

Publicación INCAP CE/072

## **Experiencia de la industria de alimentos en la fortificación con hierro**

*Ing. Leonardo F. De León, Msc.*

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)

Apartado Postal 1188, guatemala

Guatemala, Centro América

Conferencia presentada en el

**PRIMER SIMPOSIO NACIONAL SOBRE MICRONUTRIENTES**

San José, Costa Rica, 7 de noviembre de 1995

## **EXPERIENCIA DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS EN LA FORTIFICACION CON HIERRO**

**Ing. Leonardo F. De León, Msc.  
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)  
Apartado Posta 1188, Guatemala  
Guatemala, Centro América.**

### **INTRODUCCION**

Se ha estimado que cerca de un billón de los cinco billones de habitantes del mundo sufren de anemia nutricional por deficiencia de hierro. La mayoría de estos individuos viven en países en desarrollo donde la deficiencia de hierro puede ser tan alta como del 60 al 70% en niños preescolares y del 60 al 80% en mujeres embarazadas (4 y 5).

Las consecuencias fisiológicas y económicas de la deficiencia de hierro son bien conocidas, ocurriendo una mayor morbilidad perinatal y una mayor mortalidad. En niños en crecimiento la deficiencia de hierro puede limitar significativamente su potencial intelectual y su desarrollo psicomotor puede ser afectado permanentemente. Desde el punto de vista económico, la deficiencia de hierro afecta la capacidad del adulto para realizar trabajo, lo que lo hace menos productivo y a la larga económicamente más vulnerable (4,5 y 8).

Las principales causas de la deficiencia de hierro la constituyen la baja ingesta de este nutriente en la dieta y la baja biodisponibilidad del hierro ingerido (5,8, 9 y 10). Es bien conocido que la dieta de la población de los países en vías de desarrollo está formada principalmente de alimentos de origen vegetal, cereales y leguminosas, las cuales aportan

Existen varias intervenciones para combatir o erradicar la deficiencia de hierro, entre las cuales están incrementar la producción y consumo de alimentos fuente de hierro, la cual es una medida a largo plazo; la fortificación de alimentos que es una medida a mediano plazo y la suplementación utilizando cápsulas, pastillas o suspensiones, la cual es una medida a corto plazo, pero requiere de sistemas de atención de salud efectivos (Cuadro 2).

Debido a la naturaleza del tema en las siguientes páginas se discutirán los principales aspectos tecnológicos de la fortificación de alimentos con hierro y se revisarán algunas experiencias de la industria de alimentos en Centro América relacionadas con la fortificación con hierro, incluyendo los programas nacionales de fortificación existentes.

## **FORTIFICACION DE ALIMENTOS**

La fortificación de alimentos se ha definido como la adición de uno o más nutrientes que no están presentes naturalmente en un alimento o en el agua, para usarlos como vehículo de administración del nutriente (11). Es importante indicar que cuando se fortifica un alimento no se hace únicamente pensando en un micronutriente en especial, sino que se trata que el alimento fortificado contribuya a mejorar el estado nutricional de las principales deficiencias nutricionales, tales como la deficiencia de Vitamina A, de Hierro, de Acido Fólico, de Zinc, de Vitaminas del Complejo B y de otras, por lo que no se puede hablar únicamente de fortificación con hierro, sin embargo, en esta comunicación se dará énfasis a la fortificación de alimentos con hierro.

En los últimos años se ha promovido grandemente la fortificación de alimentos debido a las ventajas que esta tiene, tales como un gran potencial para beneficiar en el menor tiempo a la mayor parte de la población que padece de desnutrición, además no requiere el desarrollo de nuevos hábitos alimentarios y tiene un costo relativamente bajo (Cuadro 3). Gracias a que los alimentos que habrán de fortificarse ya se comercializan y cuentan con un amplio sistema de distribución, la fortificación se puede introducir rápidamente y es un proceso sostenible (8).

Para que la fortificación de alimentos se realice eficientemente es necesario seleccionar adecuadamente el vehículo alimenticio y el compuesto de hierro a utilizar. A continuación se revisan los principales criterios para la selección del vehículo y la información disponible referente a los compuestos de hierro.

### **VEHICULOS ALIMENTICIOS**

Cuando se habla de fortificación con hierro es importante seleccionar adecuadamente el vehículo alimenticio ya que los diferentes compuestos de hierro en menor o mayor grado, pueden afectar las propiedades organolépticas o sensoriales del alimento, así como su vida de anaquel. Existen varios criterios que deben de tomarse en cuenta para seleccionar el vehículo alimenticio. Cook and Reusser (1) divide estos criterios en dos aspectos, uno relacionado a los aspectos de consumo y el otro relacionado a la factibilidad técnica para la fortificación (cuadro 4). Varios de estos criterios están enfocados o seleccionados para programas nacionales de fortificación, sin embargo, pueden ser aplicables a nivel de fortificación de alimentos para el mercado abierto. Vale la pena mencionar que el vehículo seleccionado debe ser consumido por una alta proporción de la población, con una mínima variación regional, intrafamiliar y entre individuos. Asimismo,



debe asegurarse que haya un bajo potencial de ingestas excesivas con el objeto de evitar intoxicaciones. Dentro de los aspectos técnicos en la selección del vehículo, se recomienda que la producción sea centralizada y en pocos lugares de producción con el objeto de permitir un buen monitoreo del producto. Como se indicó anteriormente no debe afectarse la calidad del producto como resultado de la fortificación, asimismo, el precio del producto no debe ser alto y los costos de fortificación no deben incrementar grandemente el precio del producto. Segregación de hierro durante el mezclado o el almacenamiento puede ocurrir con algunos vehículos. Asimismo existen sustancias que inhiben la absorción del hierro y que están presentes en los alimentos, tal el caso del café, por lo que éste no debe utilizarse como vehículo. Idealmente el vehículo no debe contener otros nutrientes tal como el yodo que afectan el hierro agregado o el calcio que compite con el hierro en términos de absorción.

Existen varios vehículos que se han seleccionado en programas nacionales para fortificación con hierro entre los cuales están el trigo, la sal y el azúcar en Centro América, el arroz en las Filipinas, los condimentos en Asia, la leche en Chile y los cereales procesados tales como el corn-soy-milk en los programas de ayuda alimentaria.

### **COMPUESTOS DE HIERRO**

El éxito de la fortificación con hierro depende grandemente, al igual que de la buena selección del vehículo, del compuesto de hierro utilizado. La fortificación con hierro es técnicamente más difícil que la fortificación con otros nutrientes debido a que las diferentes formas de hierro biodisponible son químicamente reactivas y algunas veces producen efectos indeseables en los alimentos (1).

Existen varios criterios importantes para la selección de la fuente de hierro, algunos de ellos relacionados con la influencia del hierro sobre las propiedades organolépticas del producto, otros con la buena biodisponibilidad de la fuente de hierro y el último relacionado con los costos de dichas fuentes de hierro (Cuadro 5).

Las diferentes fuentes de hierro, su biodisponibilidad y sus costos relativos son presentados en el Cuadro 6. Los compuestos solubles son mejor absorbidos pero son también los más reactivos químicamente. En términos de biodisponibilidad los compuestos solubles tienen una absorción comparable al sulfato ferroso, sin embargo, sus costos relativos son mucho más altos lo que limita su uso. Por el otro lado los fosfatos causan menores problemas organolépticos, pero su biodisponibilidad es baja. Los polvos de hierro elemental ocupan una posición intermedia en términos de absorción y reactividad y son ampliamente utilizados en la fortificación de harinas y pan en EUA y Europa (3).

Por otro lado, existen compuestos complejos que han sido evaluados para fortificar alimentos tal como el ácido etilenodiamino tetracético sódico férrico ( $\text{NaFe (III) EDTA}$ ), el cual no es afectado por los inhibidores de absorción del hierro presentes en los alimentos, ni por el procesamiento y el cual incluso mejora la absorción del hierro de los alimentos (5 y 7). Este compuesto tiene una absorción de 2 a 3 veces mayor que la del sulfato ferroso, sin embargo, su costo de adquisición es cerca de 6 a 11 veces más alto que el sulfato ferroso y no existe en la actualidad mucha biodisponibilidad en el mercado comercial mundial.

## **ALIMENTOS FORTIFICADOS**

Los compuestos solubles han sido ampliamente utilizados para la fortificación de alimentos líquidos tales como bebidas y fórmulas para infantes donde el tiempo de almacenamiento del alimento es corto. Los compuestos poco solubles se están utilizando para la fortificación de cereales y alimentos infantiles (Cuadro 7).

En el Cuadro 8 se muestran la fuente de hierro y los alimentos que están siendo fortificados a nivel mundial. El hierro elemental ha sido ampliamente utilizado tanto en EUA como en Europa para la fortificación de cereales, tal el caso de la harina de trigo. El pirofosfato férrico es un compuesto ampliamente utilizado en Europa para la fortificación de cereales para infantes y en Centro América se está utilizando hierro elemental y fumarato ferroso.

Cuando uno revisa los alimentos procesados disponibles en el mercado se encuentra que únicamente un pequeño grupo de alimentos están fortificados con hierro y otros nutrientes. En el Cuadro 9 se presenta la información relacionada a los cereales para desayuno. Estos alimentos están fortificados a un nivel de 25 a 45% del RDA con hierro reducido, fumarato ferroso o sulfato ferroso. Los cereales infantiles (Cuadro 10) están siendo fortificados a un nivel de 15 de 40 mg/100g y se está utilizando hierro electrolítico y fumarato ferroso y para el caso de las fórmulas infantiles (leches maternizadas) se está utilizando sulfato ferroso.

## PROGRAMAS NACIONALES

En Centro América existen pocos programas nacionales encaminados a mejorar el estado nutricional de hierro. Sólo Guatemala, El Salvador y Honduras poseen legislación y programas nacionales de fortificación de harina de trigo con hierro (Cuadro 12). Se está fortificando la harina de trigo con hierro reducido (elemental) con un tamaño de partícula de 40 micrones, a un nivel de 55 a 65 miligramos por kilogramo de harina. Asimismo en los programas de merienda escolar en Guatemala y Nicaragua se está entregando una galleta nutricional fortificada con fumarato ferroso a un nivel de 9 mg/galleta aportando cerca de un 75% de los requerimientos diarios del escolar. En Guatemala y El Salvador, en la merienda escolar, se está dando un vaso de refresco o atol el cual está siendo fortificado con hierro, para el caso de Guatemala se está utilizando fumarato ferroso y en El Salvador se está utilizando hierro elemental.

Como se dijo anteriormente, los costos de la fortificación son bajos, para el caso de la fortificación de la harina de trigo, el costo es de cerca de 2.5 centavos de dolar (0.025US\$) por persona por año y para el caso de la galleta nutricional es de 10 centavos de dólar (0.10US\$) por persona por año escolar (Cuadro 13). Nestel (8) reporta costos de fortificación de azúcar en Guatemala utilizando hierro EDTA y fortificando a un nivel de 13 mg de hierro/100g de azúcar de US\$0.10/persona por año y para el caso de fortificación de sal en la India utilizando sulfato ferroso, agregando pirofosfato ácido sódico como agente coordinador y sulfato ácido de sodio como mejorador de la absorción, a un nivel de 1mg de hierro/g de sal el costo es de US\$ 0.18 a US\$0.20 por persona, por año.

En el Cuadro 14 se suman las tecnologías utilizadas para la fortificación con hierro. Para el caso de cereales, se utilizan premezclas en las cuales los micronutrientes son agregados a una porción menor del cereal y posteriormente se realiza una dilución o mezcla final. Para el caso de harina de trigo se utilizan dosificadores para agregar los micronutrientes y para el caso de productos terminados, los micronutrientes pueden ser incorporados mediante spray o rociado.

Finalmente, en el Cuadro 15 se presentan los pasos adicionales a la selección del vehículo y de la fuente de hierro que deben seguirse para desarrollar un programa de fortificación (1). Estos pasos incluyen la determinación de la prevalencia de la deficiencia, la determinación de la ingesta de hierro proveniente de la dieta, así como su absorción y algo que es sumamente importante es la determinación de la eficiencia y la eficacia del programa para disminuir la prevalencia. Asimismo, es necesario evaluar continuamente los programas.

Para concluir es importante indicar que se ha avanzado mucho en el conocimiento de las causas y las soluciones a los problemas de la deficiencia de hierro y que es necesario trabajar coordinadamente entre las instituciones de gobierno, la academia y la industria con el objeto de erradicar, en el cercano tiempo, este problema que está atrasando grandemente a los países en vías de desarrollo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Cook, J and Reusser, M.E. Iron Fortification: an update. *Am J Clin Nutr* 1983; 38: 648-659.
2. Finch, C. A. and Monsen, E. R. Iron Nutrition and the Fortification of Food with Iron. *JAMA* 1972; 219 (11): 1462-1465.
3. Hurrell, R. F. Nonheme iron sources. In: Clydesdale FM and K. L. Weimer, eds. *Iron Fortification of Foods*. Academic Press, New York, 39-53, 1985.
4. International Nutritional Anemia Consultative Group. Combating iron deficiency anemia through food fortification technology. *Proceeding of XII INACG Meeting, December 1990*.
5. International Nutritional Anemia Consultative Group (INACG). *Iron EDTA for food fortification. A report of the INACG*. USA, the Nutrition Foundation, 1993: 1-54.
6. Lee, K. and Clydesdale, I.M. Iron sources used in food fortification and their changes due to food processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, February 1989: 117-153.

7. McPhail, AP.; Bothewell, T.H. and Lampavelli, R.D. EDTA and the absorption of iron from food. *Am J Clin Nut* 1994; 59: 644-648.
8. Nestel, P. Fortificación de los alimentos en los países en desarrollo. *USAID* 1993: 1-52.
9. Pires Bianchi, M. L.; Silva, H.C. and Dutra de Oliveira, S.F. Consideraciones sobre a biodisponibilidade de ferro dos alimentos. *Arch Lat Nutr* 1992; 42 (2): 94-100.
10. Sanghui, T. G. Nutrientes Vitales: El Hierro, el Yodo y la Vitamina A al Servicio de la Vida, la Salud y la Productividad. Proyecto de apoyo a la Vitamina A, VITAL Instituto Internacional de Ciencia y Tecnologia (ISTI). USA 1991: 1-36.
11. Torun, B., Menchú, MT y Elías, L. G. Recomendaciones Dietéticas Diarias del INCAP. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Publicación ME/057, 1994, 137 p.

## **CUADRO 1**

### **DEFICIENCIA DE HIERRO EN PAISES EN DESARROLLO**

<b>POBLACION</b>	<b>NIVEL</b>
Pre-escolares	60-70%
Mujeres embarazadas	60-80%

**Fuente: INACG 1993 Iron EDTA for Food Fortification. 54 p.**



## **CUADRO 2**

### **INTERVENCIONES PARA COMBATIR LA DEFICIENCIA DE HIERRO**

1. SUPLEMENTACION (CORTO PLAZO)
2. FORTIFICACION DE ALIMENTOS (MEDIANO PLAZO)
3. INCREMENTAR PRODUCCION Y CONSUMO DE ALIMENTOS FUENTES (LARGO PLAZO)

**Fuente: USAID, 1993. Fortificación de los Alimentos en los Países en Desarrollo. 52 p.**

## CUADRO 3

### VENTAJAS DE LA FORTIFICACION DE ALIMENTOS

- Potencial para beneficiar, en el menor tiempo a la mayor parte de la población que padece de desnutrición, por medio del mejoramiento del alimento o alimentos que son parte importante de la dieta.
- No requiere el desarrollo de nuevos hábitos alimentarios.
- Costos relativamente bajos.

## CUADRO 4

### CONSIDERACIONES PARA LA SELECCION DEL VEHICULO ALIMENTICIO PARA FORTIFICAR

#### CONSUMO:

- Alta proporción de la población
- Mínima variación regional
- No relacionado al estatus socioeconómico
- Bajo potencial de ingestas excesivas
- Contenido en todas las comidas
- Relacionado a la ingesta calórica

#### TECNICO:

- Producción centralizada
- Pocos lugares de producción
- Buena calidad del producto
- Bajos costos
- Mínima segregación
- Poco tiempo de almacenamiento
- Poco tiempo de almacenamiento
- Alta biodisponibilidad
- No debe existir interacción entre nutrientes

Fuente: Cook and Reusser. Iron Fortification: an update  
Am J Clin Nutr. 1983; 38: 648-659

## **CUADRO 5**

### **CRITERIOS PARA LA SELECCION DE LA FUENTE DE HIERRO**

1. Influencia de hierro sobre las propiedades organolépticas del producto.
2. Biodisponibilidad de la fuente de hierro.
3. Costos de la fortificación.

# CUADRO 6

## COMPUESTOS DE HIERRO UTILIZADOS EN LA FORTIFICACION DE ALIMENTOS

COMPUESTOS	PROMEDIO DE BIODISPONIBILIDAD RELATIVA		COSTO RELATIVO*
	RATAS	HUMANOS	
<b>I SOLUBLES</b>			
1. Sulfato Ferroso	100	100	1
2. Fumarato Ferroso	95	101	5
3. Lactato Ferroso	--	106	7
4. Gluconato Ferroso	97	89	11
5. Citrato de Amonio Férrico	107	--	7
<b>II FOSFATOS</b>			
1. Ortofosfato Férrico	7-32	31	6
2. Pirofosfato Férrico de Sodio	14	15	17
3. Pirofosfato Férrico	45	--	
<b>III ELEMENTAL</b>			
1. Hierro reducido (hidrógeno, Co)	8-6	13-90	1.5
2. Electrolítico	--	--	1.5
3. Carbonílico	--	--	1.5
<b>IV. COMPLEJOS</b>			
1. NaFeEDTA	--	--	11
2. Hb	--	--	--

\* Valores expresados en función al Sulfato Ferroso.

Fuente: Hurrell, R.F. Nonelemental sources. In: Iron Fortification of Foods. Academic Press. 1985, p. 39-53.

## CUADRO 7

### FUENTES DE HIERRO PARA FORTIFICACION

FUENTE DE HIERRO	USO	VENTAJAS	FORTIFICACION
<ul style="list-style-type: none"> <li>Solubles en agua (sulfato ferroso, gluconato ferroso, lactato ferroso y otros)</li> </ul>	Productos líquidos (bebidas y fórmulas para infantes)	Relativamente alta biodisponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Causa problemas de sabor.</li> <li>- Catalítico de las reacciones de oxidación de grasas.</li> <li>- Forman complejos coloreadas inaceptables.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Poco solubles en agua (citrato y sulfato férrico, fumarato, succinato, tartrato y citrato ferroso; hierro elemental reducido)</li> </ul>	Productos no-líquidos (cereales, alimentos infantiles)	No causan problemas de sabor y color.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tienen una relativa intermedia o baja disponibilidad.</li> </ul>

## CUADRO 8

### QUE SE ESTA UTILIZANDO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

PAIS	FUENTE DE HIERRO	
EUA	Cereales:	Hierro elemental
EUROPA	Cereales para infantes:	Pirofosfato férrico
CA	Trigo:	Hierro elemental
	Cereales para infantes:	Hierro elemental y fumarato ferroso
	Otros alimentos:	Fumarato ferroso

## CUADRO 9

### ALIMENTOS FORTIFICADOS

#### CEREALES PARA DESAYUNO:

MARCA COMERCIAL	NIVEL DE FORTIFICACION	FUENTE DE HIERRO
Ralston Braud (Purina) (Ej.: cookie - crisp)	25% RDA/porción de 29 g	Hierro reducido
Hyde Park (corn flakes)	45% RDA/porción de 32 g	Fumarato Ferroso Sulfato Ferroso
Kellog's	25% RDA/porción de 30 g	Hierro reducido



## CUADRO 10

### ALIMENTOS FORTIFICADOS

#### CEREALES INFANTILES:

MARCA COMERCIAL	NIVEL DE FORTIFICACION	FUENTE DE HIERRO
NESTLE	15 mg/100g	Fumarato ferroso
GERBER	20 - 40 mg/100g	Hierro electrolítico

## CUADRO 11

### ALIMENTOS FORTIFICADOS

#### FORMULAS INFANTILES (LECHES MATERNIZADAS)

MARCA COMERCIAL	NIVEL DE FORTIFICACION	FUENTE DE HIERRO
SIMILAC  Normal Con hierro	1.1 mg/100g 9.1 mg/100g	SULFATO FERROSO
NAN con hierro Paso 1 Paso 2	6.0/100g 7.0/100g	SULFATO FERROSO

## CUADRO 12

### PROGRAMAS NACIONALES DE FORTIFICACION

VEHICULO	NIVEL DE FORTIFICACION	FUENTE DE HIERRO
Harinas de Trigo (GUA, ELS y HON)	55 - 65 mg/kg	Hierro reducido (40 micrones)
GALLETAS (GUA y NIC)	9.0 mg/28 g	Fumarato ferroso
HARINAS PARA ATOLES Y REFRESCOS	10 - 20 mg/100g	Fumarato ferroso (GUA) Hierro reducido (GUA y ELS)

## CUADRO 13

### EJEMPLOS DE ALIMENTOS FORTIFICADOS Y SU COSTO

ALIMENTO	MICRONUTRIENTES	COSTO
HARINA DE TRIGO	Hierro, Tiamina, Niacina, Riboflavina y Acido Fólico (10-15% RDD adulto)	<u>0.0222</u> <u>US\$</u> persona/año
GALLETA NUTRICIONAL	Hierro, Vitamina A, Tiamina, Niacina, Riboflavina, Vitamina B12 y Acido Fólico (50 - 75% del RDD de niños de 7-9 años)	<u>0.10</u> <u>US\$</u> persona/año
OTROS CEREALES	Hierro, Vitamina A, Tiamina, Niacina, Riboflavina, Vitamina B12 y Acido Fólico (15-30% RDD adultos)	<u>0.00242</u> <u>US\$</u> porción
AZUCAR (GUA)	Hierro (Hierro EDTA) 13 mg / 100 g de Azúcar	<u>0.10</u> <u>US\$</u> persona/año
SAL (INDIA)	Hierro (sulfato ferroso) 1mg /g sal	<u>0.18 - 0.20</u> <u>US\$</u> persona/año

## CUADRO 14

### TECNOLOGIAS DE FORTIFICACION

TIPO	EJEMPLOS DE USO
Premezclas	Cereales Infantiles
Uso de dosificadores	Harinas de trigo
Spray	productos terminados (corn-flakes)

## **CUADRO 15**

### **DESARROLLO DE UNA ESTRATEGIA DE FORTIFICACION CON HIERRO**

1. Determinar la prevalencia de la deficiencia de hierro.
2. Determinar la ingesta de hierro provenientes de la dieta.
3. Medida basal de la absorción de hierro de la dieta típica.
4. Obtener datos de consumo de vehículos potenciales.
5. Seleccionar el tipo y la cantidad de fortificante de hierro.
6. Desarrollar la tecnología de fortificación.
7. Realizar estudios de almacenamiento del vehículo fortificado.
8. Realizar medidas isotópicas para determinar el incremento en la absorción.
9. Realizar pruebas de campo para determinar la eficiencia.
10. Implementar una estrategia nacional con evaluación continua.

Fuente: Cook and Reusser. Iron Fortification: an update. Am J Clin Nutr. 1983; 38: 648-659

CUADRO 16  
ALIMENTOS POTENCIALES A FORTIFICAR EN C.A.

- . CONSOMES/SOPAS
  - . PASTAS ALIMENTICIAS
  - . HARINA DE TRIGO PAN
  - . REFRESCOS Y BEBIDAS GASEOSAS
  - . SNACKS/BOQUITAS
  - . ALIMENTOS DE AMPLIO CONSUMO
    - . AZUCAR/SAL
    - . ARROZ
- 

HIERRO, VIT C Y A, AC. FOLICO Y VIT. COMPLEJO B