para todos los productos de cereales y granos, incluida la harina refinada de maíz. Las normas revisadas exigían la adición de vitaminas B₁, B₂ y niacina, y una mayor cantidad de hierro, y establecía la adición opcional de calcio y vitamina D. En 1998, se estableció la fortificación obligatoria con folato (Cuadro 5).

En Canadá y Dinamarca la ley exige la restauración de los micronutrientes perdidos en la molienda del maíz.

En 1979, los molineros de Sudáfrica comenzaron un programa de fortificación de la harina integral de maíz, motivados por los resultados de estudios que indicaban ingestas inadecuadas de riboflavina y niacina. Sin embargo, se estima que el 90 por ciento del producto no es fortificado al nivel deseado, o según lo declarado en el envase. La falta de apoyo de la industria y de las autoridades de salud, y la falta de un control apropiado de la reglamentación contribuyeron al fracaso del programa.

La harina de maíz refinada precocida, la cual es hervida y luego secada, se usa para preparar las "arepas", que constituyen el alimento básico de la dieta en Venezuela. El proceso de precocción de la harina reduce enormemente su tiempo de cocción, haciéndola más cómoda y atractiva para los consumidores. Esta harina de maíz refinada fue seleccionada como el vehículo para un programa de fortificación diseñado para llegar a la mayoría de la población. La harina de maíz refinada precocida es fortificada con vitaminas A, B₁, B₂, niacina y hierro, convirtiéndose en una importante fuente de dichos micronutrientes. En la Figura 6 se ilustra el aporte de la harina refinada de maíz precocida y de la harina de trigo fortificada a los requerimientos de micronutrientes en Venezuela.

En Zimbabwe y Namibia algunos de los molineros comerciales de maíz han fortificado la harina integral de maíz con las vitaminas A, B₁, B₂, B₆, niacina y folato (25% de la IDR después de su cocción), y hierro y zinc (20% de la IDR después de su cocción) por 200 g. Estos programas han contado con el apoyo activo de los gobiernos respectivos.

En Zambia, los estudios actuales demuestran que es factible enriquecer la harina integral de maíz en los molinos de martillo. Se ha considerado seriamente establecer la fortificación obligatoria de la harina integral con vitaminas A, B₁, B₂, niacina, folato, y hierro y zinc (Cuadro 6).

En México se ha logrado un acuerdo entre la industria y el gobierno para la fortificación voluntaria de la harina refinada de maíz corriente con vitaminas B₁, B₂, niacina, folato, y hierro y zinc. También se ha desarrollado un proceso para la fortificación de la harina de maíz "nixtamalizada" (tratada con cal), que estaría en proceso de implementación.