

Fortificación de las harinas de maíz y de trigo con hierro y vitaminas en la población venezolana. Experimentos derivados de los resultados obtenidos

Miguel Layrisse ⁽¹⁾, María Nieves García Casal ⁽¹⁾, Liseti Solano ⁽²⁾, María Adela Barón ⁽²⁾, Franklin Arguello ⁽²⁾, Daisy Llovera ⁽²⁾, José Ramírez ⁽¹⁾, Irene Leets ⁽¹⁾, Eleonora Tropper ⁽¹⁾

En el año 1993 se inició el proyecto de fortificación de las harinas de maíz y de trigo con hierro y vitaminas en escala nacional en la población de Venezuela (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
Enriquecimiento de vehículos alimentarios en Venezuela

	Harina de maíz precocida/kg	Harina blanca de trigo/kg
Vitamina A, UI	9.500	—
Tiamina, mg	3,1	1,5
Riboflavina mg	2,5	2,0
Niacina mg	51,0	20,0
Hierro* mg	50,0	20,0

* Fumarato Ferroso

Un año después de iniciada la fortificación se realizó una encuesta en la población escolar de la ciudad de Caracas a sujetos de 7, 11 y 15 años de edad, de ambos sexos y de condición socioeconómica baja (estrato 4 y 5).

La comparación de esta encuesta con la practicada en 1992 en los mismos grupos de edad y sexo, mostró que la prevalencia de la deficiencia de hierro había descendido significativamente del 37% a 16% y la anemia de 19% al 10%. De igual manera, la reserva de hierro medida por la concentración de ferritina de todos los sujetos estudiados aumentó de 15 µg/L en 1992 a 22 µg/L en 1994 (1).

Esta disminución de la deficiencia de hierro ocurre en un año en el cual el consumo de la dieta habitual había continuado deteriorándose.

Tal respuesta de reducción significativa de la prevalencia de deficiencia de hierro y anemia sólo un año después de iniciada la fortificación, es sorprendente; sólo comparable a los resultados obtenidos por la fortificación con hierro como EDTA a razón de 7 mg de hierro diario en población urbana de hindúes que viven en África del Sur, donde encontraron aumento significativo de la concentración de hemoglobina y ferritina después de un año de fortificación; con la diferencia que la absorción del hierro del EDTA es el doble de la del

fumarato ferroso y utilizado en la experiencia venezolana (2,3).

Este resultado motivó el estudio de los otros micronutrientes agregados en el proceso de fortificación hierro. En el Cuadro N° 2 se describe el primer intento para dilucidar los resultados de la fortificación. Se muestra la absorción de hierro de un desayuno basal de arepa preparada con 100 g de harina precocida de maíz fortificado + 50 g de queso + 10 g de margarina en los dos primeros experimentos; y en el tercer experimento la harina de trigo fortificada sustituye a la de maíz. En la primera prueba de absorción se administra el desayuno basal solamente, y en las siguientes pruebas el desayuno basal se administra con diferentes concentraciones de café en infusión. Se observa que la absorción del hierro no se modificó significativamente por la administración de diversas concentraciones de café en el desayuno conteniendo maíz, en cambio la absorción del desayuno conteniendo pan de trigo, el promedio de absorción descendió de 7% a menos de 1%.

El único micronutriente que contiene la harina precocida de maíz y no la de trigo es la vitamina A. Esa diferencia motivó a trabajar con harina precocida de maíz no fortificada (4).

Los experimentos con harina precocida de maíz fortificada con solamente 5 mg de hierro como fumarato ferroso, muestran en el Cuadro N° 3, que el estudio de la absorción del hierro de un desayuno basal en prueba A no es significativamente diferente a la absorción del hierro de la prueba B, en la cual el desayuno basal fue enriquecido con 1000 UI de vitamina A y administrado con una infusión conteniendo 8 g de café. En cambio, en la absorción de hierro en la prueba C en la cual

1. Centro de Medicina Experimental, Laboratorio de Fisiopatología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).
2. Unidad de Investigaciones en Nutrición, Universidad de Carabobo

Financiado por CONICIT y IAEA

Solicitar copia a: Miguel Layrisse. IVIC. Apartado 21827, Caracas-1020A-Venezuela

el desayuno basal no está enriquecido con vitamina A, pero se administra con café, la absorción del hierro bajo al 25% de la absorción de la prueba B, demostrando el efecto protector

de la vitamina A contra los radicales hidroxilos presentes en los polifenoles.

Cuadro N° 2

Absorción del hierro de un desayuno basal conteniendo harina precocida de maíz o harina de trigo administrada solamente y administrada con diferentes concentraciones de café

Sujetos y Sexo	Hb g/dL	Saturación de Transferrina Sérica %	Concent. de Ferritina Sérica ug/L	Absorción del Hierro (%)				
				A	B	C	D	E
				Desayuno Basal Solamente	Desayuno Basal + Café americano (2g)	Desayuno Basal + Café americano (4g)	Desayuno Basal + Café capuchino (4g)	Desayuno Basal + Café expreso (8g)

DESAYUNO BASAL CON PAN DE HARINA DE MAÍZ PRECOCIDA

1) 4M 3F Promedio	11.9	20	17	5.1	7.7	8.2	7.8
SEM	0.2	0.5	1	1.4	1.4	1.4	1.3

Estadística: A vs. B -p>.05; A vs. C -p>.05; A vs. D ->.05

2) 1M 9F Promedio	14.3	27	26	4.4	5.3	4.6	3.1
SEM	0.4	1	1	1.3	1.3	1.5	1.5

Estadística: A vs B -p>.05; A vs C -p>.05; A vs. E -p>.05

1 + 2 Promedio	13.3	24	22	4.7	6.1	5.8	
SEM	0.4	2	1	1.3	1.5	1.5	

DESAYUNO BASAL CON PAN DE TRIGO

2M 8F Promedio	12.9	29	28	6.8	1.2	0.4	0.7
SEM 0.8	1	2	1.2	1.4	1.4	1.2	

Estadística: A vs. B-p<.05; A vs. C -p<.05; A vs E -p<.05

Cuadro N° 3

Absorción del hierro de un desayuno basal conteniendo pan de harina de maíz no enriquecida + Fumarato Ferroso y enriquecida con Vitamina A en la prueba B y administrada con café en las pruebas B y C

Sujetos y Sexo	Hb g/dL	Saturación de Transferrina Sérica %	Concent. de Ferritina Sérica µg/L	Absorción del Hierro (%)		
				A	B	C
				Desayuno Basal Solamente	Desayuno Basal + 1000 UI Vitamina A + Café Expreso (8 g)	Desayuno Basal + Café Expreso (8 g)

1) 1M 17F Promedio	12.5	25	13	5.8	8.5	2.0
SEM	0.2	1	1	1.1	1.2	1.2

Estadística: A vs. C -p>.05; A vs. C vs. D -<.05

En los experimentos siguientes se demostró el papel protector de la vitamina contra los fitatos contenidos en la harina precocida de maíz comparando la absorción del hierro de un desayuno basal en el cual la harina precocida de maíz fue

enriquecida con 1000 UI de vitamina A. Igualmente se demostró el efecto protector de la vitamina A contra los polifenoles contenidos en una infusión de 1 g de té (Cuadro N° 4).

Cuadro N° 4

Absorción del hierro de un desayuno basal conteniendo pan de harina precocida de maíz + Fumarato Ferroso. Enriquecida con Vitamina A en las pruebas B y C, y administrado con té en las pruebas C y D.

Sujetos y Sexo	Hb g/dL	Saturatio Transferrina Sérica %	Concent. de Ferritin Sérica µg/L	Absorción del Hierro (%)			
				A Desayuno Basal Solamente	B Desayuno Basal + 1000 UI Vitamina A	C Desayuno Basal + 1000 UI Vitamina A + Té (1 g)	D Desayuno Basal + Té (1 g)
5M 10F Promedio	12,7	34	32	3,2	6,3	3,6	2,0
SEM	1,3	1	1	1,2	1,3	1,1	1,2

Estadística: A vs. B -p<.05; C vs D- p<.05

Los experimentos con harina de trigo demostraron que su enriquecimiento con 1000 UI de vitamina A no protege el hierro de la acción de los inhibidores antes mencionados, debido a la levadura agregada, la cual disminuye a la mitad la concentración de la vitamina A y luego la exposición a altas temperaturas durante la cocción provoca un nuevo descenso

resultando que su concentración final es menos de 20% del contenido original. El segundo experimento (Cuadro N° 5) muestra la ventaja de comer el pan de trigo acompañado de una solución acuosa de 1000 UI de vitamina A, protegiendo al hierro de la acción inhibitoria de los fitatos contenidos en la harina de trigo.

Cuadro N° 5

Absorción del hierro de un desayuno basal conteniendo pan de harina de trigo comercial enriquecida con Vitamina A en las pruebas B y C, y administrado con café (8 g) en las pruebas C y D.

Sujetos y Sexo	Hb g/dL	Saturatio Transferrina Sérica %	Concent. de Ferritin Sérica µg/L	Absorción del Hierro (%)			
				A Desayuno Basal Solamente	B Desayuno Basal + 1000 UI Vitamina A	C Desayuno Basal + 1000 UI Vitamina A + café expreso (8 g)	D Desayuno Basal + café expreso (8 g)
1) 2M 18F Promedio	13.3	28	28	4.1		1.8	2.0
SEM	1.3	1	1	1.2		1.2	1.2
Estadística: A vs. C -p<.05; A vs D -p<.05							
2) 2M 12F Promedio	12.7	28	27	6.9	8.3		
SEM	1.3	2	1	1.3	1.2*		

Estadística: A vs. B -p<.05

* La vitamina A fue administrada como bebida, mientras se consumía el pan.

Los resultados de estos estudios antes descritos más los resultados de los experimentos de digestión in vitro, así como los análisis espectrofotométricos, cromatografía líquida de alta resolución y la solubilidad del hierro combinado con vitamina A en medio alcalino, sugieren que durante la digestión, el hierro de los alimentos se une a la vitamina A formando un complejo, como un agente quelante, previniendo la acción de los radicales hidroxilos presentes en los fitatos y polifenoles. Esta sugerencia está de acuerdo con los resultados de Hodges y Mejías (5-7) quienes demostraron la interacción de la vitamina A y el metabolismo del hierro, y explica la dramática reducción de la prevalencia de la deficiencia de hierro en la población venezolana después de un año de fortificación con hierro y vitamina.

Referencias

1. Layrisse M, Cháves JF, Méndez-Castellano H, Bosch V, Tropper E, Bastardo B, González E. Early response to the impact of iron fortification in the Venezuelan population. *Am J Clin Nutr* 1996; 64:903-907.
2. Ballot D.E., MacPhail A.P., Bothwell T.H., Gillooly M. & Moyet F.G. Fortification of curry powder with NaFe (III) EDTA in an iron-deficient population: report of a controlled iron-fortification trial. *Am J Clin Nutr*; 1986; 49:162. 1989; 49:156-161.
3. Ballot DE, Macphail AP, Bothwell TH, Gillooly M & Mayet FG. Fortification of curry powder with NaFe (III) in an iron deficient population: Initial survey of iron status. *Am J Clin Nutr* 1989; 49:162-169.
4. Layrisse M, García-Casal MN, Solano L, Baron MA, Arguello F, Llovera D, Ramírez J, Leets I, Tropper E. The role of vitamina A on the inhibitors of nonheme iron absorption. *J. Nutr Biochem*, 1997; 8:61-67.
5. Hodges R, Sauberlich H, Ganham J, Wallace D, Rucker R, Mejía L & Monhanram M. *Am J Clin Nutr*. 1978; 31:876-885.
6. Mejía L & Arroyave G. The effect of vitamin A fortification of sugar on iron metabolism in preschool children in Guatemala. *Am J Clin Nutr* 1982; 36:87-93.
7. Mejía LA. La deficiencia de la vitamina A como factor de anemia nutricional. En: *vitaminas, agentes nutritivos y terapéuticos* C. Rozo, M. Mamome. Ediciones Doyoma S.A. Barcelona, España, 1986; p65-74.