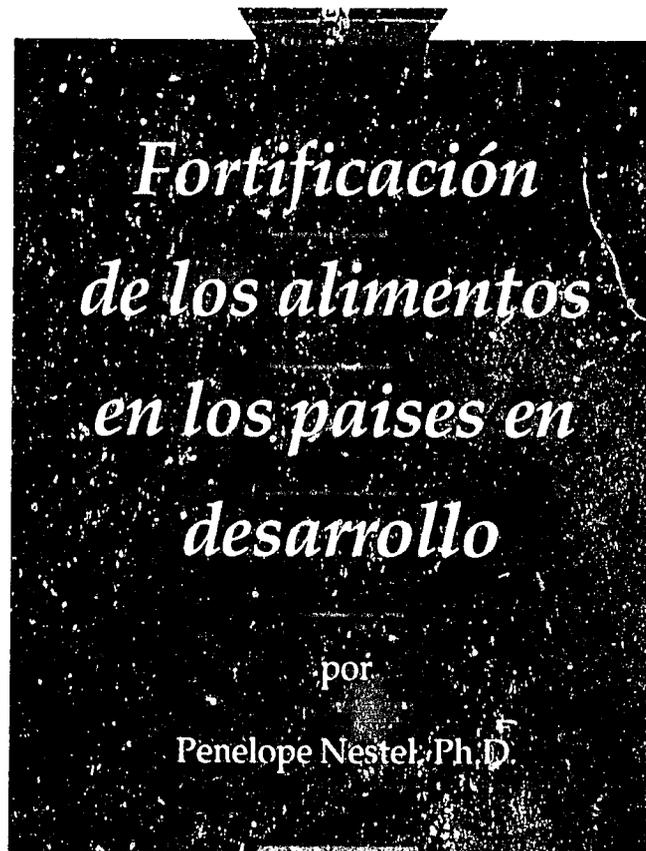


PH 11/11/92
11-98



*Fortificación
de los alimentos
en los países en
desarrollo*

por

Penelope Nestel, Ph.D.

Marzo de 1993



Agencia para el Desarrollo Internacional
de los Estados Unidos

INDICE

■ RESUMEN	3
-----------	---

SECTION I

■ INTRODUCCION	6
----------------	---

SECTION II

■ FORTIFICACIÓN CON VITAMINA A, HIERRO, YODO Y NUTRIENTES MÚLTIPLES	9
---	---

SECTION III

■ ALIMENTOS FORTIFICADOS CON VITAMINA A HIERRO, YODO Y PREMEZCLAS	14
---	----

SECTION IV

■ GARANTIA Y CONTROL DE CALIDAD	28
---------------------------------	----

SECTION V

■ SUPERVISION Y EVALUACION	30
----------------------------	----

SECTION VI

■ ASPECTOS ECONOMICOS Y SUSTENTABILIDAD	32
---	----

SECTION VII

■ ASPECTOS POLITICOS Y JURIDICOS	38
----------------------------------	----

SECTION VIII

■ ORIENTACIONES FUTURAS	40
-------------------------	----

ANEXOS	42
--------	----

REFERENCIAS	51
-------------	----

SIGLAS

AIY	Alteraciones por Insuficiencia Yódica
AMI	Atención Materno-infantil
AOF	Acido ortofosfórico
DTM	Dosis tóxica mínima
EDTA	Acido etilendiaminotetracético
ER	Equivalente de retinol
FAO	Organización de las N.U. para la Agricultura y la Alimentación
GMS	Glutamato monosódico
ICCIDD	Consejo Internacional para el Control de las Alteraciones por Insuficiencia Yódica
IDR	Ingesta diaria recomendada
IIM	Indice de inocuidad mineral
INACG	Grupo Asesor Internacional sobre Anemia Nutricional
INCAP	Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá
IVACG	Grupo Asesor Internacional sobre Vitamina A
LEY 480	Ley de excedentes agrícolas de los Estados Unidos
OMS	Organización Mundial de la Salud
PMA	Programa Mundial de la Alimentación
SA	Secado por aspersión
SAF	Soluble en agua fría
THB	Tolueno hidroxibutilado
UI	Unidad Internacional

RESUMEN

En los últimos tiempos, se ha observado un renovado interés por la fortificación o enriquecimiento de los alimentos, en gran medida porque, en general, se le reconoce como el medio más efectivo para eliminar las deficiencias de micronutrientes en la dieta, especialmente en los casos en que éstos se pueden utilizar en mezclas múltiples. Además, la fortificación alimentaria es socialmente aceptable, no requiere modificar los hábitos alimentarios, no modifica las características de los alimentos, se puede adoptar con rapidez, produce beneficios fácilmente visibles, se puede aplicar dentro del marco legal, es de relativamente fácil supervisión, y constituye la intervención más económica y sostenible para el estado. Las deficiencias de micronutrientes más difundidas son las de la vitamina A, hierro y yodo, por lo cual, en este trabajo se ha centrado la atención en esos tres elementos.

Sin embargo, el desafío que plantea la fortificación alimentaria en los países en desarrollo consiste en hallar vehículos alimentarios adecuados y compuestos apropiados de micronutrientes. Los micronutrientes deben mantenerse estables y biológicamente disponibles una vez adicionados al vehículo alimentario, durante el almacenamiento y en el curso de los procedimientos normales de preparación de los alimentos. La vitamina A y las estructuras carotenoides son inestables en presencia de oxígeno o aire o cuando se les expone a la luz ultravioleta. No obstante, la adición de antioxidantes y el control de la exposición al oxígeno permite su utilización en los procedimientos de elaboración de alimentos. La biodisponibilidad del hierro y la presencia de mejoradores o inhibidores de la absorción de hierro en los alimentos determinan qué alimentos se pueden fortificar y qué fortificantes de hierro se pueden emplear. También revisten importancia las condiciones de elaboración y almacenamiento, dado que la solubilidad de los fortificantes de hierro está relacionada con el tiempo de almacenamiento e incide en el desarrollo de problemas de mal sabor y mal olor. La solubilidad de los compuestos yodados y la resistencia a la

sublimación son condicionantes importantes para determinar el fortificante de yodo más adecuado.

La concentración de vitaminas o minerales en los vehículos alimentarios se basa en datos sobre el consumo per cápita del vehículo en los diferentes grupos sociales y económicos, en las diferentes regiones ecológicas, de preferencia desglosados por grupo etario y fisiológico. Esta información es importante y debe estar disponible porque el suministro de una cantidad demasiado baja de micronutrientes hará perder eficacia al programa, en tanto que una cantidad exagerada no solamente entraña un desperdicio, sino que puede exceder el límite inocuo máximo.

En los países en desarrollo, se ha fortificado una serie de alimentos con vitamina A. Los programas actuales de fortificación de alimentos comprenden el azúcar y el glutamato monosódico (GMS). Han concluido con éxito ensayos de campo con trigo integral, arroz y té. Se ha demostrado la viabilidad del aceite fortificado en el laboratorio pero aún no se han realizado ensayos de campo. Los alimentos fortificados con hierro incluyen las harinas de trigo y de maíz, y el arroz. Los alimentos a base de maíz, el azúcar, la sal, la leche descremada reconstituida, las galletas, la salsa de pescado y el curry en polvo, han sido fortificados con hierro y han sido sometidos a ensayos de campo pero aún no se ha emprendido su fortificación en gran escala. La sal es el alimento que más comúnmente se ha fortificado con yodo. El té en bloques también se ha fortificado con yodo y el azúcar se ha fortificado en condiciones de laboratorio. Se han completado con éxito los ensayos de campo con mezclas múltiples de vitaminas y minerales adicionadas a la harina de trigo. El doble fortificación de glutamato monosódico con vitamina A y hierro, y la adición de hierro y yodo a la sal, son actualmente objeto de pruebas de laboratorio. Las mezclas de maíz y trigo que se suministran en el marco de los programas del Título II de la Ley 480 incorporan en general múltiples vitaminas y minerales.

La garantía de calidad es esencial para desarrollar un programa de fortificación efectivo, práctico y económico, pues ello asegura que los vehículos

alimentarios estén debidamente fortificados y lleguen a los consumidores con el nivel requerido de potencia y calidad. Si los empresarios del sector manufacturero y los organismos del gobierno encargados de la regulación bromatológica no se empeñan en garantizar el nivel de calidad, difícilmente se alcanzan los objetivos de fortificación de los alimentos. Sin embargo, desde el comienzo es preciso fijar con claridad los objetivos del programa y los debidos procesos de supervisión y evaluación como parte del programa de fortificación alimentario. Hasta la fecha pocos programas de fortificación han sido objeto de supervisión y evaluación amplias. En efecto, parecería que la falta de supervisión y evaluación y, por tanto, la falta de demostración de los beneficios de las intervenciones con micronutrientes, es una de las razones claves para que los gobiernos donantes y los gobiernos de los países en desarrollo se muestren tan renuentes a la fortificación de los alimentos. Los costos de la fortificación de los alimentos se reducen a los costos adicionales de fortificar el vehículo alimentario; de manera que en general no se incluye el valor de los alimentos. Comúnmente, los costos operativos y de control de la fortificación de los alimentos son reducidos si se los compara con los costos recurrentes de los micronutrientes. La vitamina A es especialmente costosa. Cuesta aproximadamente US\$47 a US\$66 el kilogramo. El costo de los fortificantes de hierro varía ampliamente (de US\$2 a US\$19 por kilo de hierro) y está relacionado tanto con la biodisponibilidad como con la estabilidad del compuesto. Aun así, suministrar a un millón de personas el ingrediente de hierro puro cuesta entre US\$50 o US\$460. El costo de los compuestos yodados oscila entre US\$30 por kilo y US\$8 por millón de personas en el caso de yodo puro. Los análisis económicos sobre rendimiento de la fortificación con vitamina A, hierro y yodo demuestran que la fortificación en todos los casos eficaz en función del costo.

El costo de un programa de fortificación de alimentos puede ser solventado por el gobierno o trasladado a los consumidores con un incremento en el precio de los alimentos. Dado que los grupos económicos más vulnerables a las deficiencias de micronutrientes son los que están en peores condiciones para tolerar aumentos en el precio de los alimentos, es esencial estudiar la manera de compartir los costos de la fortificación de los alimentos. Una de las opciones puede ser orientar los alimentos

fortificados a los grupos nutricionalmente más deprimidos y distribuir los costos de la fortificación en toda la sociedad. Una reacción común de los industriales a los aumentos en los costos de producción es reducir ligeramente el volumen del alimento empaquetado pero mantener los precios vigentes. Esta estrategia puede ser adecuada en algunos casos.

Una de las limitaciones más importantes de la fortificación de los alimentos es la exigencia que imponen los programas en materia de divisas. Es imperativo, pues, analizar la viabilidad de fabricar los aditivos y/o los alimentos fortificados a nivel local o regional. Al mismo tiempo, es necesario que la industria de alimentos cuente con un incentivo para fortificar los alimentos. De manera que es preciso explorar distintas vías para subsidiar la fortificación de los alimentos, especialmente en los primeros años. El financiamiento temporal para subsidiar los alimentos mejorados podría provenir de instituciones donantes.

Pero si no media una fuerte presión, difícilmente los gobiernos adoptan la fortificación de los alimentos. Prácticamente, no existe conciencia de las repercusiones que ello tiene en el desarrollo ni la voluntad política para iniciar la fortificación de los alimentos. En efecto, puede ser que existan percepciones erróneas en el sentido de que no se cuenta con la tecnología necesaria o que ésta es demasiado compleja o costosa. Además, los gobiernos con frecuencia hacen referencia a la necesidad de legislar para asegurar el cumplimiento de las normas y a la necesidad de despertar la sensibilidad social en el sector de la producción de alimentos. Pero quizá ninguno de estos argumentos sea real. El hecho de que exista una serie de alimentos fortificados en los países desarrollados y que los mismos se hayan venido enriqueciendo por un período prolongado es prueba de que existen tecnologías bien desarrolladas. Quizás sea necesario introducir pequeñas modificaciones para la fortificación de alimentos en los países en desarrollo. La tecnología necesaria para la fortificación de los alimentos no es compleja porque en esencia sólo se necesitan instrumentos de medición, alimentadores y mezcladores. Además, no siempre una legislación que imponga normas garantiza la fortificación de alimentos. En efecto, la competencia en el mercado libre y el apoyo a la industria son más importantes que la legislación para estimular la fortificación de los alimentos. Por último, las fuer-

zas del mercado y el afán de lucro, y no las inquietudes sociales, tienden a motivar a la industria de los alimentos, aunque la responsabilidad social puede transformarse en un factor importante de una imagen empresarial positiva.

La voluntad política en pro de la aplicación de programas de fortificación de alimentos exige que los dirigentes políticos tomen conciencia de que las deficiencias de micronutrientes constituyen un verdadero problema de salud, con importantísimas consecuencias económicas. Una vez que se reconoce

ésto, el desafío será obtener un compromiso a alto nivel de parte de los donantes, los gobiernos nacionales y la industria de alimentos para iniciar y mantener acciones que aborden directamente el problema de las deficiencias de micronutrientes. Siempre que sea posible y que se demuestre su necesidad, habrá que impulsar programas preventivos múltiples, puesto que éstos darán mejores resultados que los enfoques parciales, tanto desde el punto de vista nutricional como económico.

I. INTRODUCCION

La malnutrición por falta de micronutrientes es un problema muy generalizado en todo el mundo y plantea consecuencias tanto de salud como económicas. El efecto más extremo es un incremento de la mortalidad, pero puede también acarrear consecuencias como la ceguera, alteraciones del desarrollo neurológico, menor crecimiento, baja productividad laboral, mayor morbilidad y resultados negativos en el embarazo.

Desde comienzos de la década de 1980, se han destinado enormes cantidades de recursos a valorar la magnitud y la gravedad de la insuficiencia de micronutrientes en los países en desarrollo. Los programas puestos en práctica para combatir esta deficiencia, que incluyen educación en nutrición, complementación alimentaria y fortificación de alimentos, han alcanzado diversos grados de éxito. Mientras que la educación en nutrición es reconocida como un componente importante en la lucha contra las deficiencias nutricionales, de por sí no basta para erradicar el problema. Los programas de complementación, que dependen de un sistema de atención de la salud efectivo, tienden en general a terminar siendo programas terapéuticos orientados a grupos etarios y fisiológicos específicos y no a grandes sectores de la sociedad. Los programas de fortificación de alimentos, por otro lado, están en mejores condiciones para combatir las deficiencias de micronutrientes porque dependen de la participación de la población en la economía de mercado. Asimismo, permiten orientarse o no a sectores específicos, de acuerdo con la magnitud de la insuficiencia.

La mayor parte de los programas aplicados para combatir las deficiencias de micronutrientes en los países en desarrollo han centrado su atención en nutrientes concretos y no en una combinación de éstos. El hecho de que existan grupos consultores internacionales distintos para la anemia, la vitamina A y el yodo, subraya la existencia de ese criterio dirigido a la consideración de un solo nutriente o enfoques verticales para hacer frente a las deficiencias en esta materia. Sin embargo, el enfoque vertical de para el control las deficiencias nutricionales generalizadas ya no se reconoce como el medio más

eficaz para la utilización de recursos limitados. En vista de ello y de la necesidad de una prevención y un control masivos de las insuficiencias de micronutrientes, la fortificación de los alimentos ha adquirido una creciente importancia. En efecto, el nuevo interés en la fortificación de los alimentos ha dado lugar a la investigación en la aplicación de las tecnologías existentes para desarrollar formas de micronutrientes más estables y biodisponibles para adicionar a los alimentos, ya sea por separado o en mezclas múltiples.

Antes de pasar a examinar los fundamentos de la fortificación de alimentos es importante observar que este proceso se aplica a dos propósitos. Primero, puede restablecer los nutrientes perdidos en el curso de la elaboración de los alimentos, enriqueciéndolos con el nutriente que han perdido. Segundo, puede incrementar el nivel de un nutriente determinado en un alimento. En ambos casos, la fortificación incrementa la ingesta del nutriente cuya insuficiencia se ha determinado anteriormente.

En muchos países en desarrollo, las poblaciones rurales dependen en gran medida de alimentos de subsistencia; su dieta es simple y monótona. Los sectores pobres urbanos se encuentran en una situación diferente y quizás más precaria puesto que no pueden producir los alimentos para el consumo familiar. Por lo tanto, deben participar en la economía de mercado. La situación se agrava por la creciente migración del medio rural al medio urbano y una supervivencia que depende de un trabajo en general mal pago. Este panorama es actualmente más evidente en América Latina y en Asia pero está surgiendo rápidamente en el Africa (Solomons y Gross, 1987; Viteri, 1987; Popkin y Bisgrove, 1988). La calidad y cantidad de la dieta de los sectores pobres en general son escasas. Por lo tanto, en las mismas zonas del país se produce simultáneamente una insuficiencia de micronutrientes, en especial, de hierro, vitamina A y, en menor medida, de yodo. La etiología de la insuficiencia de yodo es diferente de los demás micronutrientes pues es resultante de condiciones geológicas más que socio-económicas.

Independientemente del lugar en que vivan las personas, su dieta se basa generalmente en uno o dos cereales, tubérculos o legumbres comunes en el país. Si la familia dispone de algún ganado, quizá consume también algún producto lácteo. La fruta, a menos que se recolecte localmente, es con frecuencia un lujo, como lo son muchos vegetales. Es este contexto nutricional y económico el que se debe considerar para mejorar la ingesta de micronutrientes y la situación de los más desposeídos (Lipton, 1983). Muchos alimentos elaborados están fuera del alcance de los sectores más pobres, y mucho menos de los más desposeídos. De manera que un programa de fortificación de alimentos debe centrarse en enriquecer aquellos que exigen menor o mínima elaboración, como es el caso de los cereales, en lugar de orientarse a los alimentos muy elaborados que son inaccesibles para los sectores pobres y para los muy pobres.

Para asegurarse de que los sectores más vulnerables de la población se beneficien de la fortificación de los alimentos, los vehículos alimentarios deben buscarse entre los principales productos del país, que son consumidos todo el año por un gran proporción de la población, y que tienen una relativamente pequeña variación inter e intra individual. Además, los alimentos deben pasar por puntos de elaboración centrales donde se les puedan adicionar los nutrientes específicos en condiciones controladas. El nivel de fortificación debe contribuir significativamente a cubrir las necesidades nutricionales manteniéndose no obstante dentro de los límites máximos permitidos. Además, las sustancias fortificantes no deben alterar las propiedades organolépticas (sabor, olor, aspecto, textura), la estructura física ni la vida útil del vehículo alimentario. Es preciso incorporar procedimientos de control y supervisión en el proceso de elaboración para asegurar que los niveles de fortificación son suficientes; en algunos casos, será necesario legislar para asegurar el cumplimiento de las normas pertinentes.

Una de las **ventajas de la fortificación de los alimentos** es que es aceptada por la población. No exige la participación activa del consumidor ni cambio alguno en los hábitos de compra, preparación o consumo de los alimentos. Además, la fortificación mantiene las propiedades organolépticas de los alimentos. Gracias a que los alimentos que habrán de enriquecerse ya se comercializan y cuentan con un amplio sistema de distribución, se puede intro-

ducir rápidamente. Asimismo, los beneficios de la fortificación son visibles inmediatamente. Es posible y relativamente fácil contar con una legislación para la supervisión del cumplimiento de las normas establecidas. La fortificación de los alimentos es la intervención más económica para el Estado y es la medida más eficaz para eliminar la insuficiencia de micronutrientes en la dieta. Por último, la fortificación de los alimentos es sostenible (INACG, 1981; Bauernfeind y Arroyave, 1986; Venkatesh Mannar, 1987; Arroyave, 1987).

La **desventaja de la fortificación de los alimentos** es que se basa en un vehículo elaborado y comercializado centralmente; de esta manera, sólo se benefician quienes consumen el vehículo alimentario. En otras palabras, la fortificación de los alimentos seguramente beneficiará menos a quienes consumen alimentos producidos localmente y no elaborados. Además, los alimentos fortificados llegan tanto a sectores de la población que son el objetivo del programa como a los que no estaba previsto alcanzar y, por tanto, pueden no ser el medio más económico para llegar al grupo objetivo del programa. Si el costo de la fortificación de los alimentos se traslada solamente al grupo del programa, pueden modificarse adversamente los patrones de compra entre los presuntos beneficiarios. Además, la fortificación de los alimentos conlleva costos recurrentes. Aparte de eso, es necesario contar con la voluntad política, la legislación y los mecanismos coercitivos que aseguren el éxito del programa (Bauernfeind y Arroyave, 1986, Arroyave, 1987).

En este trabajo se examinan las publicaciones sobre fortificación de alimentos con vitamina A, hierro y yodo. No se ha intentado analizar la fortificación de alimentos desde el punto de vista del sector industrial alimentario, lo que no quiere decir que este tema revista menor importancia. En el Capítulo II se describe cómo se fijan los niveles de fortificación, así como los distintos minerales y vitaminas disponibles. En el Capítulo III se resumen algunos de los aspectos críticos (vitaminas y minerales utilizados, su potencia, estabilidad, resultado de ensayos, problemas técnicos y de distribución, limitaciones y costos) relacionados con la fortificación de los distintos alimentos. En el Capítulo IV se describe el control y la garantía de calidad, en tanto que en el Capítulo V se indica cómo supervisar y evaluar los programas de fortificación de alimentos. En el Capítulo VI se examinan los

aspectos económicos y la sustentabilidad de los programas de fortificación de alimentos. En el Capítulo VII se señalan las dimensiones política y

jurídica. Finalmente, en el último capítulo, se ofrecen sugerencias para una orientación futura.

II. FORTIFICACION CON VITAMINA A, HIERRO, YODO Y NUTRIENTES MULTIPLES

Las deficiencias de vitamina A, hierro y yodo son las más serias deficiencias de micronutrientes en los países en desarrollo. En gran medida, merced a los programas de fortificación de alimentos, en los países desarrollados no existe insuficiencia de micronutrientes. Sin embargo, es más fácil poner en práctica programas de fortificación de alimentos en los países desarrollados debido a que todos los grupos de la población, independientemente de su ingreso, dependen en gran medida de alimentos procesados. En consecuencia, es posible enriquecer con diferentes micronutrientes una amplia gama de productos procesados. En los países en desarrollo el desafío es no sólo encontrar los vehículos alimentarios adecuados para la fortificación, sino también definir los compuestos de micronutrientes adecuados que se mantengan estables y biológicamente disponibles tras su adición a los alimentos y luego de ser sometidos a los procedimientos normales de almacenamiento y preparación. Dada la enorme tarea de fortificación de alimentos y la ausencia de información acerca de

otras deficiencias de micronutrientes, la fortificación de alimentos en los países en desarrollo ha tendido a centrarse en aquellos micronutrientes cuya falta es más difundida y nociva, a saber, la vitamina A, el hierro y el yodo.

DETERMINACION DEL NIVEL DE FORTIFICACION

VITAMINA A

En las tablas de composición de los alimentos, la unidad de la vitamina A es generalmente la unidad internacional (UI). Sin embargo, los niveles de vitamina A se expresan convencionalmente en microgramos (μg) de retinol. Dado que la actividad de vitamina A de los carotenoides es inferior a la del retinol, se ha establecido la unidad equivalente del retinol (ER) que comprende las fuentes dietarias tanto de retinol como de carotenoides. La relación entre las distintas unidades de vitamina A se indica en el Cuadro 1; y en el Cuadro 2 se presenta la ingesta diaria de vitamina A recomendada (IDR) por la FAO y la OMS.

En esencia, no existe riesgo de insuficiencia o toxicidad de vitamina A cuando la ingesta de la dieta proveniente de los alimentos totaliza 10.000 UI de vitamina A por día. Sin embargo, ingestas significativamente más elevadas de retinol poco antes o inmediatamente después de la concepción pueden tener efectos teratogénicos. Por esta razón, la OMS (1982) y el IVACG (1980) indican que se pueden suministrarse complementos diarios de tres mil ER (10.000

CUADRO 1: UNIDADES DE VITAMINA A

Unidad	Unidades Equivalentes
1 equivalente de retinol (ER)	1 μg de retinol 6 μg de beta-caroteno 12 μg de otras provitaminas carotenoides 3,33 UI de vitamina A activa del retinol 10 UI de vitamina A activa del beta-caroteno
1 unidad internacional (UI)	0,3 μg de retinol 0,6 μg de beta-caroteno 1,2 μg de otras fuentes de provitamina A
1 μg de retinol	1,0 μg de ER
1 μg de beta-caroteno	0,167 μg de ER
1 μg de otros carotenoides con provitamina A	0,084 μg de ER

Fuente: FAO/OMS (1988)

CUADRO 2: INGESTA DIARIA DE VITAMINA A

	Necesidades Basales		Nivel permisible de ingesta		Nivel crítico de ingesta	
	ER	UI	ER	UI	ER	UI
Niños (edad en años)						
0 a 1	180	600	350	1165	175	585
1 a 6	200	665	400	1330	200	670
6 a 10	250	835	400	1330	200	670
10 a 12	300	1000	500	1665	250	835
12 a 15	350	1165	600	200	300	1000
15 a 18 niños	400	1330	600	200	300	1000
15 to 18 niñas	330	1100	500	1665	250	835
ADULTOS						
Hombres	300	1000	600	2000	300	1000
Mujeres	290	900	500	1665	250	835
Mujeres embarazadas	370	1230	600	2000	300	1005
Mujeres lactantes	450	1500	850	2830	425	1415

Fuente: FAO/OMS (1988)

UI) de vitamina A sin efectos nocivos en cualquier etapa del embarazo.¹

Dado que en general la dieta de la población incluye cierta cantidad de vitamina A, la fortificación se aplica en general como medio de compensar el déficit entre la ingesta y las necesidades. Con pocas excepciones, la fortificación de los alimentos con vitamina A no debe considerarse como única fuente de este elemento. Sin embargo, con frecuencia la información disponible sobre ingesta de vitamina A es insuficiente. En estas situaciones, el alimento fortificado debe proporcionar el nivel de ingesta crítico o, al menos, la mitad de la ingesta dietética recomendada (IVACG 1988). El factor limitante es la ingesta diaria recomendada para los grupos más vulnerables a la insuficiencia y a la toxicidad (niños y embarazadas). Por lo tanto, para que la fortificación sea efectivo pero se mantenga dentro de los límites inocuos máximos, debe cubrir la mitad de la

ingesta diaria recomendada para los niños de tres a cinco años.

La concentración de vitaminas que a utilizarse en el vehículo alimentario debe basarse en información sobre el consumo per cápita del alimento en los diferentes grupos sociales y económicos y en las distintas regiones ecológicas, de preferencia desglosados por edad y por grupo fisiológico. Estos datos revisten gran importancia puesto que el suministro de poca escasa vitamina A determinará la ineficacia del programa, en tanto que el exceso no solamente es un desperdicio, sino que puede superar los

límites máximos permisibles.

Una vez que se han fijado los niveles mínimo y máximo de la ingesta del vehículo alimentario, un simple cálculo matemático permite fijar el rango permisible de fortificación como se indica en el Cuadro 3.

El rango permisible de fortificación se encuentra entre P y C UI/100 por ciento g de vitamina A ingeridos. Al determinar los niveles de fortificación, también es preciso tomar en cuenta

**CUADRO 3
DETERMINACION DEL NIVEL INOCUO DE
FORTIFICACIÓN DE VITAMINA A**

Ingesta estimada del vehículo alimentario	Nivel adecuado de fortificación (UI/100 g) para suministrar la ingesta de vitamina A	
	Min (670 UI)	Max (10.000 UI)
Max=X g	670/Y=C	10,000/Y=D
Min=Y g	670/X=A	10,000/X=B

¹ Sin embargo, el suministro complementario de vitamina A durante el embarazo debe considerarse únicamente en el caso de mujeres que se sabe tienen una ingesta insuficiente.

CUADRO 4
INGESTA DIARIA RECOMENDADA
DE HIERRO (MG/DIA)

	Disponibilidad de hierro en la dieta		
	Baja (5%)	Media (10%)	Alta (15%)
<i>Niños:</i>			
0,25-1	21	11	7
1-2	12	6	4
2-6	14	7	5
6-12	23	12	8
Varones 12-16	36	18	12
Niñas 12-16	40	20	13
Hombres 16+	23	11	8
Mujeres menstruantes	48	24	16
Mujeres posmenopáusicas	19	9	6
Mujeres lactantes	26	13	9

Fuente: FAO/OMS (1988)

otros factores, como las pérdidas durante el almacenamiento y la preparación de los alimentos.

HIERRO

Los niños de 6 a 18 meses, los niños en edad pre-escolar, las mujeres y las niñas adolescentes son más vulnerables a la anemia por insuficiencia de hierro (INACG, 1990; Gillespie *et al.*, 1991). En el Cuadro 4 se presenta la ingesta diaria recomendada para los diferentes grupos etarios. La determinación de una "ingesta inocua" de minerales es problemática debido a las diferentes reacciones químicas de las sustancias en los distintos sustratos alimentarios (Clydesdale, 1991).

Sin embargo, se ha propuesto un índice de inocuidad mineral (IIM):

$$IIM = IIM/IDR,$$

donde DTM es la dosis tóxica mínima obtenida del material publicado y la IDR es el valor máximo para mujeres adultas no embarazadas y no lactantes. La dosis tóxica mínima estimada de hierro para adultos es de 100 mg, o sea que el índice de inocuidad mineral sería de 2 ó 4, según que la disponibilidad de hierro en la dieta sea baja o intermedia, respectivamente.

YODO

La fortificación con yodo debe garantizar que cada individuo reciba por lo menos 100 µg de yodo por día en los alimentos fortificados. Para tener en consideración las pérdidas por almacenamiento y transporte, los programas deben tener el objetivo de suministrar una ingesta diaria de unos 150 µg por persona.

TIPOS DE FORTIFICANTES

VITAMINA A

Los mamíferos no pueden sintetizar la vitamina A en el organismo y deben recibir vitamina A en la dieta en forma de retinol o caroteno. El retinol o vitamina A preformada se encuentra en alimentos de origen animal, en general como éster de retinol. Los carotenoides o provitaminas A se encuentran en las plantas, en especial en los vegetales de hojas verdes y hortalizas y frutas amarillas. El carotenoide predominante es el betacaroteno. Tanto el retinol como el caroteno se pueden producir comercialmente; el primero, como retinol, acetato de retinol y palmitato de retinol, y el segundo, como betacaroteno y beta-apo-8'-carotenal (Bauernfeind y Arroyave, 1986). Las estructuras de la vitamina A pura y de los carotenoides son relativamente estables cuando se les calienta a una temperatura moderada en una atmósfera inerte y en la oscuridad, pero son inestables en presencia de oxígeno o de aire, o cuando se las expone a la luz ultravioleta. La vitamina A es relativamente estable en un medio alcalino, aunque los oligoelementos pueden acelerar la oxidación (Bauernfeind, 1978). Con la adición de antioxidantes y el control de la exposición al oxígeno, se han desarrollado, para la fortificación de alimentos, diversas estructuras de vitamina A pura y de caroteno, que permanecen estables en el curso de los procedimientos de procesamiento de los alimentos (Anexo 1).

El color del alimento fortificado y del vehículo alimentario determinan qué estructura de vitamina A se utiliza en la fortificación. Si sólo la actividad de vitamina A es importante, se utilizan ésteres de vitamina A. Si importan tanto el color como la actividad de vitamina A del alimento fortificado, se utiliza una estructura carotenoide o una mezcla de estructuras carotenoides. La estructura de la vitamina A debe utilizarse depende también de si el vehículo alimentario es un alimento de base

oleaginoso o grasa, un alimento de base acuosa o un alimento de base seca que debe disolverse en agua antes de su consumo.

HIERRO

Una dieta que contenga muy poco hierro y/o una baja biodisponibilidad de hierro puede provocar anemia por insuficiencia férrica. El hierro está presente en los alimentos animales en forma de hierro hemínico, y, en las plantas, en forma de hierro no hemo o inorgánico. Se absorbe entre el 20 y el 30 por ciento del hierro hemínico y menos del 5 por ciento del hierro no hemínico (INACG, 1979; FAO, 1988). La adición de ascorbato, la eliminación de los inhibidores de la absorción férrica en los alimentos, por ejemplo, el ácido clorogénico (café), el fosfato de calcio (leche de vaca y soja), la yema de huevo, los polifenoles (cacao, café, té, legumbres y cereales), fitatos (café, salvados, cereales y legumbres) y algunas fibras de la dieta (cereales); y el incremento de la ingesta de alimentos que contengan ascorbatos u otros ácidos (frutas y algunos vegetales) y hierro hemínico (carne, pescado y aves, pero no productos lácteos) mejoran la absorción del hierro no hemínico (DeMaeyer, 1989; Cook, 1990). El hierro no hemínico es la fuente primaria de hierro de los pobres en los países en desarrollo. De manera que, aparte de la baja disponibilidad de hierro, la dieta de las comunidades pobres en general carece de compuestos que mejoren la absorción (Finch y Cook, 1984). Los factores que afectan la absorción de hierro son, por lo tanto, críticos para decidir qué vehículo alimentario se habrá de utilizar en la fortificación.

Sólo dos compuestos férricos, cuya disponibilidad es aceptable y relativamente independiente de la composición del alimento, pueden utilizarse en la fortificación. Estos son el ácido etilendiaminotetracético sódico férrico (EDTA) y la hemoglobina. El EDTA se utiliza con frecuencia en procesos tecnológicos de alimentos y medicamentos. Su posible utilización como fortificante debe considerarse teniendo en cuenta la ingesta diaria máxima aceptable, la cual puede representar una limitación en los países desarrollados, pero en general no constituye un problema en los países en desarrollo. La hemoglobina, aunque se absorbe fácilmente, tiene bajo contenido férrico y un color muy fuerte. Esto último constituye una limitación organoléptica en la fortificación de

alimentos (Hurrell *et al.*, 1989). También exige un suministro constante de sangre animal.

Muchos compuestos férricos se pueden adicionar a los alimentos (Anexo 2). Sin embargo, los que son más fácilmente absorbibles tienden a producir cambios indeseables en el vehículo alimentario, como decoloración y malos sabores. INACG (1977), Cook y Reusser (1983) y Bauernfeind (1991) señalan que las sales ferrosas pueden oxidarse para formar óxidos férricos amarillos verdosos o negros. Además, las sales ferrosas reaccionan con compuestos sulfurados o fenólicos, así como con taninos, para producir colores azul negruzcos. Dado que el hierro es prooxidante, puede catalizar el desarrollo de reacciones oxidantes que causan mal color, mal olor y mal sabor, aún en ausencia de enzimas oxidantes. Los compuestos de alta densidad férrica como el hierro reducido en polvo requieren medidas especiales para alcanzar una distribución estable y uniforme dentro del alimento fortificado. El color y el sabor de los compuestos de hierro propiamente dichos pueden ser indeseables y trasladarse a los alimentos, siendo más notorios en las bebidas. Además, las características de solubilidad de los compuestos férricos pueden no ser compatibles con el vehículo alimentario.

El tipo de fortificante férrico seleccionado depende del procesamiento, almacenamiento y distribución del alimento (Cook y Reusser, 1983). En general, la solubilidad del fortificante es inversamente proporcional al tiempo de almacenaje. Cuanto más soluble es el compuesto, mayor su biodisponibilidad; pero, cuanto mayor sea la reactividad química del compuesto, mayor el riesgo de enranciamiento. Los compuestos férricos solubles, por lo tanto, se utilizan para enriquecer aquellos alimentos que tienen un corto período de almacenaje. Los compuestos de fosfato (ortofosfato férrico y pirofosfato sódico) son más aceptables desde el punto de vista organoléptico pero tienen más baja biodisponibilidad. En efecto, debido a su baja biodisponibilidad, el costo relativo de estos compuestos férricos es elevado. El hierro elemental en polvo se utiliza ampliamente en la fortificación de la harina de trigo en los países desarrollados. Aunque es relativamente poco costoso, estos compuestos férricos de alta densidad se pueden separar en algunos vehículos alimentarios y el hierro en polvo fino es inflamable. El costo es un factor limitante de la fortificación de los alimentos. Cuanto

más insoluble el compuesto, mayor su costo. La adición de ascorbato para incrementar la absorción de hierro resulta difícil puesto que el ascorbato es relativamente inestable, aparte de ser costoso.

YODO

La fortificación con yodo se realiza mediante compuestos yodurados y yodatados. De los dos compuestos, el yoduro de potasio es el más soluble, lo cual permite incorporarlo en menores cantidades. Es más inestable en condiciones de humedad, alta temperatura, luz solar, excesiva aereación y presencia de impurezas salinas. También es menos costoso. Sin embargo, debido a que el yoduro de potasio es mucho más estable y resistente a la sublimación, y también debido a que presenta menores requerimientos de agentes estabilizadores y secantes, en la mayoría de las situaciones es el fortificante preferido para alimentos. (Bauerfeind, 1991).

PREMEZCLAS DE MULTIPLES NUTRIENTES

La fortificación de los alimentos también se puede realizar utilizando mezclas múltiples de micronutrientes. Las premezclas de vitamina A pueden incluir vitaminas solubles en el agua (por ejemplo, el folato y el ascorbato) y minerales (por ejemplo, el hierro y el yodo). Aparte de la vitamina A, las mezclas de micronutrientes que se utilizan en los cereales² con frecuencia incluyen tiamina, vitamina B-1, riboflavina (vitamina B2), niacina y hierro. La concentración de cada vitamina y mineral en una mezcla múltiple de micronutrientes depende del contenido de micronutrientes en el vehículo alimentario luego de la molienda y el procesamiento (en el Anexo 3 se ilustran ejemplos de mezclas

múltiples para la fortificación de cereales de ATOCHEM y ROCHE).

Las mezclas de nutrientes con propósitos múltiples son preferibles a la fortificación con un solo nutriente debido a una serie de razones (Mora, 1992). Primero, dado que las insuficiencias de micronutrientes tienden a coexistir, puede ser más eficaz en función del costo y más atractivo para los planificadores fortificar una serie de alimentos con una mezcla múltiple de nutrientes en lugar de incorporar un solo nutriente. El enfoque múltiple también evitaría la exacerbación de otras deficiencias de micronutrientes como resultado de aliviar una sola deficiencia. En segundo lugar, si se enriquecen varios alimentos de consumo común, el costo total de fortificar un determinado alimento puede disminuir debido a que se adicionaría una cantidad menor de fortificante a ese alimento, permitiendo fortificar un mayor número de alimentos. También podría disipar los temores de que la fortificación pudiera incrementar el consumo de algunos alimentos, como el azúcar. Tercero, la fortificación de distintos productos puede ser potencialmente más aceptable para la industria alimentaria, permitiendo compartir los costos de la fortificación entre una serie de industrias. También permitiría fomentar la competencia entre las distintas compañías productoras de alimentos. La industria alimentaria puede asumir inclusive cierta responsabilidad en la educación del consumidor en situaciones en que hay distintas opciones. Por último, la fortificación de varios de alimentos crearía mayor conciencia en la opinión pública sobre las deficiencias de micronutrientes y sensibilizaría a la industria alimentaria acerca de la importancia de la fortificación de los alimentos.

2 Primordialmente trigo, aunque se están realizando ensayos con el arroz.

III. ALIMENTOS FORTIFICADOS CON VITAMINA A, HIERRO, YODO Y PREMEZCLAS

Los países en desarrollo ofrecen algunos buenos ejemplos de la posible utilización de productos específicos como vehículos de la fortificación con vitamina A (Cuadro 5). Estos productos básicos incluyen el azúcar en Guatemala, el glutamato monosódico en Filipinas e Indonesia, el trigo integral en Bangladesh, el arroz en las Filipinas y el té en la India y Pakistán. El aceite está aún para someterse a pruebas de campo en Brasil. Un producto básico menos promisorio es la sal, cuya viabilidad económica aún no se ha podido probar.

Los alimentos que pueden enriquecerse con hierro incluyen el trigo, las harinas de trigo y de maíz (productos básicos de la Ley 480) y las

fórmulas para lactantes; el arroz en las Filipinas, el azúcar en Guatemala; la sal en la India, Indonesia y Tailandia; y la leche descremada reconstituida y las galletas en Chile. También se ha fortificado el agua con hierro. Los alimentos coloreados y con un sabor intenso son especialmente adecuados para la fortificación con hierro pues permiten la utilización de compuestos férricos más reactivos. Entre los ejemplos cabe mencionar la salsa de pescado en Tailandia; el polvo de curry en Sudáfrica y bebidas como el "Kool Aid" en Egipto.

El vehículo alimentario más común para el yodo es la sal (también se ha fortificado el agua con yodo). El té en bloques (China Occidental) y los caramelos

(Medio Oriente) aparentemente se han fortificado con éxito. En algunos países desarrollados, se han fortificado inadvertidamente el pan y la leche con yodo merced a la adición de yoduro como conservador del pan y la utilización de un compuesto yodado para el tratamiento de enfermedades de los cascos en el ganado. Al parecer, en el Sudán se ha fortificado con éxito el azúcar mediante la incorporación de yodo. Mezclas múltiples que incluyen vitamina A y hierro se han adicionado con éxito a la harina de trigo y al pan en Jordania y la India. En general, los fortificantes

**CUADRO 5
ALIMENTOS FORTIFICADOS CON MICRONUTRIENTES
EN LOS PAISES EN DESARROLLO**

	Vitamina A	Hierro	Yodo	Mezclas múltiples
En curso	Azúcar	Harina de trigo Harina de maíz Fórmula para lactantes Arroz	Sal Té en bloques Agua Pan Leche	
Experimental	Trigo integral Arroz Té *Aceite *Sal Glutamato monosódico (GMS)	Azúcar Sal Leche Galletas Agua Salsa de pescado Polvo de curry Harina de maíz "Kool-Aid" *GMS *Sal	*Azúcar *Sal	Harina de trigo Alimento de maíz Fideos de harina de trigo

* Únicamente en etapa de laboratorio.

se adicionan al vehículo alimentario en las últimas etapas del procesamiento. En el Anexo 4 se incluyen diagramas del proceso de fabricación en los que se indica la etapa en que se adicionan las vitaminas y los minerales en la producción de té, arroz y harinas fortificados.

El resto de esta sección resume algunos de los aspectos importantes relacionados con el enriquecimiento de los alimentos. Solamente se incluyen los alimentos de consumo masivo; se excluyen las fórmulas para lactantes y el agua.

FORTIFICATION CON VITAMINA A

AZUCAR

La fortificación del azúcar con vitamina A se ha realizado con éxito en Guatemala, Costa Rica, Honduras, el Salvador y Panamá (Arroyave, 1972; Arroyave *et al.*, 1979; Arroyave, *et al.*, 1981; Mejía y Arroyave, 1982; McKigney, 1983; Dary, 1991; McKigney *et al.*, 1992). Sólo Guatemala, Honduras y El Salvador están fortificado actualmente el azúcar.

- **Fortificante:** Premezcla que contiene una parte de gránulos o partículas de palmitato de retinol tipo 250 SAF, nueve partes de azúcar refinada, aceite de maní sin peróxido y un estabilizador. El fortificante, que es de un color amarillo pálido, se adiciona al azúcar en las últimas etapas del procesamiento.
- **Potencia:** Premezcla, 50.000-55.000 UI de vitamina A/g.
- **Dilución:** 1:1000 de la premezcla de azúcar blanca, lo que rinde 50 UI de vitamina A/g de azúcar. El consumo de azúcar por parte de la mayoría de los grupos de riesgo era de 20 gramos por día. Este nivel de fortificación cubrirá la ingesta diaria recomendada (IDR) para los niños de centroamérica (300 µg de vitamina A).
- **Estabilidad:** Nueve por ciento de disminución de la potencia del azúcar fortificado a la

temperatura ambiente (18-32°C) tras nueve meses, aunque, recientemente, muestras probadas en Guatemala han demostrado pérdidas superiores (McKigney *et al.* 1992). Se mantienen las características organolépticas del azúcar no fortificado.

- **Resultados de las pruebas de campo:**

Triple incremento en la ingesta diaria promedio de equivalentes de retinol (ER). Entre los niños menores de seis años, un incremento en los niveles de retinol en suero; reducción en la incidencia de los valores bajos o insuficientes de retinol en suero; incremento en la incidencia de la categoría máxima de suficiencia; mejoría del estado nutricional del hierro; sugerencia de un posible efecto positivo sobre los signos clínicos visibles y en crecimiento infantil. Mayores niveles de retinol en la leche materna.

- **Problemas técnicos y de distribución:** Fallas en la distribución oportuna de la premezcla determinaron que se distribuyera azúcar no fortificado en ciertas cantidades. Se observó cierta variación en el contenido de vitamina A en el azúcar fortificado.
- **Limitaciones:** Políticas y económicas. Los productores de azúcar se hicieron responsables de absorber los costos de la fortificación, principalmente en razón del bajo costo relativo de la fortificación del azúcar. En Panamá, debido en parte a una supervisión insuficiente, el programa de fortificación fue suspendido por el sector azucarero poco después de su puesta en práctica. En Guatemala la disminución del precio mundial del azúcar y el simultáneo incremento del costo del proceso de fortificación hizo que los productores suspendieran temporalmente el programa de fortificación durante la década de 1980³.

3 El programa de enriquecimiento del azúcar en Costa Rica se suspendió a fines de los años 70, tras demostrarse que la ingesta de vitamina A en la dieta y los niveles de retinol en suero de los niños en edad preescolar habían alcanzado niveles satisfactorios.

- **Costo:** Guatemala

Precios de 1979

— US\$0,0029/kg de azúcar fortificado.

— US\$0,07 por persona, por año

Precios de 1991

— US\$0,0066/kg de azúcar fortificado.

— US\$0,30 por persona, por año.

El precio actual del azúcar al consumidor es de US\$0,42/kg. Así la fortificación representa el 1,6 por ciento del precio del azúcar al consumidor.

GLUTAMATO MONOSODICO

La fortificación del GMS con vitamina A se ha probado en las Filipinas (Solon *et al.* 1985; Latham y Solon, 1986) y en Indonesia (McKigney, 1983; Murphy *et al.*, 1987, Muhilal *et al.*, 1988a; 1988b). En el programa de fortificación de Filipinas se utilizó palmitato de vitamina A anhidro Tipo 250 deshidratado por aspersión, pero planteó problemas organolépticos (color, volumen, densidad), variabilidad en el contenido de vitamina A y pérdida de actividad vitamínica. Indonesia ha logrado superar algunos de los problemas técnicos relacionados con el enriquecimiento del glutamato monosódico con vitamina A y ha realizado pruebas de campo utilizando GMS fortificado. Las familias pobres tienden a comprar GMS en pequeños paquetes de 5 gr. o menos, en tanto que las familias más pudientes lo adquieren en cantidades más importantes. La fortificación de pequeños paquetes de glutamato monosódico permitiría llegar al grupo social y económico más bajo.

- **Fortificación:** Palmitato de vitamina A anhidro Tipo 250 SAF dispersado en carbohidrato comestible, estabilizado mediante antioxidantes y recubierto con un pigmento blanco. El fortificante, conocido como vitamina A "blanca", es miscible en agua caliente o fría.
- **Potencia:** 175.000 UI de vitamina A por gramo en la vitamina A "blanca".
- **Dilución:** 17,1 kg de vitamina A "blanca" mezclados con 982,9 kg de glutamato monosódico para suministrar 3.000 UI de vitamina A/g de GMS. Los niveles de consumo

diario de GMS en adultos y niños oscilan entre 0,4 g. y 0,2 g., respectivamente. De manera que el GMS fortificado suministra en promedio un máximo de 1.200 y 600 UI de vitamina A por día a niños y adultos, respectivamente. Estos niveles se acercan a los niveles de ingesta críticos fijados por FAO/OMS (1988).

- **Estabilidad:** La vitamina A "blanca" es sensible al oxígeno, las temperaturas altas, la humedad y la luz. Presenta ventajas comparativas con respecto a la vitamina A no recubierta y conserva más de la mitad de su potencia cuando se le almacena por más de 18 meses a 25°C y por más de siete meses en condiciones de oscuridad y humedad. Existen pruebas de que el recubrimiento blanco duplica la vida en depósito de la vitamina A "blanca" expuesta a la luz.

En condiciones controladas, el glutamato monosódico retiene la mitad de su potencia por más de dos años almacenado a temperaturas superiores a los 35°C, pero la pérdida de actividad de la vitamina A es superior cuando el glutamato monosódico fortificado se expone a la luz directa. También es necesario tomar precauciones para asegurar que el glutamato monosódico fortificado no quede expuesto a humedad. Para evitar la separación física de la vitamina A "blanca" del glutamato monosódico, es necesario aglomerar la vitamina A "blanca" en conglomerados de partículas de tamaño similar a las del glutamato monosódico.

En pruebas de campo, el glutamato monosódico fortificado retuvo más del 90 por ciento de su actividad vitamínica tras dos meses, el 80 por ciento tras seis meses y apenas menos del 60 por ciento luego de once meses.

- **Resultado de las pruebas de campo:**

Entre los niños de menos de cinco años, mejora en los niveles de retinol en suero, reducción de la incidencia de niveles bajos y deficientes de retinol en suero; reducción del nivel de xeroftalmía; mejora en el crecimiento; incremento en los niveles de hemoglobina; 45 por ciento de reducción en la tasa de mortalidad.

Mayor nivel de retinol en la leche materna.

- **Problemas técnicos y de distribución:** Pérdida de la integridad de la vitamina A "blanca" por exposición a las condiciones de comercialización. Gran variación en el contenido de vitamina A del glutamato monosódico fortificado.
- **Limitaciones:** Las políticas de Indonesia exigen un consenso antes de ponerse en práctica. La Unión de Consumidores y algunos fabricantes de glutamato monosódico resistieron la utilización de éste como vehículo alimentario. Se produjo una controversia en torno a la conveniencia sanitaria de utilizar el glutamato monosódico como alimento y, por tanto, de fortificar un alimento cuyo consumo quizás no debiera ser recomendado. Los fabricantes de glutamato monosódico no estaban satisfechos de que la tecnología no permitiera elaborar un producto suficientemente blanco.
- **Costo:** El estudio de factibilidad indicó que la fortificación de glutamato monosódico costaría US\$0,06 por niño por año. El costo global del programa se estimó en US\$5 millones por año. Es probable que el Gobierno de Indonesia exija la fortificación del GMS en paquetes por debajo de un determinado volumen, dividiendo el costo en todos los envases, independientemente de su tamaño. Sin embargo, el costo se irá trasladando gradualmente al consumidor mediante reducciones anuales del subsidio estatal. Sólo se fortificará aproximadamente un tercio del glutamato monosódico, por lo cual el aumento de precio será relativamente pequeño. Dado que se mantendrá la paridad de precios, los consumidores no preferirán el glutamato monosódico no fortificado.

La fortificación del glutamato monosódico con vitamina A y hierro se ha probado en laboratorios en Filipinas (Bauernfeind, 1991). El doble enriquecimiento parecería factible siempre que el glutamato monosódico sea cristalino y finamente molido o tamizado. Al glutamato monosódico se ha adicionado ortofosfato férrico micronizado y estearato de zinc recubierto con sulfato ferroso junto

con palmitato de vitamina A estabilizado Tipo 250 secado por aspersión. Los envases de 2,4 g. de glutamato monosódico fortificado contenían 15.000 UI de vitamina A y 50 mg de hierro. Ambos productos demostraron tener características favorables de color, gusto, biodisponibilidad y tamaño de las partículas. Las pruebas de almacenamiento indicaron que el hierro no influye en la actividad de la vitamina A. Resta realizar pruebas de producción en gran escala y ensayos de campo del producto.

TRIGO INTEGRAL⁴

La fortificación del trigo con vitamina A ha sido considerado en Bangladesh (Darton-Hill, 1988; Crowley, *et al.* 1989). El trigo, el menos preferido de los productos básicos, en general es consumido por los sectores más pobres. El suministro de trigo conforme al Título II de la Ley 480 se orienta a los más desposeídos por medio de programas especiales. La mezcla de vitamina A sintética en polvo con harina de trigo fue objeto de estudio pero rechazada por inadecuada. La razón es que las familias de Bangladesh en general adquieren el grano de trigo integral molido en el mercado local. Fue así que se consideró la fortificación de la harina de trigo integral.

- **Fortificante:** Premezcla (conocida como concentrado de trigo y vitamina A) y vitamina A concentrada adicionada a los granos de trigo.
- **Potencia:** No establecida.
- **Dilución:** 1:400 de premezcla en el trigo común.
- **Estabilidad:** No establecida.
- **Resultados de ensayos de campo:** No establecidos.
- **Problemas técnicos y de distribución:** No determinados.
- **Limitaciones:** El Gobierno de Bangladesh no aprobó el proyecto, sin dar explicaciones. El mismo estaba destinado a demostrar la fac-

4 En el Anexo 5 se resume la factibilidad técnica de enriquecer cereales en grano.

tibilidad técnica de la fortificación y comprobar su efecto nutricional.

- **Costo:** No establecido.

ARROZ

Tanto en la República Dominicana (Emodi y Scialpi, 1976) como en las Filipinas (Florentino y Pedro, 1990; Murphy *et al.*, 1992) se ha intentado fortificar el arroz con vitamina A (Rubin, Emodi y Scialpi, 1977). Sin embargo, la fortificación del arroz exige un criterio que difiere del de otros vehículos alimentarios. La razón es que el arroz se consume como grano entero que se separa de los granos irregulares y luego se lava antes de la cocción. Además, los tiempos de cocción varían de acuerdo con la cultura. De manera que el fortificante tiene que ser resistente al lavado y a la cocción. Al principio el arroz se fortificó aplicando una película que incluía vitamina A en los granos de arroz. Los granos de arroz recubiertos con vitamina A constituían la premezcla. Técnicamente, el proceso de fortificación era viable pero el producto resultó inaceptable para las autoridades Filipinas porque las pérdidas por lavado oscilaban entre el 10 y el 20 por ciento. Más recientemente, se ha desarrollado un grano de arroz sintético que incluye vitamina A como fortificante y que es objeto de pruebas de campo.

- **Fortificante:** Premezcla de harina de arroz (preparada a partir de granos de arroz rotos) fortificada con palmitato de retinol 250 secado por aspersión en una matriz de goma arábica con antioxidantes, preservativos y una pequeña cantidad lípidos. Utilizando un extrusor de pastas, la premezcla se prepara en granos de apariencia similar al arroz.
- **Potencia:** Premezcla, 2.000 a 2.500 UI de vitamina A/g.
- **Dilución:** 1 parte de arroz de premezcla por 199 partes de arroz regular. Se estima que aporta 13 UI de vitamina A/g de arroz fortificado.
- **Estabilidad:** 100 por ciento de retención de actividad de vitamina A en la premezcla y en los granos sintéticos después de la prueba de lavado. La retención de vitamina A tras la cocción varía enormemente (del 46 al 94 por ciento) de acuer-

do con los lípidos y antioxidantes que se utilicen para formular los granos sintéticos. En las Filipinas, el criterio mínimo aceptable es del 50 por ciento de estabilidad tras la cocción. Se recomienda la combinación de aceites más saturados (maní, coco), tocoferoles y ácido ascórbico para la conservación adecuada de la vitamina A en la premezcla de arroz sintético.

- **Resultados de pruebas de campo:** No determinados.
- **Problemas técnicos y de distribución:** La formulación de granos simulados es fácil, pero la producción puede plantear problemas. Los granos blandos se filtran en el agua de lavado en tanto que los granos excesivamente duros que no se digieren pueden detectarse en el arroz cocido, y ser separados y descartados.
- **Limitaciones:** No determinadas.
- **Costo:** No establecido.

TE

En la India (Brooke y Cort, 1972) y en Pakistán (Fuller *et al.*, 1974; Crowley *et al.*, 1989) se consideró la fortificación del té. Tanto el polvo del té (las partículas más pequeñas) como las hojas fueron enriquecidas con éxito en la India. Pakistán demostró interés en la fortificación de las hojas de té.

- **Fortificante:** El polvo del té se enriquece con una mezcla de polvo seco y palmitato de vitamina A 250 secada por aspersión en polvo fino. Las hojas de té se fortifican utilizando emulsiones de palmitato de vitamina A y acetato en una solución de goma arábica y un 50 por ciento de dextrina (o sacarosa) a la que se le agrega THB y dl-alfa-tocoferol como antioxidantes y benzoato de sodio como preservativo. Concentración de vitamina A, 400.000 UI/g o 500.000 UI/g.
- **Potencia:** 125 UI de vitamina A/g de té seco fortificado.
- **Dilución:** Una taza de 150 ml de té preparado con 3 g. de té seco aporta 375 UI de vitamina A

por taza de té. Tres tazas de té diarias suministran 1.125 UI, que equivale a la ingesta promedio actual de vitamina A en la India (por encima de la ingesta crítica para adultos no lactantes) y aproximadamente el 38 por ciento de la ingesta diaria recomendada en Pakistán. Dos tazas de té por día suministran por lo menos el 75 por ciento de la ingesta crítica para niños.

- **Estabilidad:** El polvo de té fortificado retiene el 85 por ciento de su actividad vitamínica tras un año de almacenamiento a temperatura ambiente. El rociado de las hojas de té enriquecidas con una emulsión de vitamina A diluida en agua y dextrina demostró una estabilidad no satisfactoria (del 20 al 85 por ciento de retención, de acuerdo con las condiciones de almacenamiento), pero las emulsiones de vitamina A diluidas en una solución de sacarosa retienen del 90 al 98 por ciento de su actividad vitamínica cuando se les almacenaba hasta por un año a 37°C. El palmitato de vitamina A, tanto en polvo como en emulsiones diluidas en sacarosa, retuvo un 100 por ciento de actividad vitamínica tras una hora de ebullición.
- **Resultados de pruebas de campo:** No establecidos.
- **Problemas técnicos y de distribución:** Ninguno; los ensayos a escala comercial demostraron la factibilidad de la fortificación en el curso de la elaboración en plantas individuales o combinadas. Se mantienen las características organolépticas del té no fortificado. Las pruebas de transporte no indicaron signos aparentes de segregación de vitamina A en el té fortificado con la emulsión diluida en sacarosa.
- **Limitaciones:** Ausencia de apoyo de parte de las principales compañías mezcladoras de té (Lipton y Brook Bond). El financiamiento (USAID) fue retenido hasta que se concluyeran los estudios sobre los perfiles de consumo alimentario y la situación nutricional. Los estudios nunca se completaron; el proyecto perdió impulso. El Gobierno de Pakistán, en conjunción con una pequeña compañía mezcladora de té local, emprendió las pruebas de fortificación de hojas de té en un área comercial restringida pero los resultados no se difundieron.

- **Costos:** El costo total estimado de producción de la fortificación con 250 UI de vitamina A/g en Pakistán fue de US\$0,015/kg. (precios de 1974), de los cuales los ingredientes representaban el 94,7 por ciento; el mantenimiento y la amortización, 2,4 por ciento; el control de calidad, 1,5 por ciento y la mano de obra 1,2 por ciento.

ACEITE

La fortificación del aceite de soya es objeto de pruebas en Brasil (Favaro *et al.*, 1990). El consumo de aceite vegetal, en especial el aceite de soya, aumenta rápidamente en el país, en especial en los estratos sociales y económicos más bajos. Ello se debe a que el aceite de soya cuesta menos que los demás aceites y grasas. La producción de aceite vegetal se centraliza y controla en grandes compañías y cooperativas, lo cual facilita su fortificación con vitamina A en gran escala. Tradicionalmente, los aceites vegetales comerciales se envasan y sellan en latas metálicas, lo cual ofrece una protección contra la luz en el almacenaje.

- **Fortificante:** Palmitato de retinol y antioxidantes.
- **Potencia:** 1.700.000 UI de vitamina A/g.
- **Dilución:** El aceite de soya fortificado suministra 200 UI de vitamina A/g. Suponiendo que el consumo diario de aceite en los sectores pobres del Brasil meridional es de 15 a 30 gramos, el aceite fortificado puede aportar hasta 6.000 UI de vitamina A por día.
- **Estabilidad:** El aceite fortificado retiene toda la actividad vitamínica durante seis meses, independientemente de que se almacene o no en lata y a oscuras. Al cabo de nueve meses, el aceite fortificado almacenado en latas selladas y en la oscuridad, retiene el 98,5 por ciento de actividad vitamínica. Sin embargo, al cabo de 18 meses el mismo aceite registró sólo el 41 por ciento de la actividad vitamínica original. La actividad vitamínica del aceite fortificado almacenado en latas abiertas empieza a perderse al cabo de seis meses; el aceite almacenado en la oscuridad retuvo el 33 por ciento de su actividad, pero el

aceite almacenado a la luz presentó una actividad vitamínica mínima al cabo de 18 meses.

La vitamina A se diluyó uniformemente y se dispersó en las latas, no observándose variación en las propiedades organolépticas.

En los casos en que se siguen procedimientos normales de cocción, la actividad vitamínica del arroz cocinado con aceite se mantuvo en 99 por ciento y aproximadamente en 90 por ciento en el caso de los frijoles cocinados con aceite (hervidos o cocinados a presión). Sin embargo, el uso reiterado de aceite en frituras destruyó la vitamina A. En efecto, tras cuatro frituras repetidas, se perdió la mitad de la actividad vitamínica del aceite.

- **Resultados de las pruebas de campo:** No se realizaron.
- **Problemas técnicos y de distribución:** No determinados.
- **Limitaciones:** No se dispone de datos sobre consumo de aceite y no se han documentado los perfiles de compra.
- **Costos:** No establecidos.

SAL

La fortificación de la sal con vitamina A se ha realizado en condiciones de laboratorio (Bauernfeind y Arroyave 1986; Crowley *et al.*, 1989; Bauernfeind, 1991).

- **Fortificante:** Palmitato de vitamina A seco Tipo 250 secado por aspersión, protegido por un lípido.
- **Potencia:** No establecida.
- **Dilución:** No establecida.
- **Estabilidad:** La protección de la actividad vitamínica fue considerable hasta un nivel de humedad del 2 por ciento aproximadamente.
- **Resultados de las pruebas de campo:** La administración de sal fortificada con 440 UI de vitamina A/g a lo largo de un período de seis

meses demostró eficacia en el mejoramiento de la situación vitamínica en niños de edad preescolar.

- **Problemas técnicos y de distribución:** La sal es hidrocópica, lo que significa que debe contener un secante o estar en un envase resistente para evitar que absorba humedad. Las impurezas de la sal y los cristales no uniformes también desestabilizan la vitamina A.
- **Limitaciones:** A menos que la sal pueda adquirirse a bajo precio en todo el país, la fortificación puede no ser viable a escala comercial.
- **Costo:** No establecido.

FORTIFICACION CON HIERRO

HARINA DE TRIGO

Los cereales de grano entero son difíciles de fortificar con compuestos de hierro solubles porque los fortificantes son susceptibles a la oxidación grasa durante el almacenaje, con lo cual se reduce su vida en depósito. Sin embargo, las harinas de baja extracción que contienen menos grasa, ácido fítico y fibra, son buenos vehículos alimentarios (Cook y Reusser, 1983; Arroyave, 1992).

- **Fortificante:** Hierro reducido en polvo cuando se prevé una larga vida en depósito. Sulfato ferroso cuando se prevé una breve vida en depósito.
- **Potencia:** No establecida.
- **Dilución:** No establecida.
- **Estabilidad:** Buena.
- **Resultados de las pruebas de campo:** Evidencias recogidas en los países desarrollados sugieren que la harina enriquecida con hierro reduce y previene la anemia.
- **Problemas técnicos y de distribución:** El hierro elemental puede segregarse en sistemas transportadores neumáticos y puede ser extraído por los magnetos utilizados para eliminar los contaminantes durante la molienda.

- **Limitaciones:** La mayor parte del trigo de los países en desarrollo es importado. El consumo en general corresponde a los grupos de mayores ingresos.
- **Costos:** No estipulados.

ARROZ

En las Filipinas se está analizando la posibilidad de fortificar el arroz con hierro (y con otros micronutrientes) (Florentino y Pedro, 1990). Los métodos de fortificación deben tener en cuenta las pérdidas de micronutrientes que pueden producirse cuando los filipinos separan "objetos" inaceptables del arroz y lavan el arroz dos o tres veces antes de la cocción. Hay dos posibles métodos para fortificar el arroz. El primero consiste en utilizar granos de arroz artificiales (véase la fortificación de arroz con vitamina A). El segundo consiste en utilizar mezclas preliminares resistentes al enjuagado mediante una película adicionada a la superficie de los granos de arroz común.

- **Fortificante:** Rociado del arroz rociado con una suspensión de sulfato ferroso anhidro. El solvente se evapora y deja una película relativamente insoluble en el grano de arroz. El grano fortificado se encapsula entonces con un recubrimiento para evitar la decoloración y los problemas de sabor y para reducir al mínimo la dilución del fortificante en agua fría durante los enjuagues previos a la cocción. La película, que es insoluble en agua fría, se desprende durante la cocción y libera los nutrientes.
- **Potencia:** 14 g de sulfato ferroso anhidro aporta unos 448 mg de hierro por 100 g de mezcla.
- **Dilución:** 1:200 de premezcla en arroz blanco común. Descontadas las pérdidas de hierro durante el enjuagado y almacenaje, la mezcla suministra 2 mg de hierro por 100 g de arroz fortificado (aparte de 1 mg de hierro ya presente en el arroz).
- **Estabilidad:** No determinada.
- **Resultados de las pruebas de campo:** El color del arroz fortificado difícilmente puede distin-

guirse de los granos de arroz común. El color de los granos de arroz fortificado, sin embargo, varía de un blanco crema a un claro cremoso después de 20 semanas de almacenamiento a temperatura ambiente. Se observó 9 por ciento de pérdida de hierro tras un enjuagado normal y tras pruebas de lavado con dos cambios de agua.

- **Problemas técnicos y de distribución:** No determinados.
- **Limitaciones:** La compañías molineras pueden mostrarse reacias a implementar el programa si lo conciben como una manera de que el gobierno controle su producción de arroz y así gravarlos a ellos y a los productores. En efecto, esta fue la razón de la interrupción del programa de fortificación del arroz aprobado por ley en los años 50.

Con los auspicios de la Oficina Nacional de Alimentos, el Gobierno adquiere, elabora y distribuye el arroz que se vende al público a un precio controlado. Cerca del 10 por ciento de la población total, en gran medida representada por los grupos de menores ingresos, consume el arroz fortificado. Una alternativa posible es orientar el arroz fortificado únicamente a este grupo de la población.

Entre 10 y 15 por ciento de la población muele el arroz en sus hogares en lugar de pagar a los molinos. Por esta razón se ha sugerido que la premezcla se ponga a la venta en almacenes minoristas y quizás en centros de salud.

- **Costos:** No establecidos.

AZÚCAR

El hierro adicionado al azúcar es bien absorbido, especialmente si se le agrega a bebidas efervescentes. Sin embargo, una alta proporción del azúcar que consumen los adultos se adiciona al té y al café, lo que inhibe la absorción férrica. La fortificación del azúcar con hierro se ha intentado en Guatemala (Zoller *et al.*, 1980; Cook y Reusser, 1983; Viteri y Levin, 1986; Molina, 1991).

- **Fortificante:** EDTA sódico férrico.

- **Potencia:** No establecida.
- **Dilución:** 13 mg de hierro en forma de EDTA sódico férrico/100 g azúcar. El consumo de azúcar medio fue de 40g/día; de manera que el azúcar fortificado suministró más de 5 mg de hierro/día (absorción media apenas sobre el 6 por ciento).
- **Estabilidad:** En una concentración de 1 mg de hierro/g, la fortificación del azúcar no afecta el color ni el gusto del producto y **retarda** en gran medida (aunque no elimina) la decoloración que se produce cuando se adiciona el fortificante directamente al té. No se observan interacciones desfavorables cuando el azúcar se enriquece simultáneamente con vitamina A y hierro.
- **Resultados de las pruebas de campo:** Se redujo sustancialmente la incidencia de anemia.
- **Problemas técnicos y de distribución:** Se observa decoloración cuando el café o el té se preparan con azúcar enriquecida con hierro.
- **Limitaciones:** Costo del fortificante.
- **Costos:** La fortificación del azúcar para incrementar la ingesta férrica de las mujeres adultas en 5 mg/día (13 mg de hierro/100 g de azúcar) agrega del 1 al 2 por ciento al costo del azúcar o aproximadamente US\$0,10 por persona por año.

SAL

En laboratorios de la India se realizaron la mayor parte de los trabajos recientes sobre fortificación de la sal con hierro. El Gobierno ha aprobado leyes que autorizan únicamente la producción de sal yodada. El trabajo se centra ahora en la fortificación de la sal con nutrientes múltiples (Zoller *et al.*, 1980; Anon, 1983; Levin, 1986; Mannar, 1990; Baumfiend, 1991).

- **Fortificante:** Sulfato ferroso con pirofosfato ácido sódico como agente coordinador y sulfato ácido de sodio como mejorador de la absorción. El fortificante se prepara con 3.500 ppm de fosfato ferroso y 5.000 ppm de sulfato ácido sódico o 3.200 ppm de sulfato ferroso, 2.200 ppm de ácido ortofosfórico (AOF) (u ortofosfato

sódico (OFS)) y 5.000 ppm de sulfato sódico hidrogenado. Este último es menos costoso.

- **Potencia:** 1 mg de hierro/g de sal.
- **Dilución:** 3,5 g de fortificante por kilogramo de sal, lo cual suministra de 10 a 15 mg de hierro por adulto por día, suponiendo una tasa de absorción del 5 por ciento y una ingesta media de 15 g de sal por día. Esto es apenas un poco más de un tercio de la ingesta diaria recomendada en la India.
- **Estabilidad:** No establecida.
- **Resultados de las pruebas de campo:** Aceptación favorable de la sal fortificada una vez que la población se familiariza con la sal molida. Significativa mejora en los niveles de hemoglobina y reducción de la anemia con ambos tipos de fortificantes. Los aumentos más importantes de los niveles de hemoglobina se registraron entre las personas con anemia más aguda.
- **Problemas técnicos y de distribución:** La sal utilizada para la fortificación debe tener una pureza mínima de 99 por ciento (sal seca), un máximo de contenido de humedad del 2 por ciento y un máximo nivel de clorato de magnesio del 0,1 por ciento. La sal también debe estar molida en granos muy finos y de tamaño uniforme. Toda la sal de la India debe estar yodada y en este momento se están llevando a cabo estudios de la sal enriquecida con hierro y yodo. La sal con hierro en medio ácido, preparada para la fortificación con hierro, descompone rápidamente el yodato de potasio (el compuesto yodado de preferencia debido a su mayor estabilidad) en sal yodada y yodo elemental, lo cuales, a su vez, se evaporan rápidamente. Un fortificante que contenga 0,04 g de yodato de potasio (40 ppm), 3,28 g de sulfato ferroso (1.000 ppm de hierro), y 10 g de un estabilizador permitido por kilogramo parece presentar perspectivas prometedoras. La biodisponibilidad del hierro y del yodo en la sal tras prolongados períodos de almacenamiento parece ser buena. Se realizó una prueba de campo para estudiar los efectos de la sal enriquecida con hierro y yodo en el control de la anemia y del bocio, pero aún

no se conocen los resultados. La aceptación por los consumidores tras el almacenamiento y la cocción (no se observa decoloración ni mal sabor) aún no se ha documentado. La tecnología para el procesamiento y fortificación de la sal con ambos minerales debe ser perfeccionada.

- **Limitaciones:** Costo.
- **Costos:** US\$25 por tonelada de fosfato de hierro y US\$16 por tonelada de sulfato de hierro, cada uno de los cuales equivale a US\$0,05 por kilo de sal. La fortificación con hierro adiciona entre 50 y 80 por ciento del costo de la sal y cuesta aproximadamente US\$0,18 a US\$0,20 por persona, por año. La fortificación de la sal con hierro y yodo agrega alrededor del 50 por ciento al precio minorista de la sal. Ni los productores ni los consumidores estarían en condiciones de pagar ese incremento.

LECHE

Chile ha introducido algunos métodos innovadores para fortificar los alimentos con hierro (Walter, 1990) mediante la acidulación de la leche enriquecida con hierro y la adición de hemoglobina bovina a las galletas de trigo.

- **Fortificante:** Sulfato ferroso.
- **Potencia:** No establecida.
- **Dilución:** 15 mg de sulfato ferroso por litro de leche reconstituida de bajo contenido graso.
- **Estabilidad:** No establecida.
- **Resultados de las pruebas de campo:** Significativa pero insuficiente reducción de la anemia (del 27 al 10 por ciento) entre niños de 3 a 15 meses. Se cree que la baja biodisponibilidad del hierro haya limitado la reducción en los niveles de anemia. Sin embargo, cuando se adiciona ácido ascórbico (100 mg por litro) para mejorar la absorción férrica, prácticamente se erradica la anemia en los niños. Las pruebas en un programa de alimentación indicaron también efectos positivos de la leche fortificada con hierro en la reducción de la anemia en niños lactantes.

- **Problemas técnicos y de distribución:** No establecidos.
- **Limitaciones:** Con excepción de los niños de corta edad, los miembros de la familia no consideran apetecible la leche acidulada. Además, dado que el popular programa nacional de complementación alimentaria distribuye leche a las madres cuando asisten para controlar el crecimiento de sus hijos lactantes y para recibir otros servicios de atención primaria de la salud, los encargados de poner en práctica el programa manifestaron preocupación porque el suministro de leche acidulada afectaría adversamente los programas de salud dirigidos a las madres y los lactantes.

El hecho de que sólo algunas plantas contaban con instalaciones para acidular la leche y envasarla en latas se consideró una restricción injusta para aquellos que podían cotizar el suministro de leche al programa nacional de complementación alimentaria.

- **Costos:** El proceso de acidulación y la necesidad en envasar la leche en latas en lugar de hacerlo en bolsas de polietileno aumentó significativamente los costos de la fortificación.

SALSA DE PESCADO

Tailandia ha completado con éxito las pruebas de campo sobre la utilización de la salsa de pescado como vehículo de fortificación con hierro (Garby y Areekul, 1973; Cook y Reusser, 1983; Lynch, 1990). Además de su uso como condimento, la salsa de pescado sustituye a la sal sólida.

- **Fortificante:** EDTA sódico férrico.
- **Potencia:** No establecida.
- **Dilución:** 1 mg de hierro/ml de salsa de pescado. Absorción media, 8 por ciento en las comidas que contienen salsa de pescado. Consumo diario medio de salsa de pescado, entre 10 a 20 ml, lo que puede suministrar 0,8 a 1,2 mg adicionales de absorción de hierro.
- **Estabilidad:** Buena.
- **Resultados de las pruebas de campo:** Mejora significativa en los valores hemocríticos en el 25

a 35 por ciento de los que recibían el complemento.

- **Problemas técnicos y de distribución:** La salsa de pescado no se consume en todo el país, aunque su consumo aumenta progresivamente. La salsa de pescado se produce en cientos de compañías locales, y es distribuida por tiendas locales y vendedores ambulantes.
- **Limitaciones:** Demasiados productores.
- **Costos:** Tailandia concluyó sus pruebas de campo a comienzos de los años 70 cuando la salsa de pescado se vendía en botellas de 750 ml a un costo de US\$0,1 a 0,5 c/u.. Se preveía que la adición de hierro incrementaría el costo del producto entre 10 y 20 por ciento, lo que equivaldría a entre 0,3 y 1,0 por ciento del promedio de ingresos de los agricultores tailandeses.

CURRY EN POLVO

La fortificación del curry en polvo con hierro se inició después que se descubriera que los sudafricanos de origen asiático presentaban anemia por deficiencia férrica, pese a que los sudafricanos negros evidenciaban un superávit de hierro. Las familias pobres de origen asiático utilizan mucho el curry en polvo, pero éste es rara vez utilizado por la población negra (Lamparelli *et al.*, 1987; Ballot *et al.* en Lynch, 1990).

- **Fortificante:** EDTA sódico férrico.
- **Potencia:** 10 mg de EDTA sódico férrico/g de curry masala en polvo. Biodisponibilidad media de hierro: 10 por ciento.
- **Dilución:** 1,4 mg de hierro/g de curry masala en polvo. El consumo medio de curry masala en polvo era de 5,5 g/día, lo que incrementaría la disponibilidad de hierro en 0,8 mg/día.
- **Estabilidad:** No establecida.
- **Resultados de las pruebas de campo:** Luego de dos años, las pruebas de campo revelaron una mejora significativa en el nivel de hierro de las mujeres, registrándose los mayores efectos benéficos entre los individuos más anémicos. No se observó acumulación excesiva de hierro entre

los individuos con niveles normales a comienzos del ensayo.

- **Problemas técnicos y de distribución:** No existe suministro comercial de alimentos con curry masala en polvo.
- **Limitaciones:** El costo y la ausencia de un suministro comercial de alimentos con curry masala en polvo.
- **Costos:** No establecidos.

OTROS ALIMENTOS

En Chile, se han fortificado con éxito las galletas de trigo por adición de hemoglobina bovina (Cook y Reusser, 1983; Walter, 1990). En efecto, las galletas enriquecidas se utilizaron como parte del programa nacional de almuerzo escolar (para niños de seis a 18 años). Cada niño recibió tres galletas de 10 g por día, lo que suministró 5 mg de hierro hemínico y una absorción aproximada de 1 mg diario. Aunque el programa produjo una significativa mejora de los niveles de hemoglobina y de las reservas de hierro, ninguno de los niños era anémico al iniciarse el programa; éste fue posteriormente limitado a una sola provincia. Otras dos limitaciones fueron el costo y los suministros. El Programa tuvo un costo de US\$0,54 por niño por semestre escolar y requirió 16 toneladas de hemoglobina disecada o 125.000 litros de sangre entera por cada mes para mantener el programa.

Actualmente, se está considerando en Indonesia la posibilidad de incorporar hierro y otros micronutrientes a los fideos de harina de trigo. La principal limitación es la falta de experiencia en esta esfera técnica (Karyadi, 1990).

La harina de maíz se puede fortificar fácilmente con hierro sin ningún problema técnico (Cook y Reusser, 1983). La harina seca de maíz molida enriquecida con hierro reducido (88 mg/kg de harina de maíz) mostró estabilidad tras 56 días de almacenamiento acelerado. A la fecha, la harina de maíz no se ha considerado como vehículo alimentario en los países en desarrollo debido a que una cantidad considerable del maíz que se consume se procesa a nivel familiar. Sin embargo, dado el creciente número de inmigrantes urbanos que consumen alimentos procesados, podría ser adecuado

considerar a la harina de maíz como vehículo primario para incorporar el hierro en países donde el maíz es uno de sus productos básicos principales.

FORTIFICACION CON YODO

SAL

Existe una serie de métodos para incorporar yodo a la sal. Entre estos métodos corresponde señalar la mezcla en seco (premezcla de yoduro con un agente antiaglutinante a razón de 1:9; la adición de una premezcla a la sal en polvo a razón de 1:10 mediante goteo (en el caso de cristales de sal); la mezcla por rociamiento (en el caso de polvo de sal gruesa), y la inmersión tras el desecado. El método seleccionado depende de la ubicación y el tipo de la sal. En los casos en que la sal es impura, la humedad es elevada y los materiales de envasado no son resistentes a la humedad, lo mejor es utilizar el método de rociamiento. En la India se ha diseñado un sistema por lotes para pequeños productores que no cuentan con una planta de rociamiento continuo (Venkatesh Mannar, 1987; Venkatesh Mannar, 1988; Dunn y van der Haar, 1990).

- **Fortificante:** Yoduro de potasio, yodato de potasio y yodato de calcio.
- **Potencia y dilución:** El nivel de yodación se fija en cada país y varía de acuerdo con factores tales como el nivel de consumo de sal (habitualmente entre 5 y 10 g por persona por día) y el clima. En Africa, el consumo de sal es con frecuencia relativamente reducido (alrededor de 5 mg por persona, por día) en tanto que las pérdidas de yodo son elevadas; de manera que se ha recomendado la adición de yodo a un nivel de 100 mg de yodato de potasio por kilo de sal; 168,6 mg de yodato de potasio suministran 100 mg de yodo.
- **Estabilidad:** El yoduro de potasio es inestable en la sal impura aunque es menos costoso que otros fortificantes y se le requiere en cantidades menores. El yodato de potasio es más estable, de modo que se necesitan menos agentes estabilizadores y secadores.

- **Resultados de las pruebas de campo:** Significativa reducción del bocio y del cretinismo.
- **Problemas técnicos y de distribución:** El envasado es crítico. La sal yodada almacenada en bolsas de yute pierde el 75 por ciento de su potencia debido a la absorción de humedad y la filtración. La sal enriquecida debe envasarse en bolsas resistentes a la humedad.
- **Limitaciones:** Logística y transporte de la sal yodada a zonas remotas.
- **Costos:** El costo de la fortificación de la sal depende del método que se utilice. Los procesos de inmersión por goteo son menos costosos que el secado por aspersión y que la mezcla en seco del yoduro con la sal debido a los menores costos de capital y de operación. Para un nivel de yodo del orden de los 40 ppm, el costo es de alrededor de US\$12 por tonelada. La pauta general de costo asciende a US\$0,07 por persona por año. El precio al consumidor en el mercado interno es habitualmente de US\$0,25 a US\$1 por kilogramo, aunque el costo de la yodación puede incrementar el precio al por menor en un 2 al 20 por ciento.

OTROS ALIMENTOS

En el Tíbet y en China Occidental se fortifica con yodo el té en bloques. En el Oriente Medio se han realizado ensayos de fortificación de caramelos con yodo. La leche se enriqueció involuntariamente con yodo cuando se utilizó un compuesto yodado para eliminar enfermedades de los cuernos en el ganado (Dunn, comunicación personal). El azúcar aparentemente se ha fortificado exitosamente con yodo en el Sudán. Existe interés en poner en práctica un programa de fortificación, pese al hecho de que no existen datos sobre consumo de azúcar. Aunque el Sudán raciona y controla la distribución de azúcar, ha florecido un enorme mercado negro de este producto, lo que ha llevado a una escasez de azúcar en el Sudán Occidental, donde las afecciones por deficiencia de yodo son endémicas, y el exceso de disponibilidad de azúcar en Karthoum y en las provincias vecinas, en donde la deficiencia de yodo no es un problema.

FORTIFICACION CON UNA PREMEZCLA DE VITAMINAS Y MINERALES

HARINA DE TRIGO

Por definición, la harina de baja tasa de extracción presenta un bajo contenido de micronutrientes debido a que la molienda elimina los nutrientes que están cerca de la superficie del grano de trigo. La molienda también elimina parte de la fibra y de los fitatos que inhiben la absorción de hierro. Por estas razones, la harina de trigo es un vehículo alimentario adecuado para la fortificación (Arroyave, 1992). La fortificación de la harina con niacina, tiamina (B₁), riboflavina (B₂) y hierro se realiza en muchos países desarrollados. Las pruebas con harina de trigo enriquecida con los micronutrientes mencionados en una mezcla múltiple que también contiene vitamina A, piridoxina (B₆), folatos, calcio, magnesio y zinc, han demostrado que se mantienen las propiedades organolépticas del pan (Cort *et al.*, 1976; Rubin *et al.*, 1977).

- **Fortificante:** La premezcla de hierro y multivitaminas contiene palmitato de vitamina A seca tipo 250 desecada por aspersión (22,7 por ciento), tiamina (2,5 por ciento), riboflavina (1,4 por ciento), niacina (17,8 por ciento), piridoxina (1,8 por ciento), folatos (0,3 por ciento), hierro reducido (29,6 por ciento), vitamina E (22,3 por ciento) y almidón (1,7 por ciento). La premezcla de minerales contiene calcio (78,7 por ciento), magnesio (11,6 por ciento), zinc (0,4 por ciento) y almidón (9,3 por ciento).
- **Potencia:** La premezcla de vitaminas y hierro contiene de 51.500 UI de vitamina A/g, 20,45 mg de tiamina/g, 12,7 mg de riboflavina/g, 169 mg de niacina/g, 14,1 mg de piridoxina de base libre/g, 2,1 mg de ácido fólico/g, 282 mg de hierro/g, y 106 UI de vitamina E/g. Las premezclas de minerales contienen 300 mg de calcio/g, 67 mg de magnesio/g y 3 mg de zinc/g.
- **Dilución:** 31 g de premezcla de vitamina y hierro y 660 g de premezcla de minerales por 100/kg de harina suministra, 15.965 UI de vitaminas y 87 mg de hierro por kilo de harina.

- **Estabilidad:** Excelente estabilidad de la vitamina A (100 por ciento), piridoxina (99 por ciento), ácido fólico (96 por ciento), vitamina E (95 por ciento), tiamina (95 por ciento) y riboflavina (98 por ciento) en la premezcla de vitamina y hierro, tras seis meses a temperatura ambiente.

Estabilidad excelente de las vitaminas (todas por encima del 95 por ciento) en la harina fortificada después de seis meses a temperatura ambiente, aún en los casos en que se han incluido minerales. Las propiedades organolépticas de la harina enriquecida eran las mismas que las de la harina común.

El pan fortificado retuvo su actividad de tiamina, riboflavina, piridoxina y niacina. Sin embargo, el pan hecho con harina fortificada, que incluía magnesio y calcio, mostró menor actividad de vitamina A y, en menor medida, una reducción de la actividad del ácido fólico. (Los ensayos de fortificación en Jordania indicaron que la actividad de la vitamina A en la harina de trigo disminuía en forma insignificante durante el almacenaje. La destrucción de la vitamina A era también despreciable (cerca del 2 por ciento) en el horneado del pan árabe. Los ensayos de horneado de pan realizados en la India también arrojaron resultados positivos. La harina se había fortificado con una premezcla que contenía hierro, vitamina B₁, vitamina B₂, y vitamina A (8.000 UI por kilogramo de harina).

- **Resultados de las pruebas de campo:** No se realizaron.
- **Problemas técnicos y de distribución:** Tras una semana de almacenaje, el pan hecho con premezclas de vitaminas, hierro y minerales producía un mal sabor que se atribuía al magnesio. No ocurrió lo mismo con el pan recién horneado. Además, el pan hecho con ambas premezclas era más oscuro, tenía una textura menos rica y requería mayor tiempo de prueba, lo que indicaba nuevos problemas con la utilización del magnesio (y el calcio) en la fortificación.

- **Limitaciones:** No establecidas.
- **Costos:** No establecidos.

HARINA DE MAIZ

La harina de maíz amarilla se puede fortificar con una premezcla de vitamina, hierro y minerales (Cort *et al.*, 1976).

- **Fortificante:** Una premezcla de multivitaminas y hierro que contiene palmitato de vitamina A seco tipo 250 (22,7 por ciento), tiamina (2,5 por ciento), riboflavina (1,4 por ciento), niacina (17,8 por ciento), piridoxina (1,8 por ciento), ácido fólico (0,3 por ciento), hierro reducido (29,6 por ciento), vitamina E (22,3 por ciento) y almidón (1,7 por ciento). La premezcla de minerales contiene calcio (78,7 por ciento), magnesio (11,6 por ciento), zinc (0,4 por ciento) y almidón (9,3 por ciento).
- **Potencia:** La premezcla de vitamina y hierro, 51.500 UI de vitamina A/g, 20,45 mg de tiamina/g, 12,7 mg de riboflavina/g, 169 mg de niacina/g, 14,1 mg de piridoxina de base libre/g, 2,1 mg de ácido fólico/g, 282 mg de hierro/g y 106 UI de vitamina E/g. La premezcla de

minerales, 300 mg de calcio/g, 67 mg de magnesio/g y 3 mg de zinc/g.

- **Dilución:** 31 g de premezcla de vitamina y hierro y 660 g de premezcla de minerales por 100 kg de harina suministran 15.965 UI de vitamina y 87 mg de hierro por kg de harina.
- **Estabilidad:** Buena estabilidad de la tiamina (100 por ciento), piridoxina (100 por ciento), vitamina E (100 por ciento), ácido fólico (97 por ciento) y vitamina A (90 por ciento) tras seis meses a temperatura ambiente. Luego de 12 semanas a 45°C (equivalente a dos años y medio a temperatura ambiente) la potencia de la vitamina A se redujo al 67 por ciento, en tanto que la piridoxina, el ácido fólico y la vitamina E retuvieron más del 95 por ciento de su potencia.
- **Resultados de las pruebas de campo:** No se realizaron.
- **Problemas técnicos y de distribución:** No establecidos.
- **Limitaciones:** No establecidas.
- **Costos:** No establecidos.

IV. GARANTIA Y CONTROL DE CALIDAD

La garantía y el control de la calidad asegura que el alimento elaborado es sano, no está adulterado, ha sido rotulado debidamente y satisface todas las normas de las compañías y de las autoridades locales y nacionales. Un sistema de control de calidad efectivo debe incluir los siguientes elementos:

- ensayo de todos los ingredientes contra normas de referencia; por ejemplo, inspección y control de los ingredientes.
- definición de los criterios de calidad y de los riesgos químicos, microbiológicos y físicos; por ejemplo, el control de la manufactura. Establecer y supervisar puntos de control crítico en la elaboración de los alimentos fortificados y documentar todo intento de alterar el proceso de manufactura.
- establecimiento de un debido control de la distribución para asegurar que los alimentos fortificados no sean adulterados y estén debidamente rotulados y envasados para reducir al mínimo la pérdida de micronutrientes.

La puesta en práctica de programas de garantía de calidad comprende ocho etapas (Wilson, 1988):

- decisión sobre las especificaciones del fortificante y el vehículo alimentario en cuanto a tamaño de las partículas, color, potencia y rangos aceptables de fortificante, así como de los objetivos en cuanto a niveles de fortificación del sustrato alimentario.
- realización periódica de análisis de sanidad de los alimentos fortificados para detectar contaminantes químicos, microbiológicos y físicos.
- imposición de controles de calidad de los fortificantes, el vehículo alimentario y los alimentos fortificados para asegurar el cumplimiento de todas las especificaciones. Las actividades de control de calidad incluyen el muestreo y prueba

aleatoria de los fortificantes, el vehículo alimentario y los alimentos fortificados para determinar su potencia, volumen de las partículas, color, integridad del envasado, peso neto, posible adulteración y condiciones de almacenaje, incluidos la temperatura, luz, humedad y oxígeno.

- definir y regular los puntos de control críticos que pueden afectar adversamente a los alimentos fortificados (por ejemplo, control de calidad del ambiente físico), mediante el control del producto para detectar daños en el acarreo y transporte, procesamiento industrial, almacenamiento (lo que requerirá un control de inventario), venta al menudeo (lo que requerirá una rotación del inventario), y el consumidor (lo que requerirá un muestreo periódico para verificar la potencia).
- implantar un sistema y una estrategia de devolución para que, en caso de tener que retirar un producto, el fabricante pueda localizar e identificar dicho producto (y sus ingredientes) por un código.
- sistema de auditorías periódicas para asegurar que los fabricantes cumplen con las etapas antedichas y los alimentos fortificados siguen cumpliendo las especificaciones de manufactura a medida que progresan en la cadena de comercialización.
- permitir que el fabricante responda a reclamaciones de los consumidores y clientes y corrija toda deficiencia sanitaria o regulatoria que se detecte como resultado de las reclamaciones.
- documentar todos los aspectos del sistema de garantía de calidad y poner la documentación a disposición de los responsables de los alimentos fortificados.

Teóricamente, todos los fabricantes de alimentos tienen en vigencia un sistema de garantía de

calidad. La fortificación exige modificar este proceso que, con la posible excepción de los análisis de micronutrientes, no debiera significar un costo o una perturbación importante en los procedimientos vigentes. Las evaluaciones de vitamina A en general requieren cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), procedimiento complicado y costoso. Los análisis del hierro son relativamente simples puesto que este mineral es altamente reactivo. La dificultad que plantea el análisis del hierro no es tanto calcular la cantidad de hierro en el alimento fortificado sino determinar qué cantidad del hierro está biodisponible, especialmente si los alimentos se han contaminado con hierro no fortificante. El costo de un laboratorio para análisis de sal yodada se calcula entre US\$2.000 y US\$3.000 (Bailey, 1992). Sin embargo, se pueden desarrollar técnicas de campo sencillas. Por ejemplo, para el programa de fortificación del azúcar en Guatemala, el INCAP desarrolló una prueba rápida, semicuantitativa y colorimétrica para determinar el contenido de vitamina A en el azúcar fortificado (Arroyave *et al.*, 1979). También existen pruebas de campo para analizar el hierro. Asimismo, es posible determinar el contenido de yodo en la sal directamente en el campo mediante pruebas sencillas con almidón y yodo que cuestan solamente US\$2 el "kit" (Bailey, 1992).

El desarrollo, perfeccionamiento y puesta en práctica de un buen sistema de control de calidad es fundamental para la instrumentación de un

programa de fortificación efectivo, práctico y económico. Esto no solo permitirá garantizar que los sustratos alimentarios estén debidamente fortificados sino que los mismos llegan a los consumidores con los niveles de potencia y calidad exigidos. A menos que los dirigentes de las compañías manufactureras y de los organismos gubernamentales que participan en el control de los alimentos se empeñen en aplicar garantías de calidad, difícilmente se alcanzarán los objetivos de la fortificación de alimentos. En efecto, una evaluación realizada recientemente en Guatemala en el marco del programa de fortificación del azúcar permitió establecer que, si bien el control de calidad de la premezcla era adecuado, el control de calidad para determinar la eficacia del proceso de fortificación no lo era. Sólo se analizaba una muestra de azúcar cada 6.000 bolsas (de 100 libras cada una) de azúcar para determinar el contenido vitamínico. Más del 90 por ciento de las muestras contenían vitamina A, pero solo el 30 por ciento estaba fortificada con la cantidad reglamentaria debido a que no se había podido lograr la debida homogeneización de la premezcla de vitamina A (McKigney *et al.*, 1992). La falta de un sistema de control de calidad efectivo para regularizar la producción de azúcar fortificada hizo que a los cuatro años de reiniciado el programa se siguiera fortificando el producto por debajo de las normas establecidas.

V. SUPERVISION Y EVALUACION

La meta de la fortificación de alimentos es **incrementar la ingesta de micronutrientes, mejorando con ello la situación nutricional** de la población y previniendo daños funcionales irreversibles. El propósito de la evaluación es supervisar los progresos alcanzados por el programa para asegurar que se han cumplido los objetivos fijados. El progreso en la consecución de los objetivos no puede medirse a menos que los objetivos del programa se hayan fijado con claridad y se hayan definido y puesto a disposición de los interesados los datos básicos necesarios bioquímicos, clínicos y dietéticos. El IVACG (1988) ha sugerido que la meta de la fortificación de la fortificación de alimentos con vitamina A debería ser reducir:

- la proporción de la población con **ingestas** por debajo del nivel crítico (por ejemplo, la mitad del nivel inocuo de la ingesta diaria recomendada) a menos del 10 por ciento;
- la incidencia de **niveles de retinol en suero** por debajo de 20 µg/100 ml y por debajo de 10 µg/100 ml a menos del 15 por ciento y del 5 por ciento, respectivamente, y
- la incidencia de **signos clínicos visibles** de modo que las manchas de Bitot con xerosis conjuntival no exceda el 2 por ciento, la xerosis y ulceración de la córnea y la keratomalacia sean inferiores al 0,01 por ciento y las cicatrices corneales, menos del 0,1 por ciento.

INACG (1977) sugiere que las metas de la intervención podrían expresarse como proporción de la población con concentraciones de hemoglobina por debajo de cierto nivel o como una distribución aceptable de la frecuencia de la concentración de hemoglobina dentro de los grupos fisiológicos. Cada país debe fijar sus propios mínimos estándares debido a que no todas las anemias son resultantes de insuficiencia férrica. Por ejemplo, la deficiencias de ácido fólico y de

vitamina B₁₂, los helmintos y parásitos también provocan anemia.

ICCIDD (Pandav *et al.*, 1987) establece que la meta de fortificación con yodo debe ser reducir:

- la incidencia del **bocio** a menos del 10 por ciento; y
- la incidencia del **hipotiroidismo neonatal** a menos del 0,05 por ciento durante un período de tiempo definido, introduciendo programas que garanticen la disponibilidad de un mínimo de 150 µg de yodo por persona por día.

La supervisión y evaluación permiten determinar en qué medida se están cumpliendo los objetivos; es necesario, pues, realizar análisis bioquímicos, clínicos y dietéticos periódicos y compararlos con los objetivos específicos intermedios fijados por los diseñadores del programa. No obstante, pueden existir otros factores externos que influyan en la situación de micronutrientes, por ejemplo, una mejora global en las condiciones sociales y económicas que podrían resultar en una mejora general en la ingesta dietética. Es importante que se incluyan los factores externos en la supervisión y evaluación debido a que pueden confundir la interpretación de las relaciones de causa y efecto entre la reducción de las deficiencias de micronutrientes y la fortificación de alimentos. Como parte del proceso de supervisión y evaluación, es necesario revisar los puntos de control críticos en el proceso de fortificación para asegurar, entre otras cosas que, los alimentos fortificados contienen micronutrientes suficientes para incrementar los niveles de la ingesta y mejorar la situación biológica; constituyen un medio efectivo para incrementar la ingesta; se canalizan efectivamente por los conductos adecuados de comercialización y distribución; y benefician a aquellos que más los necesitan. Es necesario identificar y corregir todo componente defectuoso o que no funcione.

Pocos programas de fortificación aplicados hasta la fecha han sido objeto de una supervisión y evaluación extensiva. Entre las excepciones cabe mencionar el programa de fortificación del azúcar en Guatemala (Arroyave *et al.*, 1979; McKigney *et al.*, 1992), el programa de glutamato monosódico en Filipinas (Popkin *et al.*, 1980) y los programas de hierro en Kenya, México e Indonesia (Levin, 1986). Venkatesh Mannar (1988) señala que la mayor parte de los programas para enfrentar la deficiencias de yodo presentan graves defectos en lo que se refiere a la evaluación de sus progresos y resultados. Las principales dificultades incluyen una mala definición de los métodos de control y vigilancia de la deficiencias de yodo, un muestreo defectuoso en los estudios de incidencia, la no especificación de la frecuencia de evaluaciones repetidas, distintos sistemas de clasificación del bocio, recursos humanos

insuficientes, así como falta de adiestramiento y de recursos humanos y recursos financieros insuficientes para las actividades de control y evaluación. Además, muchos de los programas carecen de las instalaciones de laboratorio y del financiamiento necesarios para verificar los niveles de yodo en la sal y evaluar sus efectos en el estado sanitario de la población. Carencias similares pueden sin duda observarse en otros programas de fortificación.

En resumen, parecería que la falta de supervisión y evaluación de las intervenciones en materia de micronutrientes puede constituir una razón importante por la que, tanto los gobiernos donantes como los gobiernos de los países en desarrollo, son tan reacios en respaldar la fortificación de alimentos. En otras palabras, no existen pruebas suficientes para convencerlos de la viabilidad de la fortificación de los alimentos con micronutrientes.

VI. ASPECTOS ECONOMICOS Y DE SUSTENTABILIDAD

ASPECTOS ECONOMICOS

Los efectos económicos de toda intervención se pueden evaluar realizando análisis de la eficacia en función del costo y de los beneficios en función del costo.⁵

COSTOS

Los costos incurridos en la fortificación de alimentos incluyen los fortificantes, el transporte de los mismos, el equipo (alimentadores, aspersores, secadores), el mantenimiento del equipo, la mano de obra productiva, la garantía de calidad, incluidas las pruebas; todo envasado especial del producto fortificado, supervisión y evaluación, y las medidas coercitivas y la legislación. Dado que el costo está constituido únicamente por el costo adicional de fortificar el vehículo alimentario, el valor de éste no se incluye. En general, los costos operativos y de control son pequeños en comparación con los costos recurrentes de los micronutrientes (Arroyave *et al.*, 1979; Crowley, 1990). El costo de un programa de fortificación puede presentarse como costo total por año o como costo por kilogramo de alimento fortificado por año. Se deben tener en cuenta los gastos recurrentes y la amortización de la inversión.

Entre los micronutrientes, la vitamina A es especialmente costosa. El palmitato de vitamina A líquido (1.000.000 de UI de vitamina A/g) y el palmitato de vitamina A seco (510.000 UI de vitamina A/g) cuestan actualmente US\$46 y US\$47 por kilogramo, respectivamente (Gmunder, comunicación personal). La utilización de una ingesta diaria de 850 µg de vitamina A por persona equivale a US\$41.000 por millón de personas. En el

programa de fortificación con vitamina A de Guatemala, el palmitato de retinol significó el 89 por ciento del costo total (Arroyave *et al.*, 1979). En Sri Lanka, Crowley *et al.*, (1989) estimaron que la vitamina A solamente significaría el 85 por ciento del costo de la harina de trigo enriquecida. Aun que el costo de la vitamina A, en comparación con el costo de otros nutrientes, y con otros componentes del programa, puede considerarse elevado, el costo global de la fortificación con vitamina A puede ser relativamente poco costoso, especialmente si se lo compara con los costos de la deficiencia de vitamina A y el costo de otro tipo de intervenciones.

El costo de los fortificantes de hierro varía según la fuente de hierro, el porcentaje de hierro en el fortificante, su biodisponibilidad y su funcionalidad (color y estabilidad). (Véase el Cuadro 6). Utilizando una ingesta diaria de 12 mg por persona, el costo oscila entre US\$50,00 y US\$460,00 por millón de personas. En la India la fortificación de la sal con hierro incrementó aproximadamente el 20 por ciento el costo de la sal, en tanto que en Guatemala la fortificación del azúcar con hierro incrementó solamente del 1 al 2 por ciento el costo del azúcar (Grupo de Trabajo sobre la fortificación de la sal con hierro, Cook y Reusser en Levin, 1986). Más recientemente se observó en la XII Reunión de INACG (1990) que el costo de los fortificantes de hierro es importante y crece rápidamente. Sin embargo, no se presentó información sobre la proporción del costo de los fortificantes de hierro en el costo global del programa de fortificación.

El yoduro de potasio y el yodato de potasio utilizados en la fortificación con yodo cuestan

5 Los costos se refieren a todos los recursos necesarios para hacer llegar los micronutrientes a la población objeto del programa. La efectividad en función del costo se refiere a la eficiencia del sistema de entrega para eliminar las deficiencias en los sectores que la padecen y/o paliar toda consecuencia adversa (mayor morbilidad, ceguera, elevada ausencia en el trabajo, baja productividad de los trabajadores, etc.) relacionadas con la deficiencia a lo largo de un período dado. El análisis de los beneficios en función del costo es un método para determinar si la intervención es factible y si es la mejor alternativa habida cuenta de los recursos disponibles (Levin *et al.*, 1991).

US\$30,00 el kilogramo (Dunn and van der Haar, 1990; Lund, 1991). Al nivel de fortificación recomendado (150 por ciento g de yodo) los ingredientes en bruto cuestan un total de US\$8,00 por millón de personas. Para suministrar de 15 a 40 ppm de yodo, el costo adicional (a precios de 1988) es de US\$0,75 a US\$2,00 por tonelada de sal. El costo promedio de la yodación de una tonelada de sal es de US\$7,50 (varía entre US\$3,95 y US\$12,50); con envase US\$11,50 (entre US\$7,95 y US\$16,50). Esto equivale a US\$0,004 a US\$0,016 por kilo o US\$0,02 a US\$0,06 por persona por año, lo que representa entre el 2 y el 20 por ciento del precio de la sal al por menor.

EFICACIA EN FUNCION DEL COSTO

La eficacia en función del costo se puede medir en términos del sistema de entrega o de la efectividad biológica (Arroyave, *et al.* 1979; IVACG, 1984; Levin *et al.*, 1991). La **eficacia del sistema de entrega o distribución en función del costo** incluye:

- (1) el costo por persona por año; y
- (2) el costo por unidad de nutriente utilizado

La eficacia biológica en función del costo incluye:

- (3) el costo por beneficiario por año en los casos en que la protección se define como la reducción en la proporción de la población beneficiaria que está por debajo del nivel crítico, ya se mida por la ingesta, los niveles en suero, o los signos clínicos de deficiencia;
- (4) el año de vida sana obtenido;
- (5) el costo por vida salvada; y
- (6) el costo por unidad de productividad económica obtenido.

Levin *et al.*, (1991) indican que es necesario realizar ajustes para corregir fallas en (1) y (2). Ello se debe a que no todos los participantes son grupos a riesgo de deficiencia; por lo tanto, el costo por persona a riesgo es mayor que el costo por beneficiario. Por ejemplo, si sólo un tercio de la población está a riesgo de deficiencia de micronutrientes, el costo correspondiente a cada persona a riesgo es tres veces el costo por persona. Levin *et al.*, también señalan que si las fallas son numerosas, orientar al programa a los grupos de

riesgo no necesariamente será eficaz, puesto que los costos de las actividades necesarias para reorientar el programa pueden ser elevados.

A efectos de la cuantificación de (4), (5) y (6), debe contarse con las tasas de incidencia de las deficiencias y con la distribución de la población por edades; la información demográfica de las poblaciones económicamente activas, el exceso de mortalidad debido a deficiencia de micronutrientes, la incapacidad provocada por deficiencia de micronutrientes (ceguera parcial o total, anemia, cretinismo, bocio), la cobertura y eficacia del programa; la tasa de descuento, la expectativa de vida, y el costo per cápita. Es necesario conocer la tasa salarial anual para calcular (6). Los gastos en la recolección de esta información y otras exigencias en un medio con recursos escasos para realizar este tipo de análisis hace que en muchos países en desarrollo la determinación de la eficacia en función del costo no sea practicable. Aunque en general no se prevé como un problema, la adopción por parte del consumidor puede constituir una dificultad y debe tomarse en consideración al determinar la efectividad de un programa. Levin *et al.*, (1991) señalan que cuando un producto está disponible en el mercado tanto en su forma fortificada como su forma natural, la adopción por parte del consumidor puede constituir un problema. En el Ecuador, por ejemplo, fue necesario implantar una campaña de mercadeo social para fomentar la utilización de la sal yodada debido a la disponibilidad de sal común no fortificada en el medio local. Además, las pérdidas en el almacenamiento o debidas a problemas ambientales afecta adversamente la potencia de los alimentos fortificados y con ello la eficacia del programa de fortificación.

En el Cuadro 7 se muestran los cálculos realizados por Levin *et al.*, sobre el rendimiento de la fortificación con hierro, yodo y vitamina A en comparación con los complementos alimentarios. En ese Cuadro se indica que en todos los casos la fortificación es eficaz en función del costo.

ANALISIS DE LOS BENEFICIOS EN FUNCION DEL COSTO

El análisis de costo-beneficio se orienta a examinar los costos y beneficios privados y sociales del programa. Los costos privados son fundamentalmente el incremento (si existe) en el precio del alimento fortificado. Los costos sociales incluyen todo aumento en el precio del alimento resultante de

la aplicación del programa, así como sus costos de operación y mantenimiento. Evidentemente, también es necesario tener en cuenta las economías de escala frente a los costos de equipo, el plazo de la tasa de retorno, las variaciones en la cotización de las divisas (lo que determina el costo de los fortificantes), las variaciones en el precio del vehículo alimentario y la inflación.

El beneficio privado de la fortificación de alimentos derivado del ingreso adicional obtenido a lo largo del período vital como resultado de la eliminación total de la(s) deficiencias, lo cual, a su vez, reduce el riesgo individual de mortalidad, la morbilidad, la baja productividad, las fallas en progreso educativo, las alteraciones reproductivas y el retardo del crecimiento físico. Los beneficios sociales está constituidos por el ahorro en salud pública, la reducción del ausentismo, la mayor productividad del trabajador, la mayor recaudación de tributos por un mayor ingreso a lo largo de la vida de la persona, un mejor desempeño escolar y una reducción en los gastos de servicios especiales para los incapacitados (Popkin *et al.*, 1980; Levin *et al.*, 1991).

Debido a la falta de información en los países en desarrollo es especialmente difícil cuantificar los beneficios de la fortificación de alimentos. Sin embargo, Levin (1986) ha demostrado que los beneficios de la fortificación con hierro, inclusive en un marco de condiciones poco beneficiosas (variación de hemoglobina en un 5 por ciento y una elasticidad de producción laboral igual a 1), varió de 5 veces el costo en Indonesia a 30 y 49 veces el costo en Kenya y México, respectivamente. Popkin *et al.* (1980) observaron que los beneficios de la

fortificación con vitamina A en las Filipinas superan de 6 a 21 veces el costo. Tilden y Gross (1988), sin embargo, sugieren que a lo largo de un período de fortificación de 20 años la fortificación alimentaria puede resultar la intervención menos eficaz en función del costo (es decir, la más costosa) para corregir la deficiencia de vitamina A, en tanto que la modificación de la dieta puede ser el método más eficaz en función del costo (es decir el menos costoso), y la complementación se encontraría entre ambos extremos. Una razón importante para la utilización de estos cálculos con prudencia son las diferencias vinculadas a las condiciones específicas de los países.

No obstante, es una verdad universal que el incremento de la ingesta de micronutrientes nutre los tejidos y reduce el riesgo de afecciones específicas o daños causados por deficiencia de micronutrientes. Además, la fortificación es, a mediano plazo, tanto o más eficaz que otras intervenciones. También mejora la salud general de los individuos aunque es difícil aislar los efectos benéficos de un programa en particular sobre la salud debido a la complejidad de las causas de mala salud en los países en desarrollo.

SUSTENTABILIDAD

El costo de un programa de fortificación alimentaria puede ser solventado por el gobierno o trasladado al consumidor incrementando el precio del alimento fortificado. No obstante, es importante saber qué posibilidades existen de que el consumidor responda a un aumento de precio. La elasticidad de precios del vehículo alimentario --es decir, el porcentaje de aumento o disminución en el

CUADRO 6
COSTO DE LAS FUENTES DE HIERRO UTILIZADAS EN LA FORTIFICACIÓN

	Fe %	Costo 1990 \$/kg	Costo \$/kg Fe	Disponibilidad	Color	Estabilidad
Hierro reducido por hidrogenación	98	1,94	2,00	Aceptable-	Negro	Buena
Hierro electrolítico	98	4,71	4,8	Aceptable+	Negro	Buena
Sulfato ferroso	32	2,35	7,3	Buena	Pardo	Aceptable
Ortofosfato férrico	28	2,73	9,8	Pobre	Blanco	Excelente
Fumarato ferroso	33	2,94	8,9	Buena	Rojo	Aceptable?
EDTA de hierro	13	2,4	18,5	Excelente	Blancotiza	Buena?

Fuente: INACG (1990).

consumo por cada punto porcentual de aumento en el precio del vehículo alimentario—y las elasticidades cruzadas de los alimentos intercambiables—es decir, el incremento o disminución porcentual en el consumo de un alimento cuando el precio de un alimento intercambiable aumenta—son elementos importantes para comprender la conducta del consumidor.

Invariablemente, los grupos económicos más vulnerables a las deficiencias en micronutrientes son aquellos que están en peores condiciones para enfrentar aumentos de precio en los alimentos. De modo que es necesario considerar la mejor manera de distribuir la fortificación de los alimentos. Orientar el alimento fortificado a los grupos con mayor deficiencia nutricional, distribuyendo el costo en toda la sociedad no sólo parecería ser "socialmente aceptable", sino también más factible que incrementar los precios de los alimentos fortificados o instituir una fortificación no dirigida a un grupo concreto. Esto se ha considerado en Indonesia en el caso del glutamato monosódico (Muhilal *et al.*, 1988a; 1988b). Crowley (1990) sugirió que una opción para Sri Lanka era fortificar solamente la harina de trigo distribuida en las plantaciones de té donde las deficiencias nutricionales eran más comunes que en otras partes. El costo estimado de US\$61.200 por año equivalía a menos del 8 por ciento del programa generalizado de fortificación.

A efectos de mantener bajos los costos, mejorar la distribución a sectores específicos y la viabilidad de los programas de fortificación, es preciso prestar mayor atención a la fortificación de alimentos que selectivamente llegan a los grupos de bajos ingresos o de alto riesgo. Esto incluye la distribución de alimentos mediante expendios donde se racione el producto, programas de trabajo y programas de alimentación en las escuelas y clínicas materno-infantiles. En Guatemala, por ejemplo, el INCAP ha creado una galleta enriquecida para distribuir a los niños en las escuelas. Las galletas se producen en unas 100 panaderías en todo el país utilizando harina suministrado por el Programa Mundial de Alimentos (PMA) y azúcar adquirida por la comunidad. En conjunto, las galletas y una bebida suministran 330 Kcal y 11 g de proteína, así como una significativa proporción de la ingesta diaria de micronutrientes por día a lo largo de los 180 días escolares del año.

Un aspecto importante de la fortificación de alimentos se refiere al origen del vehículo alimentario, en particular si proviene de programas de

ayuda alimentaria. Muchos de los productos básicos suministrados por la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos al amparo del Título II de la Ley 480 están fortificados con tiamina, riboflavina, niacina, hierro, vitaminas C y A a un nivel de 2.000 UI por 100 g. Sin embargo, no todos los donantes suministran alimentos fortificados, aunque dichos alimentos deban ser fortificados en su propio país (como fue demostrado por los alimentos de donación que llegaron al Sudán en los años de 1986 a 1990). Los donantes deben asegurarse de que la ayuda alimentaria que prestan, que puede estar integrada por alimentos fortificados con micronutrientes, se enriquezca antes de ser embarcada a los países en desarrollo.

Quizás el factor más importante que determina las sustentabilidades de una intervención con alimento fortificado son las divisas. Si los gobiernos perciben que existe una alternativa diferente de la fortificación alimentaria que no implique la utilización de divisas, se verán más inclinados en demostrar interés por aquella alternativa. Tal es el caso de los suplementos, que en general no se compran. Muchos países dependen actualmente de la UNICEF para obtener cápsulas de vitamina A de dosis altas para niños y suplementos de hierro para las mujeres. La decisión de utilizar suplementos se toma conjuntamente entre la Oficina de la UNICEF y el Ministerio de Salud del país huésped. Las cápsulas de vitamina A (200.000 UI de vitamina A), por ejemplo, se adquieren comercialmente de compañías farmacéuticas de Europa Occidental a un costo de US\$0,02 cada una (más un 10 a 15 por ciento de transporte marítimo) y están financiadas por el presupuesto de la UNICEF de cada país. Un argumento esgrimido con frecuencia para utilizar los suplementos de vitamina A de alta dosificación es que son de bajo costo. Sin embargo, frecuentemente se supone que el sistema de salud no incurre en ningún gasto adicional por el suministro de cápsulas de vitamina A puesto que ésta no difiere de ningún otro producto farmacéutico y de esta manera los costos son absorbidos por los programas vigentes. Esta hipótesis es cuestionable habida cuenta de los costos de adiestrar al personal de salud en relación con la deficiencia de vitamina A, establecer y supervisar los programas de prevención y los programas terapéuticos, y supervisar el almacenamiento de las cápsulas, especialmente donde no existen instalaciones adecuadas para ello. En efecto, Keusch y Scrimshaw (1986) afirman que

el programa de distribución de dosis altas de vitamina A puede costar entre US\$1,64 y US\$2,20 por individuo. Dichos programas suponen también que el sistema de salud funciona con eficiencia y brinda la misma cobertura que la fortificación de alimentos.

West y Sommer (1987) calculan que la distribución universal de cápsulas de vitamina A tiene que llegar por los menos al 65 por ciento de la población para que tenga un efecto favorable en los niños pre-escolares con deficiencias de la vitamina. Hasta la fecha las pruebas sugieren que, con pocas excepciones, este objetivo no se ha alcanzado (Cohen, 1987; Muhilal, 1988a; West y Sommer 1987). Gillespie *et al.* (1991) también observan que los suplementos de hierro no han alcanzado una gran cobertura ni han tenido un efecto importante que haya permitido reducir los niveles de anemia por deficiencia de hierro. El énfasis que actualmente se pone en la utilización de productos farmacéuticos puede actuar como desincentivo para los gobiernos en la búsqueda de un método de prevención masiva de la deficiencia de micronutrientes. También supone que los niños menores de cinco años y las mujeres son los únicos grupos a riesgo de deficiencia vitamínica y anemia, lo cual no es necesariamente cierto.

Para aliviar la demanda de divisas, los gobiernos deben considerar la producción local o regional de fortificantes. En particular, las industrias química, alimentaria y farmacéutica deberían abordar la producción de fortificantes como actividades secundarias de otras industrias o utilizando sub-productos, así como investigar las forma de determinar o crear una demanda de fortificantes. También es preciso explorar las distintas maneras de subsidiar la fortificación de alimentos. Bailey (1992) plantea dudas en cuanto a que los subsidios permanentes a los programas de yoduración de la sal sean eficaces, aunque reconoce que puede ser preciso contar con una ayuda temporal, en especial para los importadores de sal yodada que enfrentan un incremento de precios del 10 por ciento o más. Eventualmente, el costo podría recuperarse mediante incrementos de precios. Sin embargo, por el momento, el apoyo temporal podría provenir de instituciones donantes como el Banco Mundial. El mismo argumento podría esgrimirse para la importación de fortificantes.

En los países donde los alimentos se fortifican localmente por una serie de compañías, quizás sea necesario proporcionar incentivos tributarios en las primeras etapas del programa para cubrir los costos adicionales de la fortificación. En última instancia,

**CUADRO 7
RENDIMIENTO DE LAS INVERSIONES EN NUTRICION**

	Costo/Vida Salvada (US\$)	Valor actualizado (US\$) de la productividad año de obtenida con el program (US\$)	Costo por avida sana obtenido (US\$)
HIERRO			
Suplemento para embarazadas	800	24,7	12,8
Fortificación	2000	84,1	4,4
YODO			
Suplemento únicamente para mujeres fecundas	1250	13,8	18,9
Suplemento para menores de 60 años	4650	6,0	37,0
Fortificación	1000	28	7,5
VITAMINA A			
Suplemento únicamente para menores de 5 años	50	146,0	1,4
Fortificación	154	47,5	4,2

Fuente: Levin *et. al.*, (1991).

el consumidor tendrá que pagar, pero los esquemas de pago pueden tener distintas formas. Por ejemplo, se podría reducir la cantidad de alimento fortificado por envase, pero manteniendo el precio (como se consideró en Filipinas para el glutamato monosódico), o los administradores del programa podrían definir los alimentos fortificados e incrementar el precio del vehículo alimentario independientemente de que sea fortificado o no, manteniendo con ello la paridad de precios (como se estudió en Indonesia para el glutamato monosódico). En realidad, los costos de producción

que conlleva la fortificación de alimentos producen sólo un pequeño aumento en el precio del alimento fortificado. En realidad, los aumentos de precio son insignificantes comparados con la inflación.

Los gobiernos con frecuencia se inquietan ante la posibilidad de fortificar un solo alimento importado pues ello puede crear una dependencia del producto y de los micronutrientes. Si bien puede justificarse esta preocupación, la misma subraya la importancia de considerar la fortificación de diversos productos.

VII. ASPECTOS POLITICOS Y JURIDICOS

Si no media una decidida presión, los gobiernos difícilmente adoptan programas de fortificación de alimentos. En general, no se tiene conciencia de sus repercusiones en el desarrollo ni existe la voluntad política para iniciar un empeño en favor de la fortificación de alimentos. En efecto, pueden existir conceptos erróneos en el sentido de que no se cuenta con la tecnología necesaria para ello o que ésta es muy compleja o costosa. Además, a menudo los gobiernos señalan la necesidad de legislar para garantizar el acatamiento de las normas pertinentes y de despertar la inquietud social de la industria de los alimentos. Quizá ninguno de estos argumentos sea válido. El hecho de que en los países desarrollados se fortifique un gran número de alimentos y se hayan fortificado por largos períodos es testimonio de que existe una tecnología bien desarrollada. Son relativamente pequeñas las modificaciones que pueden requerirse para fortificar alimentos en los países en desarrollo. La tecnología necesaria para este proceso no es compleja puesto que en esencia se requieren únicamente dispositivos de medición, alimentadores y mezcladores para adicionar el fortificante en el curso del procesamiento. Por ejemplo, los dosificadores para cereales se calcula cuesten entre US\$1.500 y US\$5.000 por planta (Mora, 1992).

En general se supone que el acatamiento de las normas de fortificación de alimentos sólo se producirá si los gobiernos aprueban una legislación al efecto. La reglamentación o legislación, sin embargo, no fue suficiente para garantizar la fortificación del azúcar con vitamina A en Panamá ni el arroz con vitamina B y hierro en las Filipinas. En efecto, parecería que si los encargados de formular la política estuvieran debidamente informados, la fortificación de alimentos podría implantarse sin legislación. No obstante, cierta forma de reglamentación puede cumplir una función importante. Es necesario establecer un control para asegurarse de que el alimento importado no fortificado (por ejemplo, la sal no yodada) no se introduce ilegalmente y desplaza al alimento for-

tificado. Bailey (1992) sugiere que es preferible establecer una reglamentación que no exija aprobación parlamentaria ni la firma del jefe de estado. La reglamentación debe basarse en una legislación existente como la de salud pública o la que rige la distribución de alimentos y medicamentos, que no existen en muchos países y por cierto no existe en el contexto Africano. Algunos países han aplicado otras estrategias. Por ejemplo, el Ministerio de Comercio de Rwanda instruyó al Banco de Rwanda para que suministrase divisas únicamente para la compra de sal que satisface las especificaciones pertinentes.

La legislación que impone la fortificación de alimentos da resultado únicamente en los países donde existe un sistema jurídico formal, multas y procedimientos para castigar a los infractores. En otras palabras, la legislación debe estar respaldada por una unidad de inspección con el debido respaldo, incluida la posibilidad de sancionar a los infractores. La unidad de inspección tiene que contar con procedimientos claramente definidos para el muestreo de los alimentos fortificados, así como con normas claramente establecidas y métodos analíticos semicuantitativos rápidos para analizar el contenido de micronutrientes de los alimentos fortificados. La ubicación de la unidad de inspección dependerá del país; por ejemplo, en Marruecos, la inspección funciona en el marco del grupo de prevención de fraudes del departamento de Agricultura; en Guatemala, actúa en el marco del Ministerio de Salud. Otros países pueden utilizar dependencias del Ministerio de Comercio o del Ministerio de Industria. Evidentemente, cuando los alimentos fortificados son importados, el grupo de control de importaciones y exportaciones debe participar en la fijación de las normas para la importación de alimentos fortificados.

Quizás ocurra que la ética de la industria de los alimentos sea más importante que la legislación para motivar la fortificación de alimentos. Para implantar un programa de fortificación, el sector alimentario debe estar motivado para acatar las normas y, en

caso contrario, será necesario aplicar multas. En los países donde la adulteración de los alimentos es un hecho común y los consumidores aceptan esto como una norma, quizás sea difícil aplicar una reglamentación. Sin embargo, las asociaciones de consumidores, con el mandato de asegurar que la población reciba un alimento de buena calidad, puede desempeñar un papel importante para garantizar que el sector alimentario cumple con legislación en la materia. La razón de ello es que la industria alimentaria, al igual que cualquier otro sector industrial, responde a factores que afectan su participación en el mercado. Entre los factores más notorios está el prestigio empresarial, el cual está determinado por la publicidad y las relaciones públicas. En muchos países en desarrollo, las asociaciones de consumidores no tienen fuerza o

simplemente no existen; el resultado es que existe poca voluntad de parte de la población para hacer cumplir las normas vigentes. Incluso en casos en que sí existen asociaciones de consumidores, será necesario informarlas de la importancia de la fortificación de los alimentos y obtener así su apoyo decidido, tanto para informar a los consumidores acerca de la importancia de los alimentos fortificados, como para incidir en el gobierno y en el sector de los alimentos en favor de la fortificación de alimentos. De todas maneras, a menos que exista voluntad política para prevenir y controlar la deficiencia de micronutrientes mediante la fortificación de alimentos, debatir la importancia de la legislación frente a la ética del sector industrial de los alimentos es un ejercicio académico.

VIII. ORIENTACIONES FUTURAS

Varios de los documentos consultados para preparar este informe señalan el hecho de que la deficiencia de micronutrientes no se concibe como un problema importante de salud por parte de muchos dirigentes de la salud (sin duda debido a que la deficiencia de micronutrientes no se acompaña de una clara incapacidad evidente hasta que no alcanza una etapa avanzada). El desafío, por lo tanto, es conseguir un compromiso al más alto nivel por parte de los donantes, los gobiernos nacionales y el sector industrial alimentario para iniciar y sostener acciones que aborden directamente la deficiencia de micronutrientes. Los programas de prevención múltiples quizás resulten más atractivos que los enfoques fragmentados, tanto desde el punto de vista nutricional como económico. El sinergismo entre la vitamina A y el metabolismo del hierro es un buen ejemplo. A continuación se incluyen algunos aspectos relacionados con la fortificación de alimentos que es necesario considerar.

- Es esencial el constante apoyo al *uso de mezclas múltiples de micronutrientes*, en especial las que incorporan hierro y vitamina A.
- Los fortificantes alimentarios representan una proporción importante del costo del proceso de fortificación. En efecto, es muy probable que los gobiernos consideren más práctico desde el punto de vista político utilizar las escasas divisas disponibles en la importación de alimentos solamente y no en fortificantes y alimentos. Por esta razón, será útil *explorar la posibilidad de producir los fortificantes, en especial el hierro, el yodo y la preparación de mezclas múltiples, a nivel nacional o regional*.
- La evidencia recogida hasta la fecha sugiere que las cuestiones operativas y políticas y no los asuntos técnicos constituyen los principales obstáculos a la implantación de programas de fortificación alimentaria a nivel nacional. Evidentemente, los gobiernos que en general no disponen de fondos para solventar los costos recurrentes deben convencerse de que el costo de no fortificar los alimentos supera con creces el costo de la fortificación de alimentos. Es necesario *contar con estudios más detallados de los aspectos económicos de la fortificación de alimentos y de otras estrategias de intervención que se están aplicando con miras a superar la deficiencia de nutrientes*. Es preciso explorar la posibilidad de aplicar incentivos a la industria de alimentos para minimizar los diferenciales de precio entre los alimentos fortificados y los no fortificados. Los incentivos pueden incluir préstamos sin intereses para la adquisición del equipo, suministro gratuito de fortificantes, subsidio al costo de los fortificantes, subsidio al costo del transporte de los alimentos, etc.
- Las compañías comerciales con frecuencia son sensibles a los factores que pueden amenazar el mercado de sus productos (como ocurrió con el
- Es preciso identificar los alimentos de amplio consumo, inclusive por los niños, con escasa variación de un día para el otro en la ingesta, y que pasen a través de un punto central de procesamiento, en los países donde se reconoce la deficiencia de micronutrientes como un verdadero problema. *Es necesario realizar estudios dietéticos sencillos pero informativos para identificar los alimentos que pueden constituir vehículos alimentarios viables*. Esto incluye los condimentos y los refrigerios. El objetivo es determinar el nivel óptimo de fortificación que no produce efectos tóxicos.
- Es preciso prestar más atención a la incidencia de deficiencias múltiples en los estudios nutricionales. Ello se facilitaría si se contara con un mayor número de *métodos de campo sencillos para detectar la deficiencia de micronutrientes*, que puedan ser utilizados por personal semi-capacitado.

té en Bangladesh). Para convencer a las compañías de que se aceptará su producto fortificado, *en los países donde las pruebas de campo han dado resultados promisorios, es necesario contar con información sobre el comportamiento del consumidor en relación con propiedades organolépticas y niveles de precios aceptables*. Esta información indicará si es necesario o útil el mercadeo social para implantar los programas de fortificación.

- Los análisis para detectar el contenido de vitamina A requieren un equipo de laboratorio sofisticado (HPLC) que muchos países en desarrollo no tienen. *Es necesario desarrollar una prueba cuantitativa sencilla para determinar el contenido de vitamina A en los alimentos fortificados*. Contar con este tipo de prueba reduciría los costos del programa. Las pruebas podrían realizarse con personal menos calificado, en instalaciones que se encuentren dentro de la jurisdicción del sistema de control de calidad.
- Existe la necesidad de un *examen amplio y detallado del estado de los programas actuales de fortificación con micronutrientes en los países en desarrollo*.
- Hay la necesidad de un *examen amplio de los países que han aprobado legislación referente a la fortificación de alimentos*. Moña (1992) ha obtenido esta información de Hoffman-La Roche para Latinoamérica (Anexo 6).
- *Debe explorarse la posible participación del servicio de normas de calidad alimentaria de la FAO (Codex Alimentarius) como medio para alentar y defender la fortificación de alimentos*.
- Los programas de la Ley 480 abarcan un grupo amplio e importante de países. Debiera reexaminarse la elección de vehículos para la fortificación con vitamina A entre los productos básicos comprendidos en el Título II de la Ley 480. Debieran ponerse en práctica cuanto antes las recomendaciones sobre aumento de los niveles de hierro. Debiera investigarse el *posible efecto y los costos que para el sector público puede acarrear la fortificación de alimentos amparados en el Título III de la Ley 480*.
- En los países respecto de los cuales se conocen los niveles de consumo del vehículo alimentario, *deben considerarse las pruebas de campo de alimentos fortificados que han demostrado ser viables en un ámbito controlado* (p.ej. el té).
- *Será necesario elaborar módulos de información sobre fortificación de alimentos para donantes, funcionarios gubernamentales y sector industrial alimentario*.
- La fortificación de alimentos no tiene por qué depender de una alta tecnología. Se pueden utilizar las fuentes de vitamina A disponibles localmente para la fortificación de alimentos. Quizás sea posible maximizar los exedentes de cosechas o estacionales de vitamina A deshidratando al sol frutas y vegetales ricos en vitamina A para utilizarlos como condimentos o para dar sabor a los alimentos. Es necesario contar con los *estudios etnográficos adecuados sobre la utilización y prácticas culinarias relacionados con los posibles fortificantes, así como estudios sobre la biodisponibilidad de micronutrientes de los alimentos elaborados localmente en distintas condiciones de almacenaje*.
- Todos los *estudios clínicos y dietéticos sobre vitamina A deben ampliarse para incluir otros micronutrientes*. Es preciso recoger datos etnográficos sobre otros aspectos pertinentes relacionados con los alimentos como parte de estos estudios (aunque dicha información podría compilarse recurriendo a grupos específicos u otras técnicas estadísticas menos formales).

ANEXO 1

VITAMINA A UTILIZADA EN LA FORTIFICACION DE ALIMENTOS

Tipo y nombre	Potencia (en millones de UI/g)	Otros ingredientes	Usos
PRODUCTOS LIQUIDOS			
1. Palmitato de vitamina A	1,65-1,8	Antioxidante comestible; sin diluyente oleaginoso	Cuando se requiere máxima concentración; con estabilizadores
2. Palmitato de vitamina A	1,65-1,8	No antioxidantes; sin diluyente oleaginoso	Cuando se requiere máxima concentración; no estabilizadores
3. Palmitato de vitamina A Tipo PIMO/BH	1,0	Aceite comestible; antioxidantes comestibles	Recomendado para el uso general; con estabilizadores
4. Acetato de vitamina A o palmitato de vitamina A	1,0	Diluyente oleaginoso comestible; no antioxidante	Para usos específicos
5. Emulsión de palmitato de vitamina A	0,5	Emulsionantes; antioxidantes; preservativos	Fortificación de cereales, productos lácteos; hojuelas de papa y productos alimenticios que requieren técnicas específicas de procesamiento
PRODUCTOS SECOS			
1. Grageas de palmitato de vitamina A, tipo 500	0,5	Gelatina; carbohidrato; fosfato tricálcico; antioxidante; preservativos	Para productos que no se dispersan en agua fría, cuando se requiere una alta resistencia a la humedad y al calor; por ejemplo, alimentos extruados
2. Grageas de palmitato de vitamina A, tipo 250-SAF	0,25	Goma arábiga; carbohidratos; antioxidantes de almidón alimenticio modificado	Dispersable en agua; para productos secos para ser reconstituídos antes de usarlos; por ejemplo, azúcar
3. Grageas de palmitato de vitamina A, tipo 250-S	0,25	Gelatina; dextrosa; almidón alimenticio modificado; aceite de coco; sorbitol; citrato de sodio; antioxidantes	Agua dispersable; grageas de fácil circulación para ayudar a cumplir con los productos lácteos y otras bebidas
4. Grageas de palmitato de vitamina A, tipo tocoperol 250-T; preservativo.	0,25	Goma arábiga; carbohidrato; almidón modificado: alpha-	Grageas finas dispersables en agua para premezclas
5. Palmitato de vitamina A, tipo 250-SA	0,25	Goma arábiga; lactosa; aceite de coco; preservativos	Para ser utilizado cuando se requieren partículas finas; por ejemplo, harina de maíz, premezclas vitamínicas; leche deshidratada, azúcar y polvos para preparar bebidas

Fuente: Bauernfeind y Arroyave (1986).

ANEXO 1 (cont.)

Algunas formas de aplicación de precursores carotenoides de vitamina A

FORMA	DESCRIPCION	USOS	SOLUCION STOCK
30% de suspensión líquida de β -caroteno	<ul style="list-style-type: none"> ■ Suspensión micronizada de β-caroteno en aceite vegetal comestible: fluido a 75°F (24°C) o más; semisólido a 40-60°F (4-16°C); sin antioxidantes: se disuelve fácilmente en aceite tibio 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para dar color a productos grasos y oleaginosos, margarina, queso elaborado, yema de huevos congelada y seca, manteca "winter" (proceso continuo) y otros alimentos de base grasa 	1,5 gm de suspensión por 450 ml de aceite vegetal tibio, batido para disolver. 1 ml = 1 mg β -caroteno
24% de suspensión semisólida de β -caroteno	<ul style="list-style-type: none"> ■ β-caroteno micronizada en aceite vegetal hidrogenado: semisólida a 70-90°F (21-32°C); fluido a 100°F (38°C) o más; sin antioxidantes: se disuelve fácilmente en aceite tibio 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para dar color a productos grasos y oleaginosos, margarina y otros alimentos de base grasa 	2 gm de suspensión por 480 ml de aceite vegetal tibio, batido para disolver. 1 ml = 1 mg β -caroteno
22% de suspensión líquida HS de β -caroteno	<ul style="list-style-type: none"> ■ Suspensión micronizada de β-caroteno en aceite vegetal comestible: fluido a 75°F (24°C) o más; semisólido a 40-60°F (4-16°C); sin antioxidantes: se disuelve fácilmente en aceite tibio 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para dar color a aceites derivados de granos, refinados por calor, alimentos de base grasa que requieren que el caroteno sea más estable 	2 gm de suspensión por 440 ml de aceite vegetal tibio, batido para disolver. 1 ml = 1 mg β -caroteno
3,6% de emulsión líquida de β -caroteno	<ul style="list-style-type: none"> ■ β-caroteno en aceite de naranja y aceite vegetal bromado y emulsionado en una base de proteína hidrolizada: fluido a 75°F; gravedad específica, fase oleaginoso 1,053 \pm 0,003 (12,5 a 13,6° Brix); estabilizado con antioxidantes agregados 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Especialmente diseñado para dar color a las bebidas con sabor de naranja y jugos de fruta mezclados: ajustado para lograr una gravedad específica en envases de vidrio transparente o envases opacos 	3 gm de emulsión por 108 ml de agua, batido para dispersar. 1 ml = 1 mg β -caroteno
Grageas secas de β -caroteno 10%	<ul style="list-style-type: none"> ■ β-caroteno coloidal en una matriz carbohidrato gelatinoso; estabilizado con antioxidante adicional: fácilmente dispersable, con revolverse en agua tibia, a 130°F (54°C) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para dar color a alimentos con base acuosa y bebidas preparadas con productos secos que se reconstituyen en contacto con el agua tibia 	1 gm de grageas por 96 ml de agua tibia, batido para dispersar. 1 ml = mg β -caroteno
Grageas secas de β -caroteno 2,4%	<ul style="list-style-type: none"> ■ β-caroteno en aceite vegetal emulsionado en una matriz de carbohidrato gelatinoso; estabilizado con antioxidante adicional: fácilmente dispersable en agua (75°F) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para dar color a jugos, bebidas de base seca, bebidas y otros líquidos con base acuosa o alimentos secos que se reconstituyen en contacto con el agua 	4 gm de grageas por 100 ml de agua tibia, batido para dispersar. 1 ml = 1 mg β -caroteno
Polvo seco de β -caroteno 1% en SAF	<ul style="list-style-type: none"> ■ β-caroteno en forma de polvo seco: en dextrina, carbohidrato de goma arábiga, ascorbato y tocoferol como antioxidantes: fácilmente dispersable en agua 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para dar color a productos lácteos, productos de panadería, salsas, recubrimientos azucarados, postres, etc. 	10 gm de polvo por 100 ml de agua tibia, batido para dispersar. 1 ml = 1 mg β -caroteno
Mezcla de β -caroteno con vitamin A (y D)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Suspensión micronizada de β-caroteno en aceite vegetal con vitamina A (y D) disuelta adicionada 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para dar color y enriquecer simultáneamente con vitamina A, margarina, "mellorine," etc. 	
20% de suspensión líquida apo-carotenal liquid	<ul style="list-style-type: none"> ■ Suspensión apo-carotenal micronizada en aceite vegetal comestible: fluido a 75°F; sin antioxidantes adicionales: se disuelve fácilmente en aceite tibio; semisólido a 40-60°F 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para dar color a productos grasos y oleaginosos, aderezos para ensaladas y otros productos de base grasa 	1 gm de suspensión por 200 ml de aceite vegetal tibio, batido para disolver. 1 ml = 1 mg apo-carotenal
2% de solución carotenal	<ul style="list-style-type: none"> ■ Apo-carotenal disuelto en una composición modificada de aceite vegetal comestible: 1,4% apo-carotenal más 0,6% β-caroteno 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para dar color a quesos elaborados, aderezos para ensaladas y otros productos de base grasa 	5 gm de solución por 100 ml de aceite vegetal, batido para diluir. 1 ml = 1 mg apo-carotenal
Solución carotenal #73	<ul style="list-style-type: none"> ■ Apo-carotenal y β-caroteno disuelto en una composición modificada de aceite vegetal comestible; estabilizado con antioxidante adicional 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para dar color a quesos elaborados, aderezos para ensaladas y otros productos de base grasa 	5 gm de solución por 100 ml aceite, batido para diluir. 1 ml = 0,7 mg apo-carotenal y 0,3 mg β -caroteno
4% de solución carotenal	<ul style="list-style-type: none"> ■ Apo-carotenal lissuelto en una composición modificada de aceite vegetal comestible con dl-a-tocopherol 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Para dar color a quesos elaborados, aderezos para ensaladas y otros productos de base grasa: condimentos secos y preparados para panes 	5 gm de solución por 200 ml de aceite vegetal, batido para diluir. 1 ml = 1 mg apo-carotenal

ANEXO 2

Tabla de compuestos de hierro disponibles comercialmente

	% contenido de hierro	Biodisponibilidad en humanos	Biodisponibilidad en animales	Vehículos comunes					Factor de costo relativo
				Cereales procesados	Sal	Azúcar	Alimentos para niños (leche)	Bebidas	
B = Bueno, R = Regular, P = Pobre, - = Información no disponible R = Recomendado, V = Variable, NR = No Recomendado Factor de costo relativo: $\frac{-100 \times \text{Factor de biodisponibilidad en humanos}}{\% \text{ de hierro}}$ Factor de biodisponibilidad: B = 1, R = 2, P = 3									
Libremente soluble en agua									
Sulfato ferroso · 7H ₂ O	20	B	B	V	V	R	R	R	5,0
Gluconato ferroso	12	B	B	V	V	R	R	R	8,3
Lactato ferroso	19	B	B	-	NR	NR	V	R	5,3
Citrato férrico aniónico	18	B	B	V	NR	NR	R	V	5,5
Sulfato férrico aniónico	14	-	B	-	-	-	-	-	-
Citrato de cloruro férrico	14	-	B	-	NR	NR	-	-	-
Solubilidad lenta									
Sulfato ferroso seco	33	B	B	V	V	R	V	R	3,0
Glicerofosfato férrico	15	B	B	-	NR	NR	V	V	6,6
Citrato férrico	17	P	R	V	V	R	V	R	17,6
Sulfato férrico	22	P	B	NR	NR	NR	NR	NR	13,6
Sacarato férrico	3-35	R	B	R	-	-	-	R	5,7-6,6
Cloruro férrico	34	R	B	NR	NR	NR	NR	NR	5,9
Solubilidad pobre									
Fumarato ferroso	33	B	B	R	R	NR	NR	NR	3,0
Succinato ferroso	35	B	B	R	-	-	NR	NR	2,8
Tartrato ferroso	22	R	R	-	-	-	-	-	9,0
Citrato ferroso	24	R	R	V	V	-	V	R	8,4
Casi insoluble o insoluble									
Pirofosfato férrico	25	P	P	R	R	R	NR	NR	12,0
Ortofosfato férrico	28	P	P	R	R	R	NR	V	10,7
Pirofosfato sódico de hierro	15	P	P	NR	NR	NR	NR	NR	20,0
Hierro elemental reducido									
a. Reducido por hidrógeno (10-45 µm)	96	R	R	V	NR	NR	NR	NR	2,1
b. Reducido por monóxido de carbono	96	R	R	V	NR	NR	NR	NR	2,1
c. Hierro carbonilo	98	R	R	V	NR	NR	NR	NR	2,1
d. Reducido por electrolisis - 20 µm	97	R	R	V	NR	NR	NR	NR	2,1
Oxido férrico	70	P	P	NR	NR	NR	NR	NR	4,2
Hidróxido férrico	62	P	P	NR	NR	NR	NR	NR	4,8
Carbonato ferroso	35	P	P	NR	NR	NR	NR	NR	8,5
Compuestos de complejo de hierro									
EDTA sódico férrico	13	B	B	R	-	R	V	V	7,7

ANEXO 3

Composición de la Fórmula de ATOCHEM N-Richment-A de las Premezclas de Cereal Fortificado

	Nivel de fortificación por kg.		
	Maíz/Sorgo	Harina de trigo	Bulgar
Tiamina (vitamina B ₁)	4,9 mg	5,7 mg	3,3 mg
Riboflavina (vitamina B ₂)	2,6 mg	4,0 mg	2,2 mg
Niacina	31 mg	46 mg	—
Hierro	26 mg	37 mg	11 mg
Vitamina A	23.540 UI	23.540 UI	23.540 UI

Composición de la Premezcla Fortificada de ROCHE Rovifarin 955

	Nivel de fortificación por kg/harina
Tiamina (vitamina B ₁)	4,45 mg
Riboflavina (vitamina B ₂)	2,65 mg
Niacina	35,62 mg
Hierro	29,28 mg

Composición de la Premezcla Precision de ROCHE

DESCRIPCION	USDA	USDA W/O MINERALES
Acido ascórbico F.P.	78,00 mg	78,00 mg
Niacinamida	22,00 mg	22,00 mg
Hydrochloruro de piridoxina	2,78 mg	2,78 mg
Riboflavina, Tipo S	1,96 mg	1,96 mg
Mononitrato de tiamina	1,73 mg	1,73 mg
Vitamina B ₁₂ 1.0% SD (secado p/aspersión)	0,70 mg	0,70 mg
Vitamina A 250 SD (secado p/aspersión)	24,00 mg	24,00 mg
Vitamina E 50% CWS/F	69,00 mg	69,00 mg
Acid. fólico	0,48 mg	0,48 mg
Vitamin D ₃ 100 SD (secado p/aspersión)	4,80 mg	4,80 mg
Pantotenato D-Calcio SD (secado p/aspersión)	12,54 mg	12,54 mg
Biotina	0,36 mg	0,36 mg
Fosfato de calcio anhidro Di-Cal	0 mg	0 mg
Gluconato de cobre	15,70 mg	—
Hierro electrolítico	19,10 mg	—
Yoduro de potasio	0,243 mg	—
Oxido de zinc	20,00 mg	—

ANEXO 4a

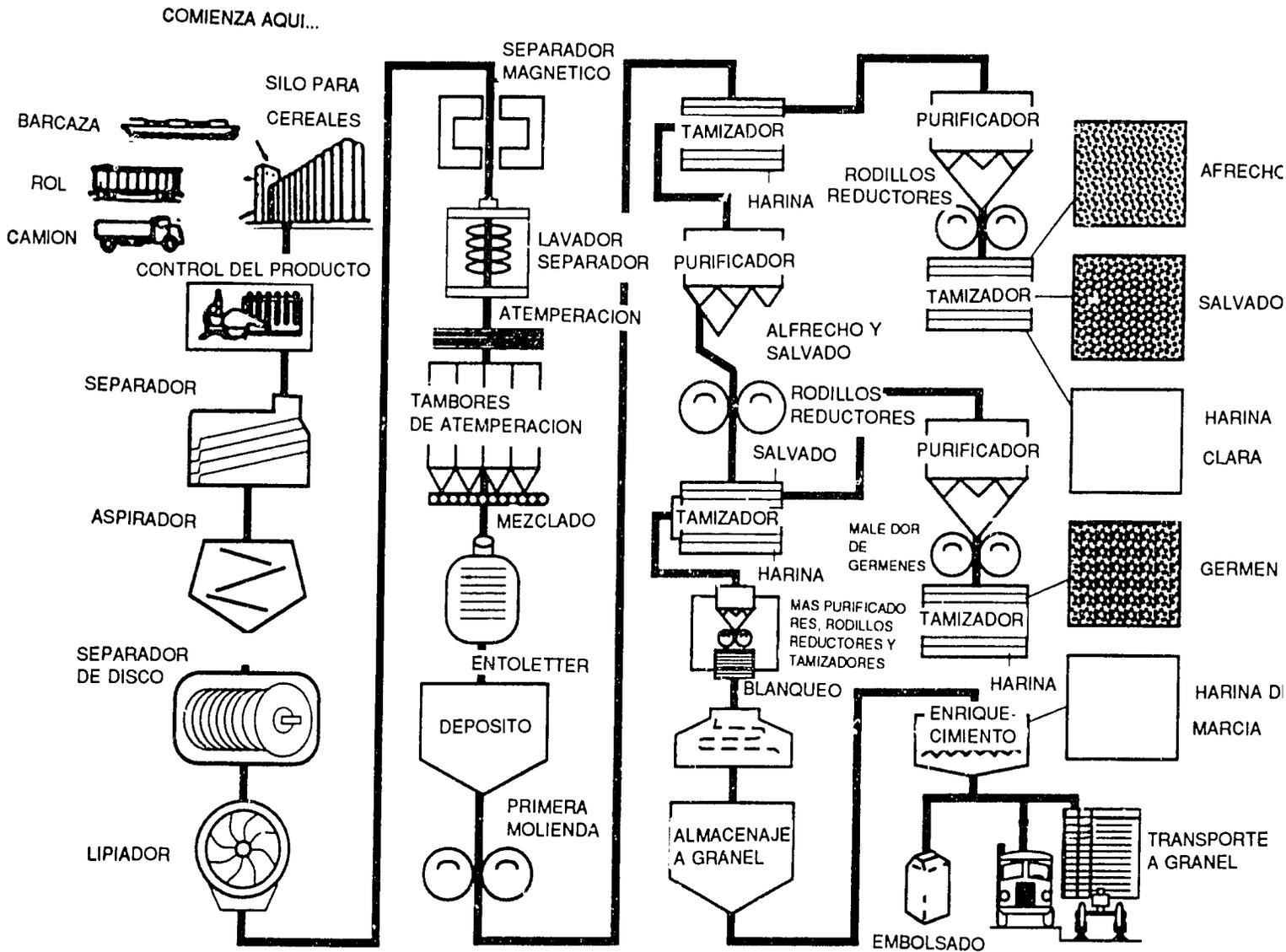
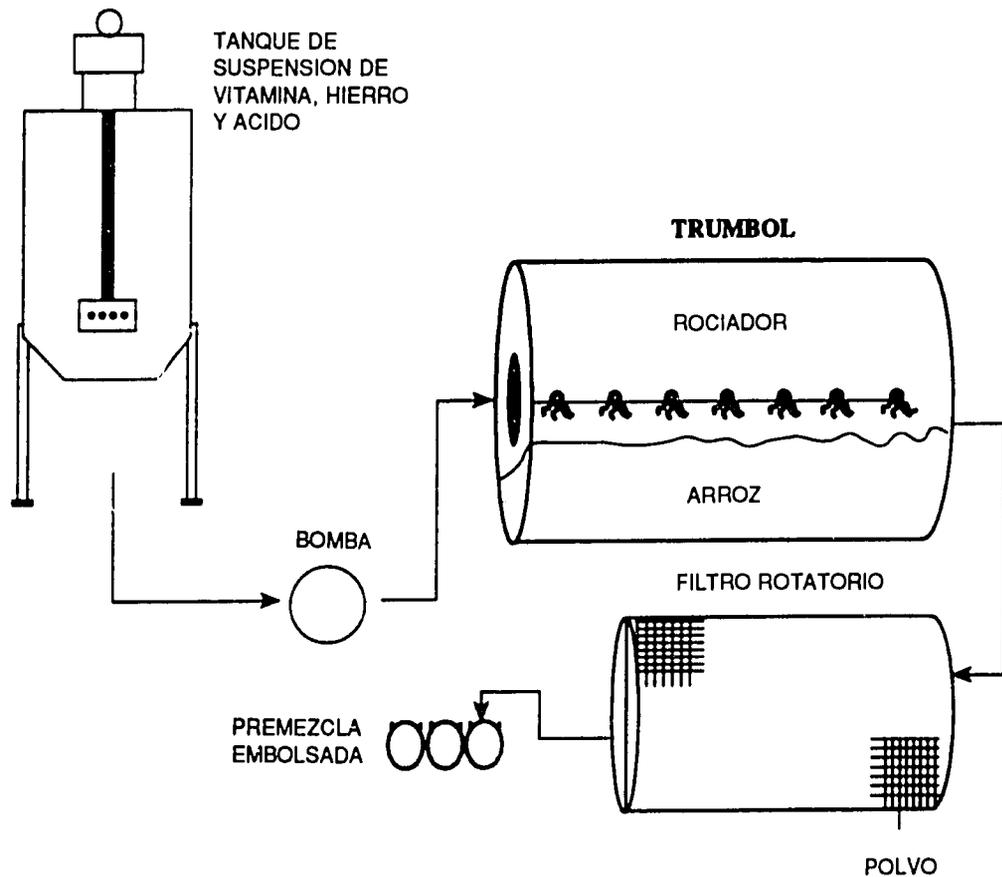


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL PROCESO DE ELABORACION DE HARINA

ANEXO 4b



CICLO DE PRODUCCION DE PREMEZCLA DE ARROZ VITAMINIZADO

ANEXO 4c

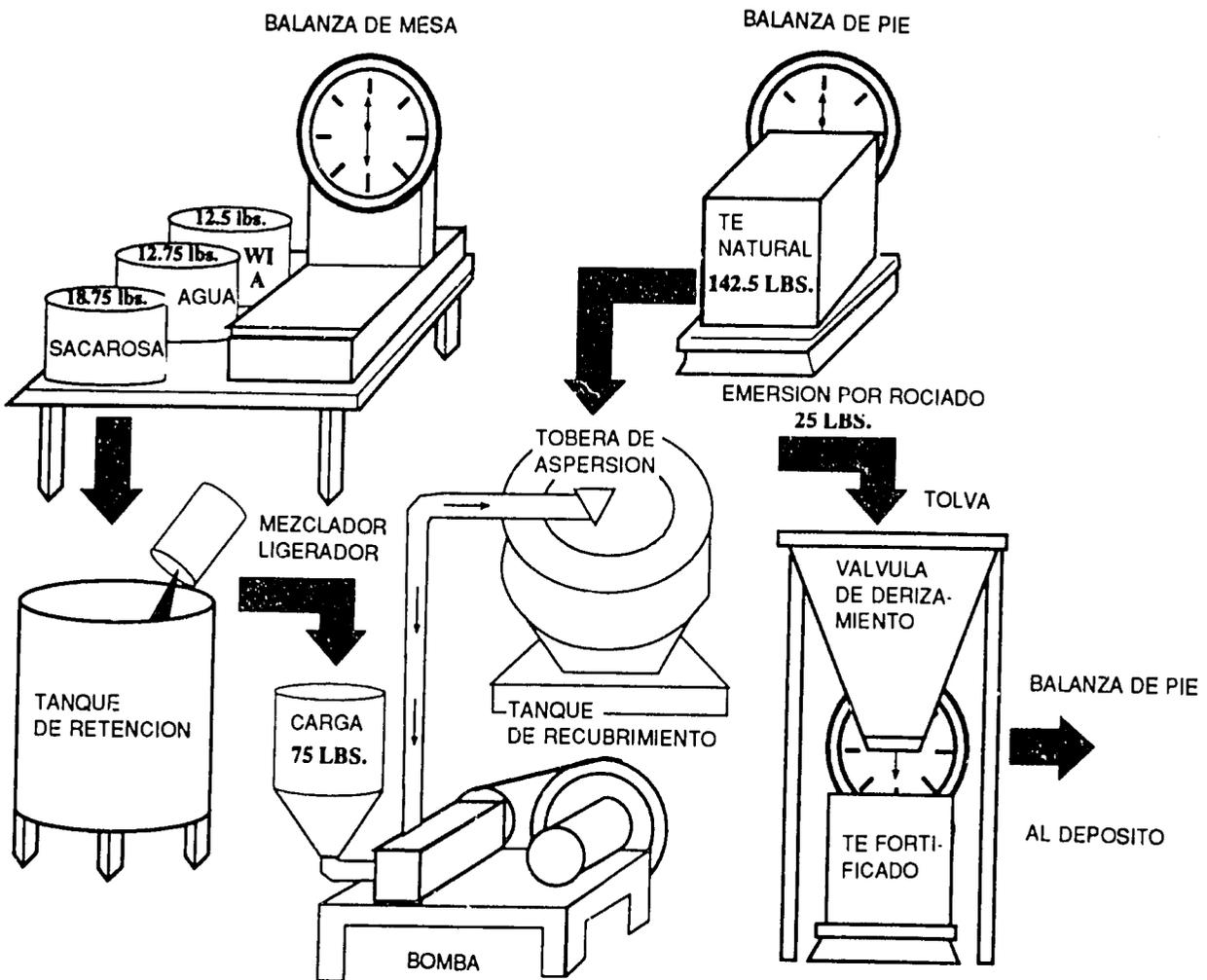


DIAGRAMA DEL PROCESO DE FORTIFICACION DEL TE CON VITAMINA A

ANEXO 5

FACTIBILIDAD TECNICA DE LA FORTIFICACION DE PRODUCTOS A BASE DE CEREALES Y GRANOS

Fuente: Bauernfeind and Lachance (1991)

	V I T A M I N A A	T I A M I N A	R I B O F L A V I N A	N I A C I N A	V I T A M I N A B	A C I D O F O L I C O	H I E R R O (1)	C A L C I O	M A G N E S I O	Z I N C	Código: A = parece ser técnicamente factible B = datos insuficientes para evaluar factibilidad técnica C = actualmente no es técnicamente factible D = no se han presentado datos a estudio del Comité
Harina Mayor plazo de vencimiento	A	A	A	A	B	B	A	A	B	B	Se indican problemas de aceptación por parte del consumidor a partir de los resultados de los estudios preliminares de almacenaje prolongado a temperaturas elevadas y en condiciones de humedad
Industrial (menor plazo de venc.)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Harina fina	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Se indican problemas de aceptación por parte del consumidor a partir de los resultados de los estudios preliminares de almacenaje prolongado a temperaturas elevadas y en condiciones de humedad
Harina de maíz	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Alimentos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Sémolas	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	La adición de calcio no deberá superar los 300 mg/lb
Arroz	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	La adición de riboflavina puede haber problemas de aceptación por parte del consumidor. Se recomienda ortofosfato férrico como fuente de hierro. Puede ser factible agregar calcio y magnesio para cambiar el proceso de enriquecimiento de la técnica de procesamiento de "granos sintéticos".
Pan	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	La adición de nutrientes se ajusta conforme a los nutrientes contenidos en la harina.
Golosinas Postres	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Todos los demás	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	Podría ser viable con base en resultados obtenidos en panes y tortas. Se sugiere confirmar factibilidad mediante pruebas.
Bizcochos y galletas	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Hierro utilizado a 40 mg/lb
Pasta	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	Hierro utilizado a 40 mg/lb
Masas refrigeradas	A	A	A	D	D	A	D	D	D	D	
Productos congelados Sin homear	D	A	A	A	D	D	A	A	D	D	
Homeados	D	A	A	A	D	D	A	A	D	D	
Mezclas preparadas	D	A	A	A	D	D	A	D	D	D	

(1) Co: base en un nivel de 16,5 mg/lb en vez de la propuesta recomendada por NAS de 40 mg/lb.

ANEXO 6

PAISES DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE QUE CUENTAN CON LEGISLACION EN MATERIA DE ENRIQUECIMIENTO DE ALIMENTOS

País	Alimento	Micronutriente	Nivel		
Argentina	Leche	Vitamina A	2.500 UI/l(max)		
		Vitamina D	400 UI/l(max)		
Brasil	Margarina	Vitamina A	15.000-50.000 UI/kg		
		Vitamina D	500-2.000 UI(opcional)		
Chile	Leche descremada (para complementos alimentarios)	Vitamina A	1.500-2.500 UI/100g		
		Vitamina D	200-240 UI/100g		
Colombia	Margarina	Vitamina A	30.000 UI/kg		
		Vitamina D	3.000 UI/kg(opcional)		
		Acido linoleico	70 g/kg		
	Harina de trigo	Vitamina B1	6,3 mg/kg		
		B2	1,3 mg/kg		
		B6	13,0 mg/kg		
		Hierro	30,0 mg/kg		
	Pastas	Vitamina B1	9,0 mg/kg(opcional)		
		B2	3,0 mg/kg		
		B6	57,0 mg/kg		
		Hierro	30,0 mg/kg		
Colombia	Margarina	Vitamina A	3.180-7.950 UI/kg		
		Vitamina D	120-300 UI/kg		
Honduras	Azúcar	Vitamina A	50.000 UI/kg		
El Salvador	Harina de trigo	Vitamina B1	2,0 mg/lb		
		B2	1,2 mg/lb		
		B6	13,0 mg/lb		
		Hierro	500,0 mg/lb		
		Calcio	500,0 mg/lb		
Guatemala	Azúcar	Vitamina A	50.000 UI/kg		
		Harina de trigo	Vitamina B1	4,41-5,30 mg/lb	
			B2	2,65-3,30 mg/lb	
			B6	35,20-44,00 mg/lb	
			Hierro	28,70-36,60 mg/lb	
			Calcio	1.100-1.375 mg/lb	
Vitamina D	1.102-2.205 UI/kg (opcional)				
México	Leche semidescremada ultra pasteurizada	Vitamina A	4.000 UI/l		
		Vitamina D	400 UI/l		
		Leche semidescremada pasteurizada	Vitamina A	4.000 UI/l	
			Vitamina D	400 UI/l	
			Leche evaporada regular y descremada	Vitamina A	4.000 UI/l
				Vitamina D	400 UI/l
Margarina	Vitamina A			20.000 UI/kg	
	Vitamina D			2.000 UI/kg (opcional)	
Panamá	Azúcar	Vitamina A		50.000 UI/kg	
Venezuela	Leche en polvo	Vitamina A		4.000 UI/l	
		Vitamina D	400 UI/l		

REFERENCIAS

- Anonymous. 1983. Use of iron fortified salt to combat anemia: the Indian experience. *Nut. Rev.*, 41:10, 302-303.
- Arroyave, G. 1972. Distribution of vitamin A to population groups. In *Proceedings of the western hemisphere nutrition congress III*. Futura, New York.
- Arroyave, G. 1987. Alternative strategies with emphasis on food fortification. In *Delivery of oral doses of vitamin A to prevent vitamin A deficiency and nutritional blindness - a state of the art review*. (Eds) K.P. West and A. Sommer. ACC/SCN State of the Art Review Series. Nutrition Policy Discussion Paper No. 2. Rome.
- Arroyave, G. 1992. Food nutrification with emphasis on the addition of micronutrients to wheat flour. VITAL/ISTI, Washington, DC.
- Arroyave, G., J.R. Aguilar, M. Flores, and M.A. Guzman. 1979. Evaluation of sugar fortification with vitamin A at the national level. PAHO, Washington, DC.
- Arroyave, G., L.A. Mejia and J.R. Aguilar. 1981. The effect of vitamin A fortification of sugar on the serum levels of preschool Guatemalan children: a longitudinal evaluation. *Am. J. Clin. Nut.*, 34: 41-49.
- Bailey, K. 1992. Notes on salt iodation in Africa. Unpublished.
- Bauernfeind, J.C. 1978. The technology of vitamin A. Hoffmann-La Roche, Inc., New Jersey.
- Bauernfeind, J.C. 1991. Foods considered for nutrient addition: condiments. In *Nutrient additions to food*. (Eds) J.C. Bauernfeind and P.A. Lachance. Food and Nutrition Press, Trumbull, CT.
- Bauernfeind, J.C. and G. Arroyave. 1986. Control of vitamin A deficiency by the nutrification approach. In *Vitamin A deficiency and its control*. (Ed) J.C. Bauernfeind. Academic Press, London.
- Brooke, C.L. and W.M. Cort. 1972. Vitamin A fortification of tea. *Food Technol.*, 26:6, 50-52.
- Clydesdale, F.M. 1991. Mineral additives. In *Nutrient additions to food*. (Eds) J.C. Bauernfeind and P.A. Lachance. Food and Nutrition Press, Trumbull, CT.
- Cohen, N., H. Rahman, M. Mitra, J. Sprague, S. Islam, and E. Leemhuis de Regt. 1987. Impact of massive doses of vitamin A on nutritional blindness in Bangladesh. *Am. J. Clin. Nut.*, 45: 970-976.
- Cook, J.D. 1990. Adaptation in iron metabolism. *Am. J. Clin. Nut.*, 51: 301-308.
- Cook, J.D. and M.E. Reusser. 1983. Iron fortification: an update. *Am. J. Clin. Nut.*, 38: 648-659.
- Cort, W.M., B. Borenstein, J.H. Harley, M. Oscada, and J. Scheiner. 1976. Nutrient stability of fortified cereal products. *Food Technol.*, 30:4 52-62.
- Crowley, P.R., F.F. Barrett, R.P. Weil, D.A. Fellers, and N.M. Blocker. 1989. Final Report: Food technology for development project. OICD/USDA, Washington, DC.
- Crowley, P.R. 1990. Fortification of wheat flour with vitamins and minerals: Sri Lanka trip report. USDA/OICD, Washington, DC.
- Darton-Hill, I. 1988. Vitamin A fortification of wheat: Bangladesh experience. HKI, New York.
- Dary, M. 1991. Sugar fortification with vitamin A in Guatemala. XXIII IVACG meeting. Ecuador.
- DeMaeyer, E. 1989. Preventing and controlling iron deficiency anaemia through primary health care. WHO, Geneva.
- Dunn, J.T. and F. van der Haar. 1990. A practical guide to the correction of iodine deficiency. ICCIDD.
- Emodi, A. and L. Scialpi. 1976. Rice fortification for the Dominican Republic. Unpublished report, Hoffman-La Roche, New Jersey.
- FAO/WHO. 1988. Requirements of vitamin A, iron, folate and vitamin B12. FAO Food and Nutrition Series No. 32. Rome.
- Favaro, R., J.F. Ferreira, I.D. Desai and J.E. Dutra de Oloveira. 1990. Studies on the fortification of refined soybean oil with all-trans-retinyl palmitate in Brazil: stability during cooking and storage. University of San Paulo Medical School and University of British Columbia.
- Finch, C.A. and J.D. Cook. 1984. Iron deficiency. *Am. J. Clin. Nut.*, 39: 471-477.
- Florentino, R.F. and M.R. Pedro. 1990. Rice fortification in the Philippines. In *Combating iron deficiency anemia through food fortification technology*. INACG, Washington, DC.
- Fuller, C.E., J.H. Nelson, D.E. Smith, P.R. Crowley, J.L. Swanson and F.B. Wells. 1974. A technology for the fortification of tea with vitamin A. *Proc. IV Int. Congress Food Sci. and Technol.* V: 180-189.
- Garby, L., and S. Areekul. 1973. Iron supplementation in Thai fish sauce. *Annals Trop. Med. Parasit.* 24, 68:4, 467-476.
- Gillespie, S., J. Kevaney, and J. Mason. 1991. Controlling iron deficiency. ACC/SCN State-of-the-Art Series Nutrition Policy Discussion Paper No. 9. Geneva.
- Hurrell, R.F., D.E. Furniss, J. Burri, P. Whittaker, S.R. Lynch, and J.D. Cook. 1989. Iron fortification of infant cereals: a proposal for the use of ferrous fumarate or ferrous succinate. *Am. J. Clin. Nut.*, 49: 1274-1282.
- INACG. 1977. Guidelines for the eradication of iron deficiency anaemia. Washington, DC.
- INACG. 1979. Iron deficiency in infancy and childhood. Washington, DC.
- INACG. 1981. Iron deficiency in women. Washington, DC.
- INACG. 1990. Combating iron deficiency anemia through food fortification technology. Washington, DC.
- IVACG. 1980. The safe use of vitamin A. Washington, DC.

- IVACG. 1984. Periodic, large oral doses of vitamin A for the prevention of vitamin A deficiency and xerophthalmia: a summary of experiences. Washington, DC.
- IVACG. 1988. Guidelines for the eradication of vitamin A deficiency and xerophthalmia. Washington, DC.
- Karyodi, D. 1990. Iron fortification cost issues. In *Combating iron deficiency anemia through food fortification technology*. INACG, Washington, DC.
- Keusch, G.T. and N. Scrimshaw. 1986. *Rev Infect. Dis.*, 8: 273-287.
- Lamparelli, R.D., A.P. MacPhail, T.H. Bothwell, D. Ballot, M.D. Danilewitz, B.J. Macfarlane, F. Mayet, and R.D. Baynes. 1987. Curry powder as a vehicle for iron fortification: effects on iron absorption. *Am. J. Clin. Nut.*, 46: 335-340.
- Latham, M.C. and F.S. Solon. 1986. Vitamin A deficiency control in the Philippines. In *Vitamin A deficiency and its control*. (Ed) J.C. Bauernfeind. Academic Press, London.
- Levin, H.M. 1986. A benefit-cost analysis of nutritional programs for anemia reduction. *Research Observer* (World Bank), 1:2 219-245.
- Levin, H.M., E. Pollitt, R. Galloway, and J. McGuire. 1991. Micronutrient deficiency disorders. In *Disease control priorities in developing countries*. (Eds) D.T. Jamison and W.H. Mosley. Oxford University Press, New York.
- Lipton, M. (1983). *Poverty, undernutrition and hunger*. World Bank Staff Working Paper No 597. Washington, DC.
- Lund, B.B. 1991. Engineering aspects of nutrifying foods. In *Nutrient additions to food*. (Eds) J.C. Bauernfeind and P.A. Lachance. Food and Nutrition Press, Trumbell, CT.
- Lynch, S.R. 1990. Iron fortification of condiments and sugar. In *Combating iron deficiency anemia through food fortification technology*. INACG, Washington, DC.
- McKigney, J.I. 1983. Interventions for the prevention of vitamin A deficiency: a summary of experiences. In *Nutrition intervention strategies in national development*. Academic Press, New York.
- McKigney, J.I., et al., 1992. Evaluation of interventions for the control of vitamin A deficiency in Guatemala. VITAL/ISTI, Washington, DC.
- Mejia, L.A. and G. Arroyave. 1982. The effect of vitamin A fortification of sugar on iron metabolism in preschool children in Guatemala. *Am. J. Clin. Nut.*, 36: 87-93.
- Molina, M.R. 1991. Foods considered for nutrient addition: sugars. In *Nutrient additions to food*. (Eds) J.C. Bauernfeind and P.A. Lachance. Food and Nutrition Press, Trumbell, CT.
- Mora, J.O. 1992. Trip report San Paulo, Apr 26-May 2, 1992. VITAL, Washington, DC.
- Muhilal, A. Murdiana, I. Azis, S. Saidin, A.B. Jahari, and D. Karyadi. 1988a. Vitamin A fortified monosodium glutamate and vitamin A status: a controlled field trial. *Am. J. Clin. Nut.*, 48: 1265-1270.
- Muhilal, D. Permeisih, Y.R. Idjradinata, Muherdiyantiningsih, and D. Karyadi. 1988b. Vitamin A fortified monosodium glutamate and health, growth, and survival of children: a controlled field trial. *Am. J. Clin. Nut.*, 48: 1271-1276.
- Murphy, P., K.W. Hsu, A. Fratzke, and C. Hauck. 1987. Fortification of monosodium glutamate with "white" vitamin A in Indonesia. Dept. Food Technol., Iowa State University.
- Murphy, P., B. Smith, C. Hauck, and K. O'Connor. 1992. Stabilization of vitamin A in a synthetic rice premix. *J. Food Sci.*, 57:2 437-439.
- Pandav, C.S., R.C. Carriere, N. Kochupillai, T. Ma, and L.M. Nath. 1987. The planning and management of IDD control programs. In *The prevention and control of iodine deficiency disorders*. (Eds) B.S. Hetzel, J.T. Dunn and J.B. Stanbury. Elsevier Press, Amsterdam.
- Popkin, B.M. and E.Z. Bisgrove. 1988. Urbanization and nutrition in low-income countries. *Food and Nut. Bull.*, 10:1, 3-23.
- Popkin, B.M., F.L. Solon, T. Fernandez, and M.C. Latham. 1980. Benefit-cost analysis in the nutrition area: a project in the Philippines. *Soc. Sci. & Med.*, 14C: 207-216.
- Rubin, S.H., A. Emodi and L. Scialpi. 1977. Micronutrient additions to cereal grain products. *Cereal Chem.*, 54:4 895-904.
- Solomons, N.W. and R. Gross. 1987. Urban nutrition in the tropics: a call for increased attention to the metropolitan population in the developing world. *Food and Nut. Bull.*, 9:4, 1-2.
- Solon, F.S., M.C. Latham, R. Guirric, R. Florentino, D.F. Williamson and J. Aguilar. 1985. Fortification of MSG with vitamin A: the Philippine experience. *Food Technol.*, 39:11 71-77.
- Tilden, R.L. and R.N. Grosse. 1988. Vitamin A cost-effectiveness model. Dept. Pop. Plan. and Int. Health, School of Public Health, University of Michigan.
- Venkatesh Mannar, M.G. 1987. Control of iodine deficiency disorders by iodination of salt: strategy for developing countries. In *The prevention and control of iodine deficiency disorders*. (Eds) B.S. Hetzel, J.T. Dunn and J.B. Stanbury. Elsevier Press, Amsterdam.
- Venkatesh Mannar, M.G. 1988. Salt iodination. Part 2: iodination technique. *IDD Newsletter*, 4:4, 11-16.
- Venkatesh Mannar, M.G. 1990. Fortification of salt with iron - a status report. In *Combating iron deficiency anemia through food fortification technology*. INACG, Washington, DC.
- Viteri, F.E. 1987. Nutrition-related health consequences of urbanization. *Food and Nut. Bull.*, 9:4, 33-41.
- Walter, T. 1990. Combating iron deficiency: Chile: A case study. In *Combating iron deficiency anemia through food fortification technology*. INACG, Washington, DC.
- West, K.P. and A. Sommer. 1987. Delivery of oral doses of vitamin A to prevent vitamin A deficiency and nutritional blindness. A state-of-the-art review. ACC/SCN Nutrition Policy Discussion Paper No. 2. Rome.
- WHO. 1982. Control of vitamin A deficiency and xerophthalmia. Technical Report Series No. 672. Geneva.
- WHO. 1991. National strategies for control of micronutrient deficiencies (CMM). Geneva.
- Wilson, L.A. 1988. Proposed quality assurance guidelines for the fortification of MSG with white vitamin A in Indonesia project. Dept. Food Tech., Iowa State University.
- Zoller, J.M., I. Wolinsky, C.A. Paden, J.C. Hoskin, K.C. Lewis, D.R. Lineback, and R.D. McCarthy. 1980. Fortification of non-staple food items with iron. *Food Technology*, 34:1, 38-47.