

## Aspectos tecnológicos de la fortificación de alimentos

Alberto Nilson

En base a las nuevas evidencias del impacto para la salud de las deficiencias de micronutrientes, aún marginales, y las crecientes evidencias de la existencia de deficiencias en la población, especialmente para la Vitamina A, Yodo e Hierro y, en menor medida, para las Vitaminas C, B2, B1, Niacina, B6 y ácido fólico, ha llevado a la necesidad de evaluar las diferentes alternativas de solución al problema, entre las que se incluye la fortificación de algunos alimentos básicos con estos micronutrientes.

Para la selección del o de los alimentos a usar como vehículos de los micronutrientes varias organizaciones internacionales, tales como la Organización Mundial de la Salud (1), la Organización Panamericana de la Salud (2) y el Food and Nutrition Board of the United States, National Academy of Sciences (3) han elaborado una lista con los criterios que estos alimentos deben reunir.

- (1) Deben ser consumidos básicamente por toda la población.
- (2) Debe existir una variación pequeña en su consumo per cápita de un día para otro.

- (3) La fortificación debería producir un cambio inapreciable de las características organolépticas y de la aceptabilidad del vehículo.
- (4) El nutriente agregado debe ser estable bajo las condiciones normales de almacenamiento y uso.
- (5) El nutriente debe estar fisiológicamente disponible desde el alimento.
- (6) El costo y la naturaleza del vehículo deben ser tales que permitan que su suplementación sea económicamente factible a través de un proceso industrial.
- (7) Que exista una seguridad razonable frente al riesgo de una ingesta excesiva en un nivel tóxico.

En la Tabla 1 se muestran algunos alimentos básicos factibles de ser usados como vehículos en un programa de fortificación, junto con las vitaminas que se pueden agregar a estos alimentos desde un punto de vista tecnológico.

TABLA 1  
 Posibles alimentos vehículos

ALIMENTO	VITAMINAS										MINERALES		
	B-caroteno	A	D	E	B1	B2	B6	C	PP	Folico	B12	Fe	Ca
Leche:													
Líquida	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Polvo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Con Cereal	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Harinas:													
Trigo	+	+	+	+	+	+	+	x	+	+	+	+	+
Maíz	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	+
Mandioca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arroz	0	+	+	+	+	+	+	x	+	+	+	+	+
Arroz:													
Snacks	0	+	+	+	+	+	+	x	+	+	+	+	+
Hojuelas de Maíz	0	+	+	+	+	+	+	x	+	+	+	+	+
Aceite													
Margarina	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	x	+
Mayonesa	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	x	+
Jugos													
Azúcar		+											
Refresco en Polvo	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+: Posible , 0: Necesarios Ensayos , X: No Posible

### Formas de adición

Gracias a técnicas de microencapsulado las vitaminas liposolubles se pueden obtener industrialmente en la forma de polvo, al igual que las hidrosolubles, posibilitando de esta forma enriquecer la mayoría de los alimentos en polvo o líquidos en fase acuosa con todas las vitaminas.

Dependiendo del proceso al que se someta cada alimento, se han desarrollado diferentes tecnologías de adición, tales como: **Mezclado en Seco** para alimentos como harinas de cereales y sus derivados, leche en polvo, refrescos en polvo. **Diluidas en Agua** para leche líquida, bebidas, jugos de frutas, en el agua a usar en la elaboración de pan, pastas, galletas. **Por Rociado** en el caso de hojuelas de maíz para las vitaminas que no soportan la cocción o la extrusión. **Disueltas en Aceite** para las vitaminas liposolubles a usar en el enriquecimiento de productos oleosos. **Por Adhesión** como en el caso del azúcar en que la Vitamina A se adhiere a los cristales por medio de aceite vegetal. **Por Recubrimiento** para el arroz, en cuyo caso las vitaminas agregadas sobre la superficie del grano se deben recubrir para evitar que se pierdan con el agua de lavado.

### Estabilidad de las vitaminas

Las vitaminas son nutrientes sensibles a factores tales como humedad, temperatura, oxígeno, pH, agentes oxidantes y reductores y luz. Por lo tanto, es normal que durante el proceso de elaboración, así como durante su almacenamiento, se pierda parte de las cantidades, tanto agregadas como inicialmente presentes en el alimento.

Aparte de elegir el proceso de fortificación que produzca la menor pérdida posible y de seleccionar el material de envase que entregue la mayor protección, la industria de alimentos debe agregar una sobredosis para compensar estas pérdidas y poder asegurar que el producto terminado tenga como mínimo las cantidades declaradas en la etiqueta durante toda su vida útil. En la Tabla 2 se muestran las sobredosis características para algunos alimentos básicos.

### Inocuidad de los micronutrientes

En general se puede decir que la fortificación de los alimentos es una forma muy segura de suplementar la dieta de la población, ya que el rango de inocuidad de las vitaminas es muy amplio. A modo de ejemplo, para las Vitaminas C y E se puede ingerir hasta 100 veces la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) diariamente por un período prolongado, sin presentarse ningún efecto adverso. Este rango es más reducido para las Vitaminas A y D, siendo de sólo 10 veces (4). Para el hierro se estima que el rango de inocuidad es de sólo 5,5 veces la IDR (5).

### Fundamentos para fortificación multivitaminico-mineral

En primer lugar, cuando la dieta es deficiente en un micronutriente generalmente también lo es en otros. Un caso típico es la deficiencia de Vitamina A, la que generalmente está acompañada por deficiencia de Vitamina B2 y C por bajo consumo de lácteos y de frutas y hortalizas respectivamente.

Por otro lado, la mayoría de los problemas de salud están relacionados con la deficiencia de más de un micronutriente, como por ejemplo: **Anemia** (Hierro, Fólico, Vit. A, C, B12, B6), **Xeroftalmia** (Vit. A, Carotenoides, Zn), **Osteoporosis** (Ca, Vit. D, B6), **Cataratas** (Betacaroteno, Vit. C y E), **Enfermedades Cardiovasculares** (Betacaroteno, Vit. C, B6, E), **Algunos Tipos de Cáncer** (Betacaroteno, Vit. C, E, B6, D), etc.

Además, en la mayoría de los casos el costo del proceso de fortificación y control es prácticamente el mismo para uno o más micronutrientes.

### Costos de fortificación

La Tabla 2 muestra las formas comerciales más usadas para la fortificación y el costo per cápita anual respectivo para suplementar a la población con el 100% de la IDR (RDA-USA, 89). En el cálculo de este costo se consideró el precio de mercado de las vitaminas, sin considerar gastos de importación. Al usar las formas oleosas de las vitaminas liposolubles el costo para estas vitaminas será menor. Sin embargo, las situaciones en que se pueden usar estas formas son limitadas.

Al costo anterior hay que sumarle el costo del proceso de fortificación, incluyendo mano de obra, depreciación y mantención de equipos, energía, control de calidad y gastos financieros y administrativos. Para la mayoría de los procesos estos costos representan entre el 5 y el 10% del costo de los nutrientes.

A partir de esta tabla se puede calcular rápidamente en forma aproximada casi cualquier situación particular.

En la Tabla 3 se muestra el impacto de algunos niveles típicos de fortificación para la Vitamina A sobre el precio de venta al consumidor, considerando para los alimentos los precios de venta vigentes en Sao Paulo, Brasil en Julio de 1993. Además, tomando el consumo per cápita promedio de estos alimentos en Brasil se obtiene el impacto nutricional de los mismos. Estos valores se dan sólo como ejemplo, debiéndose calcular para cada país con valores locales en el momento de elaborar la estrategia de intervención correspondiente.

Para el trigo y otros cereales a nivel mundial se ha popularizado el concepto de restaurar lo que se pierde en el proceso de refinación. Los niveles usados en Estados Unidos, en Centro América y en otros países son 4 mg de B1, 2,5 mg de B2, 35 mg de Niacina y 30 mg de Hierro por kilo de harina. La incidencia de este costo sobre el precio de venta es de 0,27% para la harina de trigo, 0,18% para la harina de maíz y 0,28% para el arroz. La incidencia de la restauración con Vitamina B6 y Ácido Fólico, dos olvidados pero importantísimos micronutrientes, es significativamente menor. A este costo hay que sumarle el costo de derechos de aduanas para su importación y del proceso de fortificación.

TABLA 2  
Costo de enriquecimiento de los alimentos

Vitamina	Forma comercial	IDR	Sobredosis Habitual	Costo Fortificación US\$/persona/año 100% IDR
A	A Palm. 250 CWS	1000 mcg RE	30	0,253
D	D3 100 CWS	400 UI	30	0,051
E	E Acet. 50% CWS	10 mg TE	10	0,258
B1	B1 Mono	1,5 mg	30	0,032
B2	B2 USP	1,7 mg	20	0,053
B6	B6 HCI	2 mg	30	0,064
C	C	60 mg	50	0,558
Niacina	Nicotinamida	19 mg	10	0,067
Fólico	Acido fólico	200 mcg	30	0,016
B12	B12 0,1% WS	3 mcg	30	0,053
Hierro	Sulfato ferroso	15 mg	-	0,040
Total				1,470

TABLA 3  
Impacto de niveles típicos de fortificación para la vitamina A sobre el precio de venta para algunos alimentos seleccionados\*

	UI/Kg	% del precio de venta	Consumo per cápita g/día	Impacto nutricional UI/persona/día
Leche liguída	5000	0,16	74	500
Margarina	30000	0,10	5	150
Trigo	10000	0,52	99	990
Azúcar doméstico	50000	1,50	31	1550

(\*) No incluye costo de proceso ni de derechos de aduanas.

#### Comparación de diferentes alternativas de intervención

Las alternativas de solución al problema de los micronutrientes son básicamente la **Suplementación**, **Fortificación** y **Educación**. Varios estudios han comparado estas alternativas, llegándose a la conclusión que la suplementación es una medida terapéutica de corto plazo, la fortificación de mediano plazo y la educación de largo plazo, debiendo considerarse las tres simultáneamente en cualquier programa de intervención.

El costo de producción de cada cápsula con 200.000 UI de Vitamina A es de aprox. US\$ 0,03. Como cada cápsula entrega protección durante 4-6 meses, se deben entregar mínimo dos cápsulas al año, lo que equivale a US\$ 0,06/persona/año. Además, de varios informes se desprende que el costo de distribución fluctúa entre 2 a 10 veces el costo de las cápsulas. Es decir, el costo de suplementación se encuentra entre US\$ 0,18 y 0,66/persona/año.

Para hacer una comparación muy simplista se puede considerar que la suplementación con 400.000 UI al año equivaldría a una suplementación diaria de 1.100 UI al día. El costo de agregar 1.100 UI de Vitamina A a un alimento es de sólo US\$ 0,081/persona/año. Sumando los costos del proceso de fortificación el costo total es inferior en general a US\$ 0,10/persona/año. Cabe mencionar que por problemas de eficiencia de absorción y de depósito en los tejidos, 200.000 UI cada 6 meses equivale a menos de 1.100 UI al día.

La gran diferencia es que con la fortificación se llega a toda la población y no sólo a los grupos de mayor riesgo. Los programas de suplementación generalmente tienen por objetivo sólo a los niños entre 6 meses y 6 años de edad, dejando fuera a otros grupos de riesgo importantes como son las mujeres embarazadas y durante la lactancia, niños mayores de 6 años, ancianos y adultos que tengan una dieta inadecuada. Además, la cobertura de estos programas no siempre es adecuada, quedando un alto porcentaje de niños sin suplementación.

En la actualidad se estima que aprox. el 50% de la población podría tener niveles plasmáticos inferiores a 30 mcg/dl. Si tomamos esto como nuestro objetivo, entonces la fortificación es bastante más conveniente que la suplementación.

#### CONCLUSIONES

La fortificación de los alimentos es una forma fácil, segura, barata y efectiva, en el corto y mediano plazo, de solucionar el problema de las deficiencias de micronutrientes.

Cada país debe determinar, en función de los hábitos alimentarios de la población y de la gravedad del problema, cual o cuales son los alimentos que se deben fortificar, con que vitaminas y con que niveles.

#### REFERENCIAS

1. WHO. Technical Report Series No. 672. Prevention and Treatment of Vitamin A Deficiency and Xerophthalmia. Report of a Joint WHO/UNICEF/Helen Keller International/IVACG meeting. WHO Geneva, 1979.
2. Arroyave B, JR Aguilar, M Flores, MA Guzman. Evaluation of Sugar Fortification with Vitamin A at the National Level. Pan American Health Organization. Scientific Publication No. 384.
3. Food and Nutrition Board, National Research Council, National Academy of Sciences. Proposes Fortification Policy for Cereal-Grain Products. Nat. Acad. Sci. US, Washington, D.C., 1974.
4. Marks J. Vitamin Safety, status Paper, F. Hoffmann La-Roche & Co Ltda, Basilea, Suiza, 4a. Ed. Revisada, 1989.
5. Hathcock JN. Quantitative Evaluation of Vitamin Safety, Pharma Times, 51: 104-13, 1985.