

La paradoja del hierro

The iron paradox

Por Elizabeth Brassea-Pérez¹, Vanessa Labrada-Martagón², José Pablo Vázquez-Medina³,
Ramón Gaxiola-Robles^{1,4}, Claudia J. Hernández-Camacho⁵ y Tania Zenteno-Savín^{1*}

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., Planeación Ambiental y Conservación, Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo Santa Rita Sur, 23096, La Paz, Baja California Sur, México.

²Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Chapultepec #1570, Col. Privadas del Pedregal. CP 78295, San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.

³University of California Berkeley, Harmon Way 1005, 94720-3140, Berkeley, California, U.S.A.

⁴Hospital General de Zona No.1. Instituto Mexicano del Seguro Social. 5 de Febrero y Héroes de la Independencia, Centro, La Paz, Baja California Sur, C.P. 23000. México.

⁵Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, 23096, La Paz, Baja California Sur, México.

*tzenteno04@cibnor.mx

Resumen

El hierro (Fe) es un micromineral abundante en nuestro planeta, el cual participa en procesos biológicos importantes como el transporte de oxígeno en la sangre y la formación del colágeno en los tejidos. A pesar de su disponibilidad en el ambiente y en diversos alimentos, la deficiencia de hierro en el cuerpo humano es común, pudiendo generar problemas de salud. La anemia ferropénica es una condición relacionada a una deficiencia de hierro, disminución en los niveles de hemoglobina y alteraciones en la morfología de las células encargadas de transportar oxígeno en nuestra sangre, los glóbulos rojos. Esta condición ocurre en todas las edades; sin embargo, su prevalencia es mayor en niños(as) menores de 2 años. Aunque puede inducirse por diversos factores, la anemia ferropénica se presenta en mayor medida en individuos con un estado nutricional de hierro insuficiente. Otras causas pueden ser la interacción del hierro con otros nutrientes, pérdidas o excreción y por requerimientos de crecimiento. A nivel mundial, es considerada un problema de salud pública, ya que conlleva a importantes implicaciones sobre la salud humana. Por lo que mantener los niveles adecuados de hierro en nuestro cuerpo a través de una dieta saludable es importante para nuestro crecimiento, salud y resistencia a enfermedades.

Palabras clave: anemia ferropénica, hierro, nutrición, salud, reacción de Fenton

Summary

Iron (Fe) is an abundant micromineral in our planet that participates in important biological processes, such as the transport of oxygen in the blood and the formation of collagen in the tissues. Despite its availability in the environment and a variety food items, iron deficiency in the human body is common and could lead to health issues. Iron-deficiency anemia is a condition related to iron deficiency, decrease in hemoglobin levels and alterations in the morphology of the cells responsible for transporting oxygen in our blood, the red blood cells. This condition occurs at all ages; however, its prevalence is higher in children under 2 years old. Although it can be induced by various factors, iron deficiency anemia occurs to a greater rate in individuals with an insufficient iron nutritional status. Other causes may be the interaction of iron with other nutrients, losses or excretion and growth requirements. Globally, it is considered a public health problem, as it has important implications on human health. Therefore, maintaining adequate levels of iron in our body through a healthy diet is important for our development, health, and resistance to diseases.

Keywords: Iron, iron-deficiency anemia, Fenton's reaction, health, nutrition

¿Sabías que, a pesar de que el hierro es un mineral abundante en el cuerpo humano, uno de cada cuatro niños en México padece de anemia por deficiencia de este elemento?

El hierro (Fe) es el cuarto elemento más abundante en la Tierra; podemos encontrar hasta 54 kg de este mineral por tonelada de corteza terrestre (Ramírez-Ortega y San José-Arango, 2001). El hierro rara vez se encuentra de forma

libre; podemos encontrarlo unido a otros elementos, por ejemplo, unido a oxígeno en el compuesto óxido de hierro (Fe_2O_3). En la naturaleza existen dos tipos de hierro disponible para los seres vivos o biodisponible, (1) el hierro de origen animal o hemínico, y (2) el hierro de origen vegetal o no hemínico (González Urrutia, 2005). El hierro hemínico se encuentra en carnes rojas, hígado y mariscos, así como en la leche materna, entre otros; mientras que el hierro no hemínico se encuentra en espinacas, frijoles y betabel, por mencionar algunos ejemplos (Ross et al., 2012).

La disponibilidad del hierro en los diferentes alimentos varía. Por ejemplo, el pollo contiene hasta 12.17 μg de hierro por cada gramo de carne, mientras que los frijoles contienen hasta 40.92 μg por cada gramo de semillas (Fakayode et al., 2012). A pesar de esta gran disponibilidad, tanto en la tierra como en

muchos alimentos, uno de cada cuatro niños menores de 2 años padece de condiciones o enfermedades asociadas a la deficiencia de hierro, como lo es la anemia ferropénica (Instituto Mexicano del Seguro Social, 2019). Es el tipo de anemia más común (Comité Nacional de Hematología, et al., 2017), y puede derivar en un mal desarrollo intelectual, que puede ser irreversible si no es tratado antes de los 2 años (Cruz-Góngora et al., 2013). La anemia ferropénica también puede presentarse en mujeres embarazadas, donadores de sangre frecuentes y personas que padecen de enfermedades crónicas como artritis reumatoide, cáncer, lupus, VIH/SIDA, colitis ulcerativa y diabetes, entre otras (Fraenkel, 2017).

En México, la población más vulnerable a presentar anemia son los niños menores de 6 años y escolares de zonas marginadas donde

prevalece la población indígena. Por otro lado, gracias a algunos programas de ayuda social por parte del gobierno federal, como *Oportunidades*, se observó una disminución de la prevalencia de anemia ferropénica en los menores beneficiados durante el período 2006-2012 (Cruz-Góngora et al., 2013). Esto pudiera demostrar que tener acceso a una buena alimentación es esencial en la mitigación de la anemia por deficiencia de hierro.

La absorción y aprovechamiento de los tipos de hierro depende de su solubilidad en agua, es decir, mientras más soluble es, resulta más sencillo para nuestro cuerpo transportarlo a las células para su aprovechamiento (González Urrutia, 2005). Dentro de nuestro cuerpo, el hierro forma parte del grupo hemo, el cual es indispensable para llevar a cabo las funciones biológicas de ciertas proteínas y enzimas. Por ejemplo, el grupo hemo (componente no aminoacídico de una proteína conjugada) se encuentra dentro de la estructura de la hemoglobina; esta proteína está contenida en los glóbulos rojos y le da su característico color. Gracias a este grupo, la hemoglobina cumple su función como transportadora de oxígeno, el cual viaja a todo nuestro cuerpo a través de la sangre que circula en las venas y arterias (Solomon et al., 2013). Además de intervenir en el transporte de oxígeno, el hierro también participa en otras funciones biológicas esenciales, como la producción de energía, como parte de la estructura de proteínas llamadas citocromos, y en la síntesis del ácido desoxirribonucleico (ADN) (Solomon et al., 2013).

Como podrás darte cuenta, mantener los niveles adecuados de hierro en el organismo es de vital importancia para el cuidado de nuestra salud. Quizá te estés preguntando ¿Cómo un micronutriente tan importante puede, en algunas ocasiones, hacernos falta?

Algunas afecciones en nuestro cuerpo surgen por carencias en una de las actividades más básicas de nuestro día a día, la buena alimentación. ¿Qué factores de riesgo contribuyen al desarrollo de una anemia ferropénica? Existen diversos factores que favorecen o predisponen la prevalencia de la anemia ferropénica. En México se ha observado que la prevalencia de anemia en menores de 1 a 4 años es mayor (23.3%) que en adultos (5.6%) (Cruz-Góngora et al., 2013).

Estas diferencias se deben a que en los niños coinciden una serie de circunstancias que favorecen el desarrollo de este tipo de anemia como la lactancia materna exclusiva, situación en la que el hierro en la dieta de la madre pasará a la leche materna y ésta nutrirá al lactante. Otros factores son un rápido crecimiento sumado a una baja supervivencia de los eritrocitos, como ocurre en el caso de los bebés prematuros (Sánchez Ruiz-Cabello, 2012).

¿Y cómo darnos cuenta de que padecemos anemia?

Algunos de los síntomas de esta enfermedad son fatiga, debilidad, falta de aire, palidez de la piel, dolor de cabeza y falta de apetito, entre otros (Clark, 2008). Para revertir los síntomas es necesario aumentar la ingesta de hierro hemínico y no hemínico.

Otra forma de aumentar los niveles de hierro, aparte de los alimentos, es a través de suplementos de minerales, como el jarabe de sulfato ferroso, comúnmente indicado para tratar la anemia ferropénica en menores de 2 años.

Con el fin de incrementar su absorción, este suplemento es comúnmente acompañado de vitamina C o ácido ascórbico; ello aumenta la eficiencia del proceso de absorción del hierro en el intestino (Guija-Guerra et al., 2018). A pesar de los beneficios que nos provee la vitamina C, un desbalance entre las proporciones de sulfato ferroso y la vitamina C pueden provocar una reacción que libera radicales libres (agentes oxidantes), moléculas precursoras del estrés oxidativo (estrés causado por la oxidación de proteínas, lípidos y ácidos nucleicos por parte de agentes oxidantes) (Guija-Guerra et al., 2018) (fig. 1).

Esta reacción depende de las concentraciones relativas de ambos suplementos e interviene en la forma en la que ambos son absorbidos, por lo que se aconseja administrarlos por separado con una diferencia de varias horas. En la figura 2 se presenta de forma gráfica la reacción entre sulfato ferroso y vitamina C que produce la formación de radicales libres.



Figura 2. Reacción que ocurre al mezclar sulfato ferroso con vitamina C. Esta reacción genera radicales libres, que pueden desencadenar procesos de estrés oxidativo. El color café que se desarrolla en esta mezcla es indicador de la oxidación que ocurre por los radicales libres que se forman en la reacción entre el sulfato ferroso y la vitamina C.

En el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), en colaboración con el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR), la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) y la Universidad de California en Berkeley (UC Berkeley), trabajamos a través de la investigación científica por tu salud y la salud del futuro de México. Tú que leíste esta valiosa información no dudes en compartirla e incluir en tu dieta alimentos, de origen animal o vegetal, que te aporten hierro.



Figura 1. Reacción tipo Fenton al mezclar ácido ascórbico, conocido como vitamina C, y sulfato ferroso (FeSO_4). El sulfato ferroso contiene 20% de hierro (Fe) elemental el cual se oxida con facilidad (pierde electrones) formando ion férrico (Fe^{3+}). Este último reacciona con la vitamina C para formar ion ferroso (Fe^{2+}), dihidrógeno (2H^+) y radical ascorbato. La producción de estos radicales libres puede intervenir en la eficiencia de la absorción de ambos micronutrientes.

Agradecimientos:

A Lic. Gerardo Hernández, por el diseño gráfico editorial para este artículo

Referencias:

- Clark, S.F. (2008). Iron Deficiency Anemia. *Nutrition in Clinical Practice* 23: 128-141.
- Comité Nacional de Hematología, Oncología y Medicina Transfusional, Comité, Nacional de Nutrición. (2017). *Deficiencia de hierro y anemia ferropénica. Guía para su prevención, diagnóstico y tratamiento*. Texto completo. *Archivos Argentinos de Pediatría* 115: s68-s82.
- Cruz-Góngora, V. de la, Villalpando, S., Mundo-Rosas, V., Shamah-Levy, T. (2013). *Prevalencia de anemia en niños y adolescentes mexicanos: comparativo de tres encuestas nacionales*. *Salud Pública de México* 55: S180-S189.
- Fakayode, S.O., King, A.G., Yakubu, M., Mohammed, A.K., Pollard, D.A. (2012). *Determination of Fe Content of Some Food Items by Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS): A Guided-Inquiry Learning Experience in Instrumental Analysis Laboratory*. *Journal of Chemical Education* 89: 109-113.
- Fraenkel, P.G. (2017). *Anemia of Inflammation*. *Medical Clinics of North America* 101: 285-296.
- González Urrutia, R. (2005). *Biodisponibilidad del hierro*. *Revista Costarricense de Salud Pública* 14: 6-12.
- Guija-Guerra, H., Guija-Poma, E., Ponce-Pardo, J., Inocente-Camones, M., Camarena-Chavigur, L. (2018). *Generación de radicales libres por efecto de vitamina C sobre un jarabe antianémico de sulfato ferroso*. *Horizonte Médico (Lima)* 18: 35-41.
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (2019). *En México, uno de cada cuatro niños menores de cuatro años padece anemia*. IMSS. Disponible en: <http://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/201904/087>.
- Ramírez-Ortega, A., San José-Arango, C. (2001). *El hierro en la naturaleza*. *Anales de la Real Academia de Doctores* 5: 331-341.
- Ross, A.C., Caballero, B., Cousins, R.J., Tucker, K.L., Ziegler, T.R. (2012). *Modern Nutrition in Health and Disease*. Wolters Kluwer Health, Place of publication not identified.
- Sánchez Ruiz-Cabello, F.J. (2012). *Prevención y cribado de la ferropenia en lactantes*. *Pediatría Atención Primaria* 14: 75-82.

Solomon, E.P., Berg, L.R., Martin, D.W. (2013). *Biología: novena edición*. Cengage Learning Editores, México.

Cita:

Brassea-Pérez, E. Labrada-Martagón V., Vázquez-Medina J.P., Gaxiola-Robles, R., Hernández-Camacho C.J. y Zenteno-Savín T. 2022. La paradoja del hierro. Recursos Naturales y Sociedad, 2022. Vol. 8 (2): 11-17. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2022.08.08.02.0002>

Sometido: 8 de mayo de 2022

Revisado: 13 de junio de 2022

Aceptado: 18 de agosto de 2022

Editor asociado: M. en C. Baudilio Acosta Vargas. Editor Asociado

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández