

La efectividad de los vegetales y del aceite de palma rojo como fuentes de vitamina A

The Effectiveness of Vegetables and Red Palm Oil as Sources of Vitamin A



Dr. Abdollah Ghavami

Escuela de Ciencias Humanas,
Facultad de Ciencias de la Vida
y Computación, Universidad
Metropolitana de Londres,
Londres N7 8DB, Reino Unido

Palabras CLAVE

β -caroteno, aceite de palma rojo,
isótopos estables, vitamina A.

β -carotene, Red palm oil, Stable
isotopes, Vitamin A.

Traducido por Fedepalma

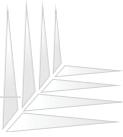
Versión original en inglés
en el Centro de Información
de Fedepalma



Resumen

La vitamina A es mundialmente reconocida como una de las deficiencias de micronutrientes más comunes en los países en desarrollo, donde existe una alta prevalencia de la deficiencia. Es evidente como la ceguera nocturna y la xeroftalmía son particularmente frecuentes entre los niños, las mujeres en edad reproductiva y las personas con sistemas inmunológicos comprometidos (como las que sufren de VIH). La evidente importancia de la vitamina A para reducir la mortalidad infantil y los reconocidos beneficios para la salud relacionados con la mortalidad materna ha fomentado el desarrollo de programas para mejorar el estado de la vitamina A en mujeres y niños en muchos países en desarrollo. Estos programas consisten en la suplementación, el enriquecimiento de alimentos y el mejoramiento alimentario, este último considerado como una estrategia potencialmente sostenible.

Las principales fuentes de vitamina A en la dieta son la vitamina A preformada derivada de productos de origen animal y los carotenoides provitamina A, por ejemplo, el α - y el β -caroteno, que se encuentran en las frutas y vegetales de color anaranjado y en los vegetales de hojas verde oscuro. Se ha demostrado que el aceite de palma rojo es una excelente fuente de carotenoides, y, por tanto, su consumo se está promoviendo en los programas de nutrición en los países en desarrollo. El principal objetivo



de esta presentación es proporcionar la información necesaria para ayudar a reducir y, finalmente, eliminar la deficiencia de vitamina A en los países en desarrollo.

Abstract

Vitamin A is globally recognised as one of the most common micronutrient deficiencies in people in developing countries, where there is a high prevalence of the deficiency. It is evident as night-blindness and xerophthalmia and is particularly common among children, women of reproductive age, and people with compromised immune systems (such as HIV sufferers). The clear importance of vitamin A for reducing infant mortality, and the recognised health benefits on maternal mortality have encouraged the development of programmes to improve vitamin A status of women and children in many developing countries. These programmes consist of supplementation, food fortification and dietary improvement, the latter of which is regarded as a potentially sustainable strategy.

The major sources of vitamin A in the diet are preformed vitamin A derived from animal products, and from provitamin A carotenoids, e.g. α - and β -carotene, found in fruits, and in orange or dark green, leafy vegetables. It has been shown that red palm oil is an excellent source of carotenoids, and therefore their consumption is being promoted in nutrition programs in developing countries. The main objective of this presentation is to provide the necessary information to help reduce and eventually eliminate vitamin A deficiency in developing countries.



Introducción

La vitamina A es mundialmente reconocida como una de las deficiencias de micronutrientes más comunes en las personas en los países en desarrollo, donde existe una alta prevalencia de la deficiencia (WHO, 2009). Es evidente como la ceguera nocturna y la xeroftalmía son particularmente frecuentes entre los niños, las mujeres en edad reproductiva y las personas con sistemas inmunológicos comprometidos (como las que sufren de VIH), y donde la ingesta energética es baja. Hay aproximadamente 190 millones de niños en edad preescolar y 19,1 millones de mujeres embarazadas que tienen concentraciones bajas ($<0,70$ mmol/L) de retinol sérico y un estimado de 5,17 millones de niños en edad preescolar sufren de ceguera nocturna, debido a su deficiencia (WHO, 2009). La Figura 1 muestra la prevalencia mundial de la ceguera nocturna entre las mujeres embarazadas. Los sujetos con un estado inadecuado estado de vitamina A han incre-

mentado la mortalidad debido a que la carencia del micronutriente resulta en una pérdida de la integridad epitelial y compromete las funciones inmunológicas (Sommer y West, 1996).

Deficiencia y síntomas

La mayoría de los síntomas clínicos asociados con la deficiencia de vitamina A están comprendidos bajo el término 'xeroftalmía'. Esto es ulceración corneal, cicatrización y ceguera resultante. No obstante, la disminución inicial progresiva de la visión de los individuos debido a la deficiencia de vitamina A (ceguera nocturna) no es fácilmente reconocible y los individuos pueden no reportarla. Esto obstaculiza los primeros esfuerzos para obtener los signos físicos de la enfermedad con el fin de dar tratamiento.

Además de la xeroftalmía, la deficiencia de vitamina A se ha asociado con un aumento

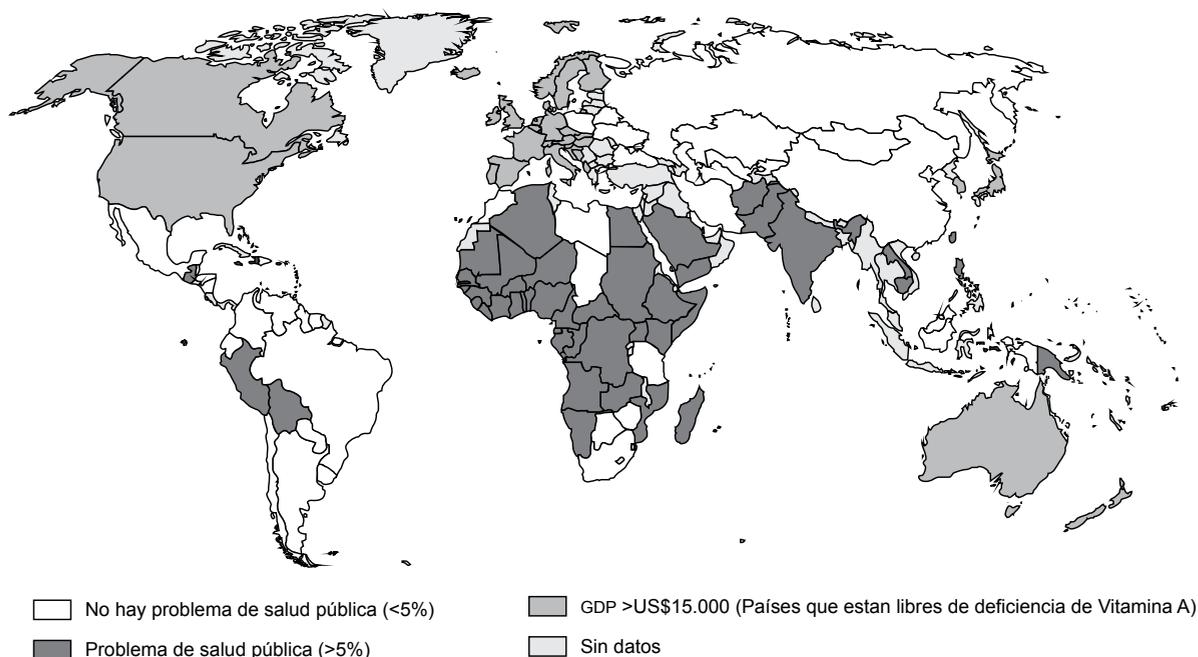


Figura 1. Prevalencia de ceguera nocturna: mujeres embarazadas (1995-2005).

del riesgo de morbilidad y mortalidad (Sommer, Katz y Tarwotjo, 1984 y Sommer *et al.*, 1983). Se ha reportado que los niños en edad preescolar en las zonas rurales de Indonesia con deficiencia leve a moderada de vitamina A, desarrollan infecciones respiratorias y diarrea a una tasa dos y tres veces mayor, respectivamente, en comparación con los niños sanos (Sommer, Katz y Tarwotjo, 1984). El alcance de la mortalidad asociada con la deficiencia de vitamina A ha demostrado que aumenta cuatro veces en promedio las tasas de mortalidad entre los niños con xeroftalmía leve, y ocho a doce veces en grupos de edad específicos (Sommer *et al.*, 1983).

Estrategias para el alivio

La evidente importancia de la vitamina A para reducir la mortalidad infantil, y los beneficios reconocidos para la salud con respecto a la mortalidad materna (West *et al.*, 1999) han estimulado el desarrollo de programas para mejorar el estado de la vitamina A de las mujeres y niños en muchos países en desarrollo. Actualmente, estos programas para mejorar el estado entre las poblaciones desnutridas han seguido tres estrategias principales

(Sommer y West, 1996; Sommer, Katz y Tarwotjo, 1984; Sommer *et al.*, 1983; West *et al.*, 1999; Gillespie y Mason, 1994):

- La suplementación
- El enriquecimiento de alimentos
- El mejoramiento alimentario

Cada estrategia ha sido investigada y ha demostrado hasta cierto punto ser eficaz para mejorar el estado de la vitamina A, la salud y la supervivencia infantiles (Muhilal *et al.*, 1989 y de Pee *et al.*, 1998), pero hay otros factores que determinan cuál es la mejor opción. Estas podrían ser el nivel de participación de la comunidad, la infraestructura local, el estado socioeconómico de la población, el potencial agrícola de la región, la variación estacional en la calidad y cantidad de los cultivos, y las creencias y prácticas alimentarias.

Un enfoque alternativo a la suplementación y al enriquecimiento es en el uso de Polvos de Micronutrientes (PMN) distribuidos por el Programa Mundial de Alimentos. Estos polvos contienen múltiples nutrientes para cumplir con los requerimientos diarios y se utilizan para enriquecer los alimentos en casa. Además, los alimentos densos en energía, enriquecidos con vitaminas y minerales, a saber, los Alimentos



Terapéuticos Listos para Usar (RUTF, por sus siglas en inglés), se pueden utilizar en los programas de alimentación suplementaria para aumentar el pesos de los niños, prevenir enfermedades y promover el crecimiento y el desarrollo. Ejemplos de estos incluyen las pastas fortificadas con nutrientes a base de aceite, *Plumpy Nut* y *Wawa Mum*.

En general, la opción preferida debe ser una que sea sostenible en las comunidades donde el problema existe, por tanto, el mejoramiento alimentario será el mejor enfoque para controlar la prevalencia de deficiencia de vitamina A a largo plazo, y finalmente, para eliminarla. Esto implicará el consumo de alimentos baratos, tales como los vegetales de color naranja-amarillo o de hojas verde oscuro (DGLV, por sus siglas en inglés), o el aceite de palma rojo derivado de la pulpa del fruto de la palma. Este último se utiliza para freír o como componente en la preparación de alimentos. Estos podrían constituir una proporción grande de los regímenes alimenticios habituales y son potencialmente buenas fuentes de carotenoides provitamina A (West y Poortvliet, 1993; McCance y Widdowson, 2002).

Propiedades de los carotenoides y del retinol

Carotenoides

Los carotenoides constan de más de 600 compuestos, sintetizados en plantas y en microor-

ganismos fotosintéticos, pero no en animales. Cada carotenoide es un poliisoprenoide, que consta de ocho unidades isoprenoides,



unidos de tal manera que la configuración de las unidades isoprenoides se invierte en el centro de la molécula, y generalmente muestra una simetría interna. Derivados de la estructura acíclica $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$ del licopeno, tienen una cadena central larga de enlaces dobles conjugados. Con frecuencia tienen una o dos estructuras cíclicas en los extremos de las cadenas conjugadas. Debido a su extenso sistema de dobles enlaces conjugados, los carotenoides absorben luz en la región de 400 a 500 nm ($\lambda_{\text{max}} \approx 450\text{nm}$) y emiten un color amarillo a naranja-rojo oscuro.

Se dividen en dos subclases: los carotenos que son hidrocarburos y las xantófilas oxigenadas. Los primeros son particularmente de naturaleza hidrofóbica, mientras que los que contienen los grupos hidroxilos son más polares. Algunas de sus estructuras se ilustran en la Figura 2.

Retinol

La vitamina A comprende una familia de moléculas que contienen una estructura de C_{20} con un anillo ciclohexenilo sustituido con metilo (grupo β -ionona) y una cadena lateral tetraeno con un grupo hidroxilo (retinol), un grupo aldehído (retinal), un grupo ácido carboxílico

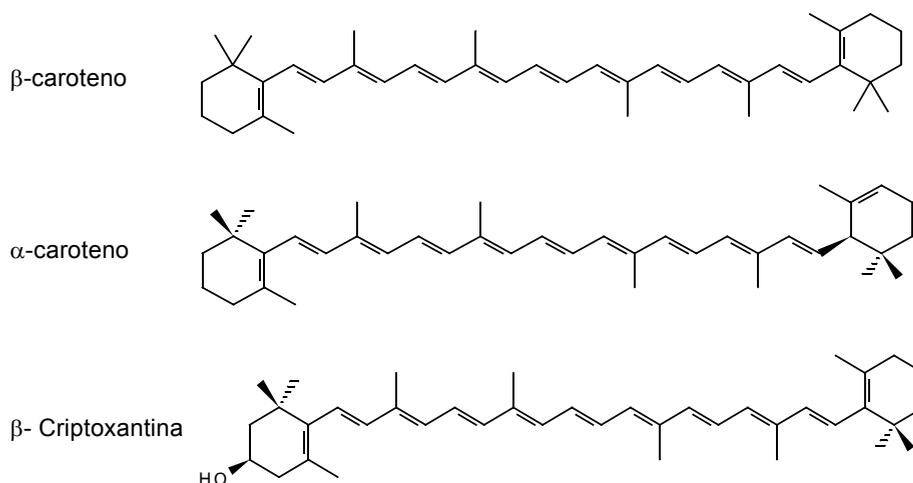
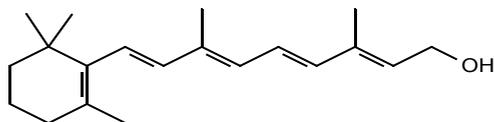


Figura 2. Algunas de sus estructuras de carotenoides.

todo-*trans*-Retinol**Figura 3.** Retinol.

(ácido retinoico) o un grupo éster (éster de retinol) a C_{15} (Figura 3). El retinol y sus derivados absorben luz a $\lambda_{\max} \approx 325\text{nm}$ y emiten una coloración amarilla cuando se disuelven en alcoholes y solventes.

Absorción y metabolismo de los carotenoides y de la vitamina A

Cuando los carotenoides y ésteres de retinol dietéticos se liberan de los alimentos al intestino delgado, se transforman de estar en grandes gotas lipídicas en micelas de lípidos, compuestas principalmente de sales biliares, ácidos grasos libres, monoglicéridos y fosfolípidos. Estas son absorbidas por las células mucosas, los enterocitos que recubren el duodeno, por difusión pasiva con una velocidad de difusión que se determina por el gradiente de concentración entre las micelas de lípidos y la membrana plasmática del enterocito. Este proceso de absorción puede verse afectado por la presencia de factores dietéticos, por ejemplo la fibra soluble (Rock y Swendseid, 1992) o por la ingestión de altas dosis de β -caroteno (Johnson y Russell, 1992).

En los enterocitos, los carotenoides dietéticos se incorporan directamente en los quilomicrones ricos en triacilgliceroles o primero se someten a la conversión por escisión central o excéntrica para producir ésteres de retinol, que se secretan con los carotenoides en los quilomicrones.

Los ésteres de retinol dietéticos, por ejemplo, el acetato y el palmitato de retinol, son hidrolizados a retinol por las enzimas hidrolasas antes de la absorción en los enterocitos. Una vez tomados por los enterocitos, son reesterificados a palmitato de retinol y secretados al sistema linfático, también en forma de quilo-

micrones y transportados de la misma manera que los carotenoides.

Los quilomicrones son digeridos muy rápidamente por la lipoproteinlipasa en la circulación, dejando atrás remanentes de quilomicrones que son eliminados rápidamente por el hígado. En el hígado, algunos de los ésteres de retinol se almacenan como palmitato de retinol en las células estrelladas, o se convierten en retinol y se unen a las proteínas fijadores de retinol y nuevamente son liberados al torrente sanguíneo. Del mismo modo, las moléculas de carotenoides se adhieren a las lipoproteínas, que son liberadas al torrente sanguíneo.

Fuentes de vitamina A

Las principales fuentes de vitamina A en la dieta son la vitamina A preformada derivada de los productos de origen animal, y los carotenoides provitamina A, por ejemplo, el α - y el β -caroteno, que se encuentran en las frutas y vegetales de color anaranjado y en los vegetales de hojas verde oscuro. El cálculo para la medición del valor total de vitamina A de un alimento se basa en una ecuación desarrollada por el Instituto de Medicina (Institute of Medicine, 2001) (Figura 4). Donde $12\mu\text{g}$ de β -caroteno y $24\mu\text{g}$ de otras provitaminas (por ejemplo, α -caroteno, β -criptoxantina) en los alimentos tienen cada uno el mismo equivalente de actividad de retinol (EAR) que $1\mu\text{g}$ de retinol. Ejemplos del contenido de carotenoides de ciertos alimentos y sus respectivos valores de EAR se muestran en la Tabla 1.

La estrategia potencialmente sostenible para mejorar el estado de la vitamina A mediante el mejoramiento alimentario depende de la biodisponibilidad de los nutrientes de los vegetales y, sin una buena información acerca de la biodisponibilidad, es difícil hacer recomendaciones estratégicas. Con base en

Valor de vitamina A =

$$\mu\text{g retinol} + \frac{\mu\text{g } \beta\text{-caroteno}}{12} + \frac{\text{otras provitaminas}}{24} \quad (1)$$

Figura 4. La vitamina A en valor de los alimentos

**Tabla 1.** Contenido de carotenoides y EAR en alimentos.

Alimentos	α -caroteno (mg/100g)	β -caroteno (mg/100g)	Equivalente de actividad del retinol (EAR)/100g ⁽¹⁾	Referencias
Arroz dorado (crudo, cocinado)	NP	0,77	NA	Tang <i>et al.</i> (2009)
Vegetales de hojas	NI	NI	343	Solomons y Orozco (2003) ³
Batata de pulpa anaranjada (β -C equivalentes) ⁽²⁾	NI	5,0-11,28 ^{(2),a}	100-1600 ^b	Hotz <i>et al.</i> (2011) ^(a) Low <i>et al.</i> (2006) ^(b)
Zanahorias (crudas)	2,0-5,0	4,6-12,5	466-1250	Ong y Tee (1992)
Red palm oil (crude, Carotino Oil)	17,0-24,5	28,0-42,0 ^(c)	18,420	You <i>et al.</i> (2002) ^{(3) c}
Red palm oil (Carotino Oil)	17,5	28,0 ^(d)		Solomons y Orozco (2003) ^{(3) d}

1. Valores de EAR aproximados.

2. Equivalencia de β -Caroteno calculada como (todo-*trans*- β -Caroteno x 1) + (*cis*- β Caroteno x 0,5)

3. Modificado de Scrimshaw (2000)

NP= no presenta

NI = no proporciona información

los experimentos de Sheffield (Hume y Krebs, 1949), la cantidad de β -caroteno que se requiere para obtener $1\mu\text{g}$ de retinol se fijó en $6\mu\text{g}$ en el informe FAO/WHO 1967. No obstante, investigaciones recientes han señalado que este valor es una sobreestimación de lo que es la biodisponibilidad real de los alimentos. Varios factores, tales como la matriz y la especie del vegetal, la cantidad de caroteno absorbido en la comida y los efectores de absorción (West y Castenmiller, 1998) influyen en esto.

El término biodisponibilidad se define como el porcentaje del nutriente ingerido que se utiliza para las funciones fisiológicas normales o el almacenamiento (Jackson, 1997). Un gran número de factores pueden afectar la biodisponibilidad de los carotenoides y de la vitamina A de los vegetales y puede aplicarse el acrónimo mnemotécnico 'SLAMENGIH', en inglés, (West y Castenmiller, 1998; van Het Hof *et al.*, 2000; de Pee y West, 1996), donde S = *Species*, denota la especie del carotenoide; L = *Linkages* o uniones a nivel molecular; A = *Amount* o cantidad de carotenoides en una comida, M = la *Matriz* en la cual se encuentra el carotenoide, E = los *Efectores* de absorción, N = el estado de los *Nutrientes* del hospedador,

G = los factores *Genéticos*, H = los factores relacionados con el *Hospedador*; e I = las *Interacciones* entre estas variables.

Isótopos estables

El etiquetado de isótopos estables se ha utilizado para calcular el total de reservas de vitamina A en el cuerpo, para ayudar en la definición del comportamiento metabólico *in vivo* de los carotenoides y de la vitamina A en términos de los compartimentos para la modelación matemática, y para obtener información cualitativa y cuantitativa sobre la biodisponibilidad, la bioconversión y el metabolismo de posabsorción de los carotenoides (Novotny *et al.*, 1995; Swanson *et al.*, 1996).

La Figura 5 muestra un modelo simplificado del metabolismo de la vitamina A y los carotenoides (Swanson *et al.*, 1996). Ejemplos de los compartimentos utilizados para modelar el metabolismo de los carotenoides y de la vitamina A son:

- Los enterocitos, que son el sitio principal para la absorción del β -caroteno y del retinol, y para la bioconversión del β -caroteno en retinol.
- Los quilomicrones, que son los portadores de

la lipoproteína y la proteína fijadora de retinol para transferir los compuestos en la circulación sanguínea de un compartimento a otro.

- El hígado, que es el principal sitio de almacenamiento del retinol y posiblemente un sitio para la bioconversión del β -caroteno en retinol. En el hígado hay dos tasas diferentes de recambio (*turnover*) como resultado de dos células hepáticas distintas, las células parenquimales y las estrelladas, que funcionan a diferentes tasas metabólicas. El procesamiento de las células estrelladas es más lento y por lo tanto el almacenamiento de retinol en estas células es por más tiempo.
- Los tejidos extrahepáticos para la utilización y el almacenamiento de β -caroteno.

En el modelo, los valores que se muestran numéricamente dentro de las cajas son tamaños de muestras (*pool sizes*) en μmol .

Las constantes de la tasa (por ejemplo, $k_{2,1}$) se muestran con subíndices que denotan la dirección del flujo de los materiales (es decir, a 2 de 1), con sus valores en unidades de d^{-1} .

Modelos típicos, como en la Figura 5, se han utilizado como base para determinar la información cualitativa y cuantitativa sobre la biodisponibilidad. Como resultado, se han diseñado comidas de prueba sencillas en estudios de referencia de isótopos estables, que han proporcionado información sobre sus equivalencias de vitamina A y caroteno. Como ejemplo, los sujetos fueron alimentados con zanahoria y espinaca cruda, que contiene 6mg de β -caroteno, con 20g (HF) o 1g (LF) de grasa añadida (Edwards *et al.*, 2001). Las dietas vegetales dieron una alta relación de equivalencia entre el β -caroteno y el retinol, siendo la más baja de 20:1 en la dieta con vegetales

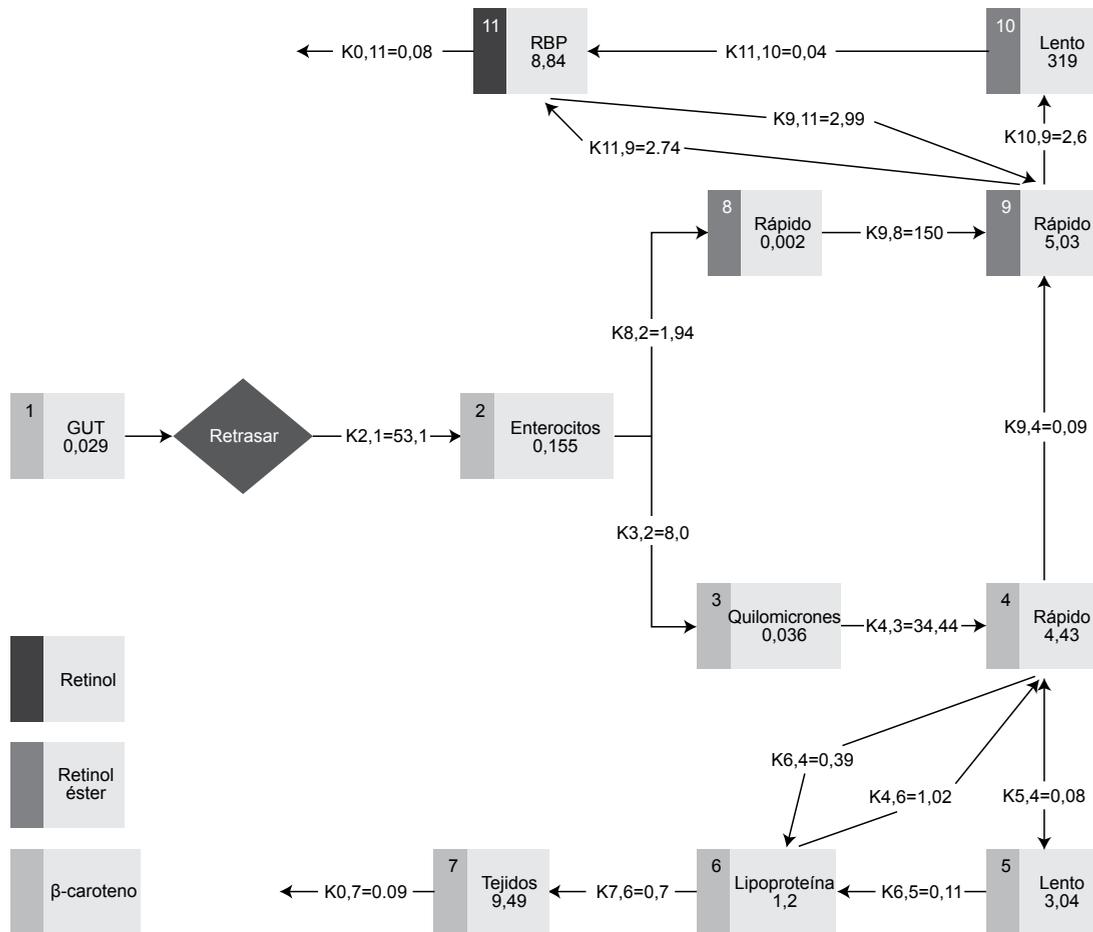


Figura 5. Modelo del metabolismo de los carotenoides y de la vitamina A (Novotny *et al.*, 1995).



crudos, rica en grasas, cuando se excluyó la contribución de α -caroteno. Este valor es considerablemente más bajo que el valor de 1.0 mg de retinol previsto por la relación de equivalencia de masa convencional de 12:1 entre el β -caroteno y el retinol derivado metabólicamente (Institute of Medicine, 2001). Este valor está respaldado por un hallazgo anterior, en el cual se midió una relación de 26:1 para los vegetales de hoja verde y zanahorias cocidos, que indicó que los vegetales pueden ser una baja fuente de vitamina A (de Pee *et al.*, 1995).

Asimismo, las comidas simples de prueba han tenido variaciones en sus métodos de procesamiento, por ejemplo, la comida comercial para bebés como puré (18,6mg todo-*trans*- β -caroteno, 7,5mg α -caroteno), hervida-machacada (18,6mg todo-*trans*- β -caroteno, 7,2mg α -caroteno), y cruda rallada (18,6mg todo-*trans*- β -caroteno, 6,5mg α -caroteno) (Edwards *et al.*, 2002). El rendimiento de retinol derivado de las dietas de vegetales procesados, cuando se calculó en relación con la dosis de referencia del acetato de retinol- $^2\text{H}_4$, fue mayor para la comida de puré de zanahoria ($0,53 \pm 0,2\text{mg}$) que para las preparaciones hervida-machacada ($0,44 \pm 0,17\text{mg}$) y cruda rallada ($0,43 \pm 0,27\text{mg}$), las dos últimas con valores similares. En general, el rendimiento de retinol aportado por el contenido de caroteno provitamina A de los vegetales fue $\sim 23\text{-}28\%$ menor que el Equivalente de Actividad de Retinol (EAR) esperado de 1,85mg, con base en los siguientes valores universalmente reportados, de 12:1 para β -caroteno y 24:1 para α -caroteno (Institute of Medicine, 2001).

También se han reportado relaciones de equivalencia inferiores entre el β -caroteno y el retinol, por ejemplo, una relación de 5,7:1 de una dosis pura de carotenos en el aceite de palma refinado (You, Parker y Swanson, 2002). Esto significa que 5,7 μg de β -caroteno tiene la misma actividad de vitamina A que 1 μg de retinol. Incluso se han logrado relaciones más bajas, en las cuales 1,25 μg de β -caroteno tiene la misma actividad de vitamina A que 1 μg de retinol (Lin *et al.*, 2000). Esto se midió a partir del plasma después de alimentar a los sujetos con una única dosis farmacológica de 10mg

de $^2\text{H}_6$ acetato de retinol y de 20mg de $^2\text{H}_6$ - β -caroteno en una cápsula de gelatina, que se ingirió con leche.

Los estudios han tendido a usar cantidades farmacológicas de carotenoides y ésteres de retinol puros etiquetados como dosis de referencia. Estos son llamados *etiquetas extrínsecas*, que son compuestos puros sintetizados químicamente, libres de cualquier matriz biológica y se pueden etiquetar en sitios específicos. Aunque estas técnicas son potencialmente útiles, sus principales limitaciones están asociadas con la perturbación de las reservas corporales producidas por las grandes dosis que se han requerido para dar relaciones de isótopos mensurables. Se han diseñado enfoques alternativos para medir la biodisponibilidad de la vitamina A, a través de los cuales se ha previsto la disponibilidad relativa de la vitamina A a partir de dosis intrínsecamente etiquetadas de material vegetal dadas a niveles psicológicos en comparación con una dosis de referencia extrínsecamente etiquetada. Hasta la fecha, se han realizado pocos estudios sobre el uso de los carotenoides intrínsecamente etiquetados suministrados a la población de estudio y se requiere más investigación en esta área, ejemplos de los cuales se incluyen ^{13}C -carotenoides en col rizada (Kelm *et al.*, 2001; Kurilich *et al.*, 2003), ^2H -licopeno en tomates (Tang *et al.*, 2005), ^2H -carotenoides en espinaca (Tang *et al.*, 1999; Tang *et al.*, 2005) intrínsecamente etiquetados y de zanahorias procesadas de forma diferente (Ghavami, Coward y Bluck, 2012).

Los estudios que incluyen el uso del etiquetado de isótopos estables indican que las relaciones en la ecuación (1) necesitan una nueva revisión (de Pee *et al.*, 1998; Tang *et al.*, 2005; Haskell *et al.*, 2004), por lo cual se han reportado grandes diferencias en el valor de equivalencia de β -caroteno:retinol para los alimentos (Tabla 2); por ejemplo, $\sim 26:1$ en vegetales de hoja verde salteados (de Pee *et al.*, 1998), 13,4:1 en batatas y 9,5:1 en espinaca india (Tang *et al.*, 2005), 30,4:1 y 13,8:1 en comidas con zanahoria cruda y salteada (Ghavami, Coward y Bluck, 2012), 14,8:1 en zanahorias cocinadas en microondas y 20,9:1 en espinacas

(Haskell *et al.*, 2004). Las diferencias en los valores pueden atribuirse a la matriz alimentaria, a la presencia de grasa en la dieta y a otros factores mencionados en 'SLAMENGI'.

Aceite de palma rojo

Aparte del uso de vegetales, una solución adicional basada en alimentos es el uso de aceite de palma rojo, derivado de la pulpa del fruto de la palma, para freír o utilizado como componente en la preparación de alimentos, como la margarina (Solomons, 1998 y van Stuijvenberg *et al.*, 2001). La medición de la efectividad del aceite de palma rojo como fuente potencial de vitamina A se ha investigado (You, Parker y Swanson, 2002; Solomons, 1998; Rice y Burns, 2010). El aceite de palma crudo contiene aproximadamente 500-700 ppm (McCance y Widdowson, 2002) de carotenoides, consistente en su mayoría de β -caroteno ($\sim 60\%$) y de α -caroteno ($\sim 34\%$), y es ampliamente utilizado en los países de África Occidental para cocinar y para el consumo local. Al ser un alimento libre de matriz, esto maximiza la biodisponibilidad de los carotenoides con un valor de equivalencia de β -caroteno:retinol reportado de 5,7:1 (You, Parker y Swanson, 2002).

Además, el consumo acumulado diario de aceite fue tan efectivo como una única dosis alta de suplemento de palmitato de retinol (Solomons, 1998 y Manorama *et al.*, 1996), y puede utilizarse para mejorar el estado de la vitamina A (You, Parker y Swanson, 2002; Solomons, 1998; Rice y Burns, 2010). Por consiguiente, el aceite tiene un buen potencial para expandir y desarrollar su uso para programas de alimentación suplementaria o como fortificante en el hogar para combatir la deficiencia de vitamina A en poblaciones objetivo.

Conclusión

Las investigaciones sobre isótopos estables se pueden aplicar a los grupos de población en los países en desarrollo que están en riesgo de deficiencia de vitamina A, y por consiguiente, miden la equivalencia de vitamina A a partir de los carotenoides provitamina A en los vegetales. Los alimentos se pueden preparar según las técnicas alimentarias tradicionales de los sujetos, o para evaluar el efecto de las técnicas de preparación de los alimentos, se pueden diseñar una variedad de métodos de preparación, es decir, preparar purés, rallar, freír, hervir.

Tabla 2. Relaciones de equivalencia de vitamina A en alimentos.

Alimentos	β -caroteno: retinol	Referencia
Cápsula que contiene dosis farmacológicas de: - Acetato de retinol $^2\text{H}_6$ (10 mg) - β -caroteno $^2\text{H}_6$ (20 mg)	2,3:1	Lin, Y. <i>et al.</i> (2000)
Arroz dorado (crudo, cocinado)	3,8:1	Tang, G. <i>et al.</i> (2009)
Aceite de palma rojo (carotino)	5,7:1	You, C.S. <i>et al.</i> (2002)
Papas dulces	6,3:1	Haskell, M.J. <i>et al.</i> (2004)
Espinaca india (<i>Basella alba</i>)	9,5:1	
β -caroteno puro en aceite	13,4:1	
Espinaca	13,8:1	Tang, G. <i>et al.</i> (2005)
Dieta de vegetales crudos (zanahoria, espinaca), alta grasa	20:1	Eduards, A.J. <i>et al.</i> (2001)
Vegetales de hojas verdes	26:1	de Pee, S. <i>et al.</i> (2012)
Zanahorias crudas	30,4:1	Ghavami, A. <i>et al.</i> (2012)
Zanahorias fritas	13,8:1	



Los hallazgos de esta y de recientes investigaciones se pueden utilizar para reevaluar las recomendaciones propuestas por el Instituto de Medicina sobre el valor de la vitamina A de los carotenoides provitamina A en las comidas vegetales. La baja biodisponibilidad de vitamina A de los vegetales sugiere que puede ser necesario que otros alimentos dietéticos, es decir, el uso de aceite de palma rojo, u otras estrategias, esto es, la suplementación de vitamina A, se utilicen conjuntamente con los vegetales.

Los retos asociados con el uso de aceite de palma rojo son específicos por país y se relacionan con los hábitos alimentarios locales y la aceptabilidad por parte de los consumidores, las características sensoriales del aceite, su almacenamiento y estabilidad, y la disponibilidad y el precio. Además, se deben hacer mayores consideraciones para mejorar la eficiencia en el procedimiento y la producción del aceite para maximizar su rendimiento.



Bibliografía

- de Pee, S.; West, C.E.; Muhilal, K.D. y Hautvast, J.G. 1995. Lack of improvement in vitamin A status with increased consumption of dark-green leafy vegetables. *Lancet* 346, 75-81.
- de Pee, S.; West, C.E.; Permaesih, D.; Martuti, S.; Muhilal y Hautvast, J.G. 1998. Orange fruit is more effective than are dark-green, leafy vegetables in increasing serum concentrations of retinol and β -carotene in schoolchildren in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 68, 1058-1067.
- Edwards, A.J.; Nguyen, C.H.; You, C.S.; Swanson, J.E.; Emenhiser, C. y Parker, R.S. 2002. α - and β -carotene from a commercial puree are more bioavailable to humans than from boiled-mashed carrots, as determined using an extrinsic stable isotope reference method. *J Nutr* 132, 159-167.
- Edwards, A.J.; You, C.S.; Swanson, J.E. y Parker, R.S. 2001. A novel extrinsic reference method for assessing the vitamin A value of plant foods. *Am J Clin Nutr* 74, 348-355.
- FAO/WHO. 1967. Requirements of vitamin A, thiamine, riboflavin, and niacin. Geneva/Rome: Joint FAO-WHO Expert Committee on Nutrition. *FAO Nutr Meet Rep Ser* 42, 1-114.
- Ghavami, A.; Coward, W.A. y Bluck, L.J.C. 2012. The effect of food preparation on the bioavailability of carotenoids from carrots using intrinsic labelling. *Br J Nutr* 107, 9, 1350-1366.
- Gillespie, S. y Mason, J. 1994. Nutrition Policy Discussion Paper No. 14, Controlling Vitamin A Deficiency: A Report based on the ACC/SCN Consultative Group; Meeting on Strategies for the Control of Vitamin A Deficiency, pp. 1-81. Ottawa, Canada: United Nations UNIES, Administrative Committee on Coordination-Subcommittee on Nutrition.
- Haskell, M.J.; Jamil, K.M.; Hassan, F.; Peerson, J.M.; Hossain, M.I.; Fuchs, G.J. y Brown, K.H. 2004. Daily consumption of Indian spinach (*Basella alba*) or sweet potatoes has a positive effect on total-body vitamin A stores in Bangladeshi men. *Am J Clin Nutr* 80, 3, 705-714.
- Hotz, C.; Loechi, C.; de Brauw; Eozenou, P.; Gilligan, D.; Moursi, M.; Munhaua, B.; van Jaarsveld, P.; Carriquiry, A. y Meenakshi, J.V. 2012. A large-scale intervention to introduce orange sweet potato in rural Mozambique increases vitamin A intakes among children and women. *Br J Nutr* 108, 1, 163-176.
- Hume, E.M. y Krebs, H.A. 1949. Vitamin A Requirement of Human Adults. An Experimental Study of Vitamin A Deprivation in Man. A Report of the Vitamin A Sub-Committee of the Accessory Food Factors Committee., pp. 145. London: Medical Research Council.
- Institute of Medicine. 2001. Panel on Micronutrients. Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and of Interpretation and Use of Dietary Reference Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, DC: National Academy Press.
- Jackson, M.J. 1997. The assessment of bioavailability of micronutrients: introduction. *Eur J Clin Nutr* 51, Suppl 1: S1-2.
- Johnson, E.J. y Russell, R.M. 1992. Distribution of orally administered β -carotene among lipoproteins in healthy men. *Am J Clin Nutr* 56, 128-135.
- Kelm, M.A.; Flanagan, V.P.; Pawlosky, R.J.; Novotny, J.A.; Clevidence, B.A. y Britz, S.J. 2001. Quantitative determination of ^{13}C -labeled and endogenous β -carotene, lutein, and vitamin A in human plasma. *Lipids* 36, 1277-1282.
- Kurilich, A.C.; Britz, S.J.; Clevidence, B.A. y Novotny, J.A. 2003. Isotopic labeling and LC-APCI-MS quantification for investigating absorption of carotenoids and phyloquinone from kale (*Brassica oleracea*). *J Agric Food Chem* 51, 4877-4883.

- Lin, Y.; Dueker, S.R.; Burri, B.J.; Neidlinger, T.R. y Clifford, A.J. 2000. Variability of the conversion of β -carotene to vitamin A in women measured by using a double-tracer study design. *Am J Clin Nutr* 71, 1545-1554.
- Low, J.W.; Arimond, M.; Osman, N.; Cunguara, B.; Zano, F. y Tschirley, D. 2007. A food-based approach introducing orange-fleshed sweet potatoes increased vitamin A intake and serum retinol concentrations in young children in rural Mozambique. *J Nutr* 137, 5, 1320-1327.
- Manorama, R.; Brahman, G.N.V. y Rukmini, C. 1996. Red palm oil as a source of β -carotene for combating vitamin A deficiency. *Plant Foods For Human Nutrition* 49, 75-82.
- Muhilal, M. A.; Azis, I.; Saidin, S.; Jahari, A.B. y Karyadi, D. 1989. Vitamin A-fortified monosodium glutamate and vitamin A status: a controlled field trial. *Int J Vitam Nutr Res Suppl* 30, 37-41.
- Novotny, J.A.; Dueker, S.R.; Zech, L.A. y Clifford, A.J. 1995. Compartmental analysis of the dynamics of β -carotene metabolism in an adult volunteer. *J Lipid Res* 36, 1825-1838.
- Ong, A.S.H. y Tee, E.S. 1992. Natural sources of carotenoids from plants and oils. *Methods Enzymol* 213, 142-167.
- Rice, A.L.; Burns, J.B. 2010. Moving from Efficacy to Effectiveness: Red Palm Oil's Role in Preventing Vitamin A Deficiency. *Journal of the American College of Nutrition* 29, 3, 302S-313S.
- Rock, C.L. y Swendseid, M.E. 1992. Plasma β -carotene response in humans after meals supplemented with dietary pectin. *Am J Clin Nutr* 55, 96-99.
- Scrimshaw, N.S. 2000. Nutritional potential of red palm oil for combating vitamin A deficiency. *Food and Nutrition Bulletin* 21, 2, 195-201.
- Solomons, N.W. 1998. Plant sources of vitamin A and human nutrition: red palm oil does the job. *Nutr Rev* 56, 309-311.
- Solomons, N.W. y Orozco, M. 2003. Alleviation of vitamin A deficiency with palm fruit and its products. *Asia Pacific J Clin Nutr* 12, 3, 373-384.
- Sommer, A. y West, K. Jr. 1996. *Vitamin A Deficiency: Health, Survival, and Vision*. Oxford: Oxford University Press, Inc.
- Sommer, A.; Katz, J. y Tarwotjo, I. 1984. Increased risk of respiratory disease and diarrhea in children with pre-existing mild vitamin A deficiency. *Am J Clin Nutr* 40, 1090-1095.
- Sommer, A.; Tarwotjo, I.; Hussaini, G. y Susanto, D. 1983. Increased mortality in children with mild vitamin A deficiency. *Lancet* 2, 585-588.
- Swanson, J.E.; Wang, Y.Y.; Goodman, K.J. y Parker, R.S. 1996. Experimental approaches to the study of β -carotene metabolism: potential of a ^{13}C tracer approach to modeling β -carotene kinetics in humans. *Adv Food Nutr Res* 40, 55-79.
- Tang, G.; Ferreira, A.L.; Grusak, M.A.; Qin, J.; Dolnikowski, G.G.; Russell, R.M. y Krinsky, N.I. 2005. Bioavailability of synthetic and biosynthetic deuterated lycopene in humans. *J Nutr Biochem* 16, 229-235.
- Tang, G.; Grusak, M.A.; Qin, J.; Dolnikowski, G.G. y Russell, R.M. 1999. Vitamin A activity of spinach determined by isotope reference method. Report of the XIX International Vitamin A Consultative Group meeting. *ILSI*.
- Tang, G.; Qin, J.; Dolnikowski, G.G. *et al.* 2009. Golden Rice is an effective source of vitamin A. *Am J Clin Nutr* 89, 1776-83.
- Tang, G.; Qin, J.; Dolnikowski, G.G.; Russell, R.M. y Grusak, M.A. 2005. Spinach or carrots can supply significant amounts of vitamin A as assessed by feeding with intrinsically deuterated vegetables. *Am J Clin Nutr* 82, 821-828.
- van Het Hof, K.H.; West, C.E.; Weststrate, J.A. y Hautvast, J.G. 2000. Dietary Factors That Affect the Bioavailability of Carotenoids. *J Nutr* 130, 503-506.
- West, C.E. y Castenmiller, J.J. 1998. Quantification of the "SLAMENGIH" factors for carotenoid bioavailability and bioconversion. *Int J Vitam Nutr Res* 68, 371-377.
- West, C.E. y Poortvliet, E.J. 1993. The Carotenoid Content of Foods with Special reference to Developing Countries. Arlington: Vitamin A Field Support Project (VITAL) [Online]. Available at: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABR428.pdf (Accessed on: 17th Ju
- West, K.P.; Katz, J.; Khatry, S.K.; LeClerq, S.C.; Pradhan, E.K.; Shrestha, S.R.; Connor, P.B.; Dali, S.M.; Christian, P.; Pokhrel, R.P. y Sommer, A. 1999. Double blind, cluster randomised trial of low dose supplementation with vitamin A or β -carotene on mortality related to pregnancy in Nepal. The NNIPS-2 Study Group. *BMJ* 318, 570-575.
- WHO. 2009. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995-2005. *WHO Global Database on Vitamin A Deficiency*. Geneva, World Health Organisation.
- You, C.S.; Parker, R.S. y Swanson, J.E. 2002. Bioavailability and vitamin A value of carotenes from red palm oil assessed by an extrinsic isotope reference method. *Asia Pac J Clin Nutr* 11, S438-442.
- Zeba, A.N.; Martin, P.Y.; Some, I.T.; Delisle, H.F. 2006. The positive impact of red palm oil in school meals on vitamin A status: study in Burkina Faso. *Nutr J* 5, 17.
- de Pee, S. y West, C.E. 1996. Dietary carotenoids and their role in combating vitamin A deficiency: a review of the literature. *Eur J Clin Nutr* 50, Suppl 3: S38-53.
- McCance, R.A. y Widdowson, E.M. 2002. *McCance and Widdowson's The Composition of Foods*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Reinersdorff, D.V.; Bush, E. y Liberato, D.J. 1996. Plasma kinetics of vitamin A in humans after a single oral dose of [8,9,19- ^{13}C]retinyl palmitate. *J Lipid Res* 37, 1875-1885.
- van Stuijvenberg, M.E.; Dhansay, M.A.; Lombard, C.J.; Faber, M. y Benade, A.J. 2001. The effect of a biscuit with red palm oil as a source of beta-carotene on the vitamin A status of primary school children: a comparison with beta-carotene from a synthetic source in a randomised controlled trial. *Eur J Clin Nutr* 55, 8, 657-662.