

Eloy Rodríguez de León, Marcela Valle Moreno y Moustapha Bah

Carotenoides en la leche humana

Los carotenoides son nutrientes esenciales para el ser humano, ya que ayudan a mantener una buena salud y a prevenir diversas enfermedades. La presencia de estos compuestos en la leche materna contribuye al desarrollo neurológico y, en específico, algunos actúan como precursores de la vitamina A, una razón más para considerarla el mejor alimento para los infantes.

Leche materna y carotenoides

La leche materna es una fuente muy completa de nutrimentos, por su contenido de micro y macronutrientes, en adición a factores de crecimiento, anticuerpos, sustancias bioactivas como la lactoferrina, lisozima e inmunoglobulinas. Estas últimas le confieren propiedades antimicrobianas, esto es, que inhiben el crecimiento de algunos microorganismos potencialmente dañinos, como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Candida* sp. En la leche materna se encuentra también una gran cantidad de oligosacáridos y proteínas inmunológicas que ayudan a evitar el desarrollo de virus, hongos y bacterias; asimismo, contiene ácidos grasos esenciales y una amplia variedad de **fitoquímicos**, entre ellos los carotenoides.

Los carotenoides son sumamente importantes en la naturaleza, ya que forman parte de la maquinaria fotosintética de las plantas y de algunos microorganismos. Además, estas moléculas son esenciales para el cuerpo humano, porque ayudan a mantener una buena salud y a prevenir distintas enfermedades. Asimismo, estos fitoquímicos han cobrado importancia debido a sus diversas aplicaciones, tales como colorantes naturales en la industria avícola, acuícola y cosmética, así como aditivos con valor nutrimental y con efectos benéficos para la salud (nutracéuticos) en la industria alimentaria y como suplementos e ingredientes activos en la industria farmacéutica.

Hasta el año 2018 se habían reportado alrededor de 850 carotenoides en la naturaleza, de los cuales 250 son de origen marino. Estos compuestos son los principales responsables de los colores brillantes en algunos organismos; la gama de coloraciones provenientes de estas moléculas va del amarillo al rojo. Por

Fitoquímicos

Compuestos producidos por las plantas, los cuales cumplen con funciones de defensa, crecimiento, metabolismo y supervivencia, entre otras.





Figura 1. Carotenoides en la naturaleza.

ejemplo, los carotenoides están presentes en el plumaje de algunas aves, las escamas de ciertos peces y una gran diversidad de frutos y vegetales, como la zanahoria, la papaya, el mamey, los tomates, los pimientos, entre muchos otros (véase la Figura 1).

Debido a que estos compuestos no son sintetizados en el cuerpo humano, son considerados micronutrientes esenciales, los cuales deben estar presentes en los alimentos dirigidos a los neonatos. En la leche materna se han identificado más de 30 carotenoides. Algunos de ellos, como el α -caroteno, el β -caroteno y la β -criptoxantina, son precursores de la vitamina A para los lactantes. Otras xantófilas como la luteína y la zeaxantina son los pigmentos responsables de la coloración amarilla de la mácula lútea y se acumulan de manera selectiva en esta zona del ojo humano (véase el Recuadro 1).

Tetraterpenos

Compuestos que en su estructura química poseen 40 átomos de carbono y 56 de hidrógeno. Los tetraterpenos son representados por un solo grupo de compuestos, los carotenoides.

Los carotenoides son una familia de **tetraterpenos**; esto es, moléculas que poseen en su estructura química 40 átomos de carbono y se pueden clasificar en dos grupos con base en su estructura química: los carotenos y las xantófilas. Los primeros son moléculas constituidas únicamente por carbono e hidrógeno; entre éstos se encuentran el α -caroteno, el β -caroteno y el licopeno. Los compuestos del segundo grupo están constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno; entre éstos se encuentran la luteína, la zeaxantina, la β -criptoxantina y la astaxantina (véase la Figura 2).

■ **Clasificación de la leche materna y su relación con el contenido de carotenoides**

■ La leche humana se clasifica principalmente en dos estadios: calostro (primera secreción láctea produ-

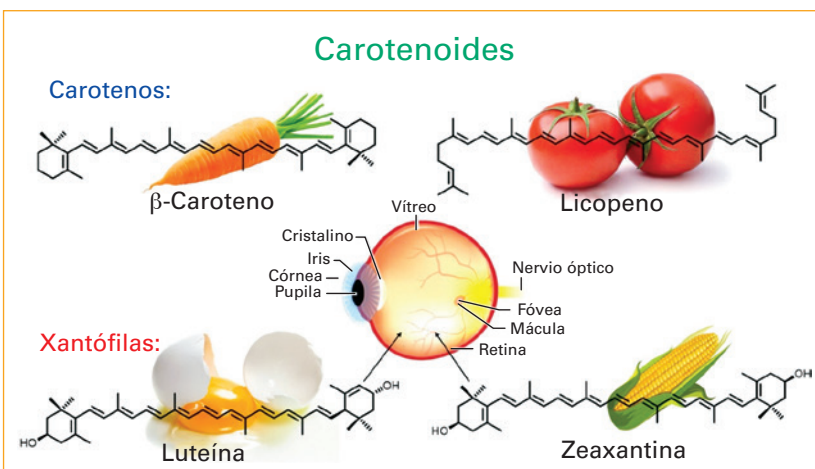


Figura 2. Clasificación de los carotenoides.

Recuadro 1. Carotenoides y salud ocular en neonatos

La presencia de carotenoides en la retina es muy importante para la protección contra el estrés oxidativo provocado por la luz azul de alta energía proveniente del sol. El estrés oxidativo, al cual un infante está sujeto en el nacimiento, ha sido considerado un factor de riesgo en la etiología del daño del sistema visual. Además, la luteína presente en la leche materna puede ayudar a mejorar la adapta-

ción del recién nacido a la exposición de la luz, tras el periodo de oscuridad experimentado en el interior del útero. Los infantes son más susceptibles que los adultos al daño provocado por la luz azul; por lo tanto, la rápida acumulación de luteína y zeaxantina en la mácula durante la vida temprana posnatal puede ser relevante para la salud ocular.

cida después del nacimiento hasta el día 7 de lactancia) y leche madura (del día 15 hasta el término de la lactancia); adicionalmente, algunos autores consideran una tercera etapa, denominada leche de transición, intermedia entre el calostro y la leche madura (véase la Figura 3).

Algunos estudios han propuesto que los carotenoides son transportados activamente desde el plasma sanguíneo hasta la leche. Una investigación hecha en madres durante el primer mes de posparto reportó que la concentración de luteína y zeaxantina en la leche se encuentra elevada durante este tiempo y luego decrece en los meses posteriores. Sin embargo, la cantidad de estos compuestos en el plasma permanece sin cambios. Otro estudio ha encontrado que la concentración de estas xantófilas presentes en la leche se encuentra elevada entre los días 4 y 19 de lactancia, en comparación con la concentración de otros carotenoides.

Cuando los infantes son alimentados predominantemente con leche materna, la concentración

en plasma de los carotenoides luteína y zeaxantina se encuentra incrementada en el primer mes de vida, mientras que la concentración de dichos compuestos es menor en aquellos infantes que han sido alimentados exclusivamente con fórmula láctea. Una tendencia similar se observa en la concentración en plasma del β -caroteno, licopeno y β -criptoxantina.

Asimismo, otra investigación reportó que las xantófilas β -criptoxantina, luteína y zeaxantina presentes en la leche materna se encuentran (hasta en 12% del total) unidas a diversos ácidos grasos esenciales (ésteres), tales como el oleico, el linoleico, el linolénico, el araquidónico y el eicosanoico. Es importante mencionar que estos ésteres sólo se han encontrado en el calostro, mientras que en la leche madura no se han detectado (véase la Figura 4a).

En un estudio que cuantificó el contenido total de carotenos y xantófilas en el calostro y en la leche madura de madres lactantes con neonatos en etapa

Plasma

Es el componente líquido de la sangre en el que están suspendidos los glóbulos rojos, los leucocitos y las plaquetas.



Figura 3. Clasificación de la leche materna. El calostro posee un color amarillo distintivo, debido a que contiene aproximadamente cinco veces más carotenoides que la leche madura.

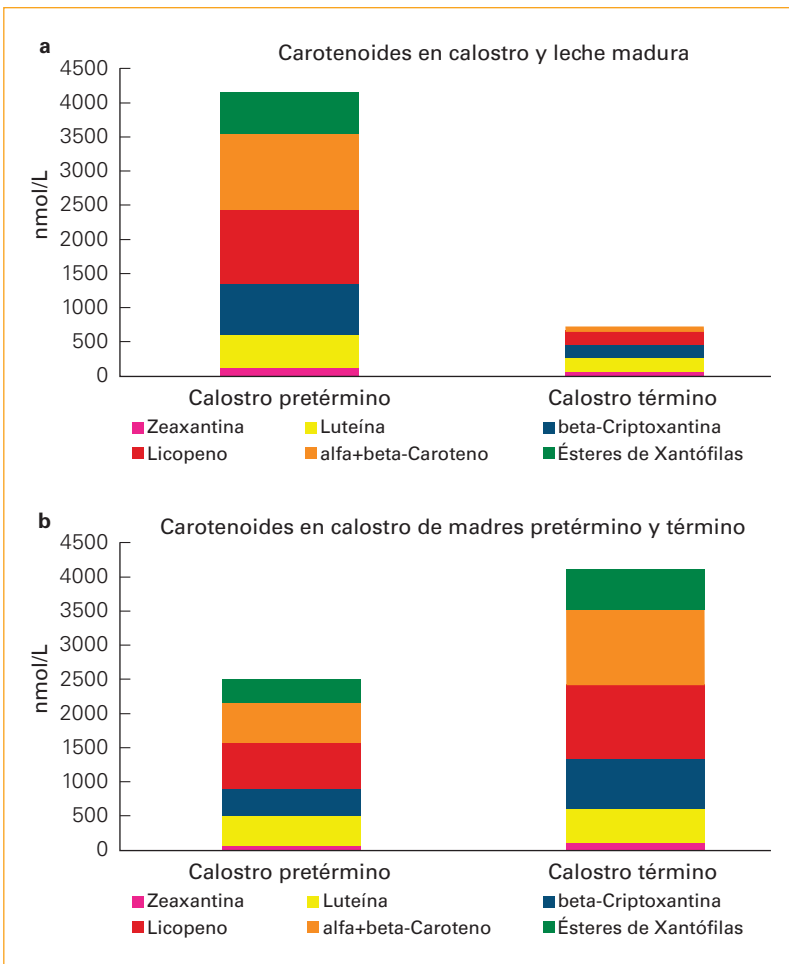


Figura 4. Análisis de la concentración de carotenoides en leche materna.

de término (después de cumplidas las 37 semanas de edad gestacional) y pretérmino (prematuros, nacidos antes de las 37 semanas), se encontró que los niveles de estos compuestos en el calostro son significativamente mayores que en la leche madura (véase la Figura 4a). Por otra parte, al comparar entre el calostro de ambos grupos (término y pretérmino), se encontró que la leche de las madres de término presenta una mayor cantidad de carotenoides totales (4 114 nmol/L) que la de las madres de bebés prematuros (2 501 nmol/L) (véase la Figura 4b).

Efectos benéficos de la lactancia y alternativas (bancos de leche humana)

A la fecha se sabe que algunos componentes esenciales para la nutrición de los lactantes están directamente relacionados con el consumo por parte de la

madre; es decir, hay una estrecha relación entre los hábitos alimenticios maternos y la composición de la leche. Esto ocurre en el caso de los carotenoides. Debido a que estos compuestos se encuentran principalmente en plantas y no pueden ser sintetizados en el cuerpo humano, es necesario que provengan de la dieta de la madre.

Sin duda, la leche materna es la principal fuente de nutrimentos para los infantes; sobre todo durante los primeros meses de vida. Sin embargo, la lactancia no siempre es posible, por lo que a veces se requiere de una alimentación suplementaria. La donación de leche humana es la mejor alternativa para proveer a los infantes que carecen de leche viable de sus madres.

La Organización Mundial de la Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, en conjunto, respaldan la existencia de bancos de leche humana para promover y apoyar la lactancia materna y la donación de leche humana. La finalidad de estos centros especializados es establecer una reserva de leche materna para asegurar el derecho de los recién nacidos a una alimentación segura y oportuna de manera gratuita. La leche donada es pasteurizada para prevenir los riesgos potenciales de transmisión de patógenos. Los infantes principalmente beneficiados son aquéllos con bajo peso al nacer, prematuros, con algún tipo de enfermedad infecciosa, recién nacidos de madres con VIH, así como lactantes portadores de deficiencias inmunológicas.

Beneficios adicionales de los carotenoides en la leche materna

Además de las propiedades benéficas que hemos mencionado, se ha estudiado que la lactancia materna puede reducir el riesgo de desarrollar cáncer de mama en las mujeres que lactan por lo menos durante los primeros seis meses después del parto. Uno de los mecanismos que explica este efecto benéfico es la movilización de los carotenoides a la mama cuando la madre está lactando, así como su acumulación como consecuencia de dicho fenómeno. Por último, cabe destacar que a partir de investigaciones recientes se ha correlacionado la cantidad de estos pigmentos macula-

res con una mejor función cognitiva; así, la luteína es el carotenoide predominante en el cerebro del infante y contribuye a su desarrollo neurológico temprano.

Eloy Rodríguez de León

Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro.
eloy.rodriguez@uaq.mx

Marcela Valle Moreno

Banco de Leche Humana del Hospital General de San Juan del Río, Querétaro.
marcela.vallem@gmail.com

Moustapha Bah

Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro.
moubah@uaq.mx

Lecturas recomendadas

- Britton, G., H. Pfander y S. Liaaen-Jenses (eds.) (2009), *Carotenoids: Nutrition and Health*, vol. 5, Basel, BirkhäuserVerlag.
- Canfield, L. et al. (2003), "Multinational study of major breast milk carotenoids of healthy mothers", *European Journal of Nutrition*, 42:133-141.
- Cena, H. et al. (2009), "Lutein concentration in human milk during early lactation and its relationship with dietary lutein intake", *Public Health Nutrition*, 12: 1 878-1 884.
- Christien, L. et al. (2013), "The effect of UV-C Pasteurization on Bacteriostatic Properties and Immunological Proteins of Donor Human Milk", *Plos One*, 8:1-9.
- Costa, S. et al. (2015), "Lutein and zeaxanthin concentrations in formula and human milk from Italian mothers", *European Journal of Clinic Nutrition*, 69: 531-532.
- Lipkie, T. E. et al. (2015), "Longitudinal Survey of Carotenoids in Human Milk from Urban Cohorts in China, Mexico and the USA", *Plos One*, 10:1-14.
- Moaka, T. (2020), "Carotenoids as natural functional pigments", *Journal of Natural Medicines*, 74:1-16.
- Ríos, J. J. et al. (2017), "Xanthophyll esters are found in Human Colostrum", *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(10):1700296.
- Xavier, A. A. O. et al. (2018), "Carotenoid Content in Human Colostrum is Associated to Preterm/Full-Term Birth Condition", *Nutrients*, 10:1 654.
- Yahia, E. M. (ed.) (2018), *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health*, Chichester/Hoboken, John Wiley & Sons Ltd.

Recuadro 2. Contenido de carotenoides en leche de madres de diferentes países

Algunos estudios han medido la concentración de carotenoides en muestras de leche madura de madres sanas originarias de distintos países. En 2003 se llevó a cabo una investigación internacional que incluía a Australia, Canadá, Chile, China, Japón, México, Filipinas, el Reino Unido y Estados Unidos de América. Se encontró que el mayor contenido de carotenoides totales en la leche materna corresponde a Japón, seguido de México (véase la Figura 5a); cabe señalar que entre los nueve países estudiados existe una gran variación del contenido de estos compuestos en la leche materna. Otro análisis llevado a cabo durante 2015 en leche madura de madres de China, México y Estados Unidos de América muestra que la xantófila más abundante en todas las muestras es la luteína y que la concentración de carotenos y xantófilas fue más alta en las muestras de China, a excepción del licopeno (véase la Figura 5b).

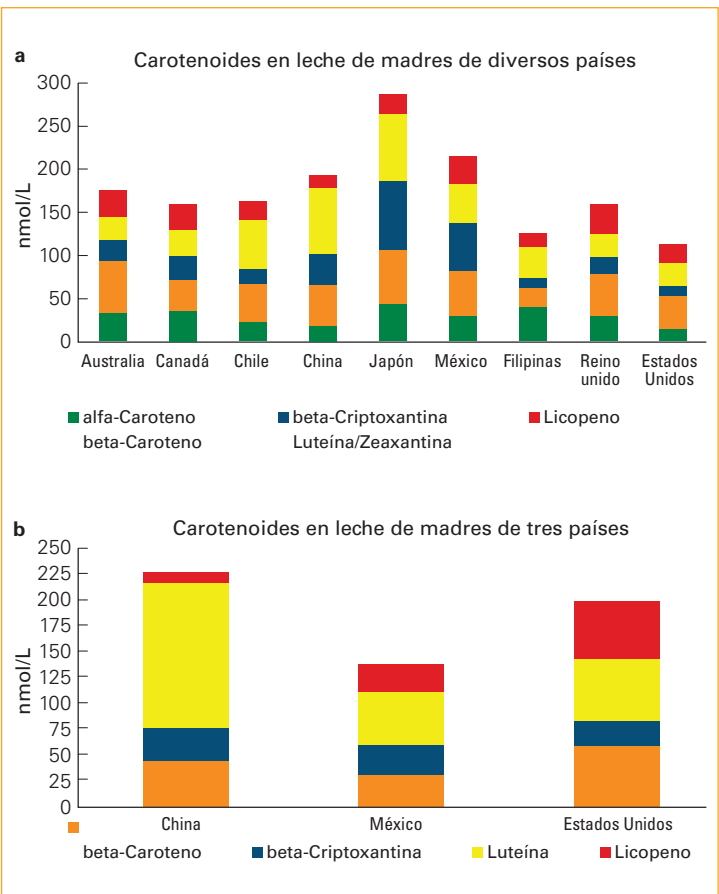


Figura 5. Análisis del contenido de carotenoides en leche de madres de diferentes países.