

Toxicidad del Selenio y del Mercurio: La Fábula de los Peces¹

Razieh Farzad y Jeanette Andrade²

Este documento es el primero de la serie “El pescado y la nutrición humana,” la cual busca ayudar a que los consumidores tomen una decisión basada en el conocimiento cuando escojan pescados y mariscos.

Introducción

El pescado es un componente esencial en una dieta equilibrada. No solo es una buena fuente de proteína, sino que también aporta ácidos grasos esenciales, como el omega-3; vitaminas, como la vitamina D; y minerales, como el selenio (Se) (Khalili Tilami y Samples 2017). La Asociación Estadounidense del Corazón (American Heart Association, AHA) recomienda comer por lo menos dos porciones (3,5 oz) de pescado graso no frito (por ejemplo, salmón o sardinas) por semana por razones de salud. Sin embargo, a los consumidores les inquieta la exposición a mercurio por consumo de pescado. El grado de exposición a mercurio depende tanto de la cantidad como del tipo de pescado que se consuma. Además, estudios recientes han demostrado que el selenio puede prevenir la intoxicación por mercurio (Berry y Ralston 2008). Es útil entender la interacción entre el selenio y el mercurio para comprender mejor el riesgo de exposición a mercurio por consumo de pescados y mariscos.

¿Qué es el selenio (Se)?

El selenio es un oligoelemento esencial, lo cual quiere decir que proviene de los alimentos que se consumen, pero solo se necesita en pequeñas cantidades. Entre los alimentos que contienen selenio están los cereales, las carnes rojas, la carne de aves y el pescado (NIH 2020), con un mayor contenido en el pescado. El aporte nutricional recomendado de selenio es de 55 microgramos (µg) para adultos mayores de 18 años. El selenio es un poderoso antioxidante que puede reducir el riesgo de cáncer y es esencial para la función tiroidea y el sistema inmunitario (Tapiero et al. 2003).

La deficiencia grave de selenio (ingesta < 20 µg al día) tiene efectos adversos para la salud e inicialmente se asoció con enfermedades cardíacas mortales (Li et al. 1985). Hoy se sabe que la deficiencia de selenio se vincula a múltiples trastornos neurológicos, como distrofia muscular congénita, autismo, enfermedad de Alzheimer y tumores cerebrales; y con otras afecciones crónicas, como diabetes y enfermedades hepáticas (Coppinger y Diamond 2001). La deficiencia de selenio también se relaciona con afecciones asociadas a un aumento en el estrés oxidativo o en la inflamación, como artritis reumatoide, pancreatitis, asma e, incluso, obesidad (Roy et al. 1995; Ramauge et al. 1996; Behne et al. 2000; Combs y Lu 2001).

1. This publication is FSHN22-4s, one of a series of the Food Science and Human Nutrition Department, UF/IFAS Extension. Original publication date July 2022. Visit the EDIS website at <https://edis.ifas.ufl.edu/> for the currently supported version of this publication.
2. Razieh Farzad, profesor adjunto y especialista de Extensión en inocuidad de pescados y mariscos, Departamento de Ciencias de los Alimentos y Nutrición Humana y Florida Sea Grant; y Jeanette Andrade, profesora adjunta y directora del programa MS/DI, Departamento de Ciencias de los Alimentos y Nutrición Humana; UF/IFAS Extension, Gainesville, FL 32611.

¿Cómo ayuda el selenio en la desintoxicación de mercurio?

Existe mercurio en el pescado debido a procesos naturales y a la actividad humana. El metilmercurio tiene un efecto adverso en el sistema nervioso central, en particular, en el cerebro del feto en desarrollo. El mercurio posee una fuerte afinidad de enlace con el selenio y actúa como un imán para el selenio, lo cual produce una sustancia de mercurio-selenio no absorbible en el cuerpo humano (Ralston et al. 2016). Como resultado de este nuevo compuesto, el organismo elimina el mercurio antes de que se deposite en el tejido graso y cause daño. Como esta interacción entre el mercurio y el selenio impide la absorción eficaz del mercurio, los científicos están modificando el concepto de toxicidad del mercurio (Ralston et al. 2016). Para que el mercurio se enlace con eficiencia y produzca compuestos antioxidantes con selenio que nos benefician, es esencial que mantengamos suficiente selenio en nuestro organismo, lo cual se puede lograr con una dieta rica en selenio.

¿El selenio puede ayudar a minimizar el riesgo de exposición a mercurio por consumo de pescado?

Los pescados y mariscos son buenas fuentes de DHA (ácido docosahexaenoico) y de EPA (ácido eicosapentaenoico) como ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega-3 (Khalili Tilami y Samples 2017). Es esencial comprender el riesgo real de evitar el pescado frente al posible riesgo de exposición a metilmercurio por consumo de pescado. EPA y DHA son vitales en el desarrollo neurológico durante los primeros años de vida y se cree que promueven la salud cardiovascular (Kris-Etheron y Harris 2002). El pescado de mar es una excelente fuente de selenio (Tabla 1) y el riesgo general de consumo de mercurio puede ser mínimo. Las fuentes de selenio en la dieta minimizan el riesgo de exposición a mercurio, en especial, el pescado rico en selenio. Uno de los pocos estudios que demostraron los efectos nocivos del consumo de pescados y mariscos se asoció al consumo materno de calderón. Este mamífero marino contiene más mercurio que selenio (George et al. 2011). Además, los estudios epidemiológicos han resaltado los efectos positivos del consumo de pescado durante el embarazo. Los niños cuyas madres consumieron al menos 595 gramos (21 onzas) de pescado a la semana durante el embarazo mostraron una función neurocognitiva más alta que los niños cuyas madres no consumieron pescado durante el embarazo (Davidson et al. 1998; Myers y Davidson

1998; Hibbeln et al. 2007; Oken et al. 2008; Lederman et al. 2008).

La interacción entre el selenio y el mercurio es compleja y depende de diversos factores, como las formas del selenio y el mercurio, las cantidades relativas de cada uno y el órgano en el que interactúan (Spiller 2017). Se ha creado un índice denominado Valor del beneficio del selenio para la salud (HBV, por sus siglas en inglés) para evaluar el riesgo de mercurio asociado con diversos tipos de pescado. Un valor HBV positivo significa que el pescado presenta una concentración de selenio más alta que la concentración de mercurio y que es seguro comerlo, porque todo el mercurio será compensado por el selenio. Un valor HBV negativo indica que la concentración de mercurio supera la concentración de selenio y que el consumo del pescado puede provocar exposición a mercurio. La Tabla 2 muestra el HBV de varias especies de pescado. Es importante señalar que el índice HBV es conservador y no considera otras fuentes de selenio en la dieta ni las reservas de selenio ya presentes en el organismo (Ralston et al. 2016). Entonces, se multiplicará la cantidad relativa de selenio por la cantidad total de mercurio y selenio presente en los filetes de pescado para reflejar la cantidad fisiológica de selenio que se puede aportar o perder con respecto a la retención del mercurio. Un HBV positivo quiere decir que el pescado tiene un exceso molar de selenio en relación con el mercurio y que es inocuo, en tanto un valor negativo significa que el mercurio supera al selenio. El índice HBV es muy conservador, porque no considera las demás fuentes de selenio en la dieta ni la reserva de selenio del tejido del huésped (Ralston et al. 2019). La Tabla 2 presenta el HBV de selenio disponible en algunos peces de agua dulce y peces marinos. Es importante señalar que, a pesar de tener valores HBV positivos, algunos tipos de pescado con niveles de mercurio relativamente altos, como el pez espada y el atún ojón, se consideran opciones inapropiadas para niños y madres embarazadas y lactantes.

¿Cuánto pescado deberíamos comer para reducir la toxicidad del mercurio?

La actual recomendación federal de consumo de pescado no considera la interacción entre selenio y mercurio. La Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA, por sus siglas en inglés), en coordinación con la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), tiene una recomendación para pescado y metilmercurio denominada “Recomendación para pescado” (FDA 2020). Este documento contiene la recomendación

de consumo por cantidades y tipos específicos de pescado para mejorar los resultados de salud y desarrollo, mientras se minimiza el riesgo del metilmercurio para mujeres embarazadas y lactantes, mujeres en edad fértil y cualquier persona que prepare alimentos para niños pequeños. Las especies de pescado varían en cuanto a magnitud del riesgo de exposición a metilmercurio que representan para el consumidor. El documento con recomendaciones de FDA y EPA clasifica a las especies de pescado por frecuencias de consumo (Tabla 1) vinculadas a recomendaciones que minimizan el riesgo de dicha exposición, mientras fomentan el consumo de pescado.

En adultos, una porción equivale a 113 gramos (4 onzas) y la recomendación de EPA-FDA es comer de dos a tres porciones semanales de la lista de “Opciones óptimas” (o 1 porción de la lista de “Buenas opciones”). En niños, una porción es 28 gramos a los dos años y aumenta a 113 gramos a los 11 años.

Si come pescado capturado por su familia y amigos en lagos, ríos y áreas costeras locales, revise las recomendaciones locales sobre inocuidad de ese pescado. Para acceder a consejos sobre el consumo de pescado proveniente de las aguas de Florida, puede revisar la recomendación sobre pescado del Departamento de Salud de Florida en [Florida Department of Health Fish Advisory](#).

Referencia

Behne, D., H. Pfeifer, D. Rothlein, y A. Kyriakopoulos. 2000. “Cellular and Subcellular Distribution of Selenium and Selenium-Containing Proteins in the Rat. [Distribución Celular y Subcelular del Selenio y de las Proteínas que Contienen Selenio en Ratas].” En *Trace Elements in Man and Animals (Oligoelementos en el Hombre y en los Animales)* 10, A. M. Roussel, A. E. Favier, y R. A. Anderson (Eds.). 29–34. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47466-2_5

Berry, M. J., y N. V. Ralston. 2008. “Mercury Toxicity and the Mitigating Role of Selenium. [Toxicidad del Mercurio y Función Mitigadora del Selenio].” *Ecohealth* 5(4): 456–459. doi: 10.1007/s10393-008-0204-y.

Combs, Jr., G. F., y J. Lu. 2001. “Selenium As a Cancer Preventive Agent. [El Selenio Como Agente Preventivo del Cáncer].” En *Selenium (Selenio)*, D. L. Hatfield (Ed.). 205–217. Hingham, MA: Kluwer Academic Publishers. doi: 10.1007/s13167-010-0033-2.

Coppinger, R. J., y A. M. Diamond. 2001. “Selenium Deficiency and Human Disease. [Deficiencia de Selenio y Enfermedades Humanas].” En *Selenium: Its Molecular Biology and Role in Human Health [Selenio: Biología Molecular y Función en la Salud Humana]*, editado por D. L. Hatfield. 219–233. Boston, MA: Springer US.

Davidson, P. W., G. J. Myers, C. Cox, C. Axtell, C. Shamlaye, J. Sloane-Reeves, E. Cernichiari, L. Needham, A. Choi, Y. Wang, M. Berlin, y T. W. Clarkson. 1998. “Effects of Prenatal and Postnatal Methylmercury Exposure from Fish Consumption on Neurodevelopment: Outcomes at 66 Months of Age in the Seychelles Child Development Study. [Efectos de la Exposición Prenatal y Postnatal a Metilmercurio por Consumo de Pescado en el Neurodesarrollo: Resultados a los 66 Meses de Edad en el Estudio de Desarrollo Infantil en Seychelles].” *JAMA* 280:701–707. doi:10.1001/jama.280.8.701.

Farzad, R., D. D. Kuhn, S. A. Smith, S. F. O’Keefe, N. V. C. Ralston, A. P. Neilson, y D. M. Gatlin. 2019. “Trace Minerals in Tilapia Fillets: Status in the United States Marketplace and Selenium Supplementation Strategy for Improving Consumer’s Health. [Oligoelementos en Filetes de Tilapia: Situación en el Mercado de los Estados Unidos y Estrategia de Complementos del Selenio para Mejorar la Salud del Consumidor].” *PLOS One* 14(6): e0217043. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217043>

George, G. N., T. C. MacDonald, M. Korbas, S. P. Singh, G. J. Myers, G. E. Watson, J. L. O’Donoghue, and I. J. Pickering. 2011. “The Chemical Forms of Mercury and Selenium in Whale Skeletal Muscle. [Formas Químicas del Mercurio y del Selenio en Músculo Esquelético de Ballenas].” *Metallomics* 3:1232–1237. doi:10.1039/c1mt00077b.

Grandjean, P., P. Weine, R. F. White, F. Debes, S. Araki, K. Yokoyama, K. Murata, N. Sørensen, R. Dahl, and P. J. Jørgensen. 1997. “Cognitive Deficit in 7-Year-Old Children with Prenatal Exposure to Methylmercury. [Déficit Cognitivo en Niños de Siete Años con Exposición Prenatal a Metilmercurio].” *Neurotoxicol. Teratol.* 9:417–428. doi: 10.1016/s0892-0362(97)00097-4.

Hibbeln, J. R., J. M. Davis, C. Steer, P. Emmett, I. Rogers, C. Williams, y J. Golding. 2007. “Maternal Seafood Consumption in Pregnancy and Neurodevelopmental Outcomes in Childhood (ALSPAC Study): An Observational Cohort Study. [Consumo Materno de Pescados y Mariscos durante el Embarazo y Resultados del Desarrollo Neuronal en la Infancia (Estudio de ALSPAC): Estudio de Cohorte

Observacional].” *Lancet* 369:578–585. doi: 10.1016/S0140-6736(07)60277-3.

Kaneko, J. J., y N. Ralston. 2007. “Selenium and Mercury in Pelagic Fish in the Central North Pacific Near Hawaii. [Selenio y Mercurio en Peces Pelágicos del Pacífico Central Norte Cerca de Hawái].” *Biol. Trace Elem. Res.* 119(3): 242–254. doi: 10.1007/s12011-007-8004-8.

Khalili Tilami, S., y S. Sampels. 2018. “Nutritional Value of Fish: Lipids, Proteins, Vitamins, and Minerals. [Valor Nutricional del Pescado: Lípidos, Proteínas, Vitaminas y Minerales].” *Rev. Fish Sci. Aquac.* 26(2): 243–253. doi: 10.1080/23308249.2017.1399104.

Kris-Etherton, P. M., W. S. Harris, y L. J. Appel. 2002. “Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. [Consumo de Pescado, Aceite de Pescado, Ácidos Grasos Omega-3 y Enfermedades Cardiovasculares].” *Circulation* 106:2747–2757.

Li, G. S., F. Wang, D. Kang, y C. Li. 1985. “Keshan Disease: An Endemic Cardiomyopathy in China. [Enfermedad de Keshan: Una Cardiomiopatía Endémica en China].” *Hum. Pathol.* 16(6): 602–609. doi: 10.1016/s0046-8177(85)80110-6.

Myers, G. J., y P. W. Davidson. 1998. “Prenatal Methylmercury Exposure and Children: Neurologic, Developmental, and Behavioral Research. [Exposición Prenatal a Metilmercurio y Niños: Investigación Neurológica, del Desarrollo y Conductual].” *Environ. Health Perspect.* 106:841–847. doi: 10.1289/ehp.98106841.

Oken, E., M. L. Østerdal, M. W. Gillman, V. K. Knudsen, T. I. Halldorsson, M. Strøm, D. C. Bellinger, M. Hadders-Algra, K. Fleischer-Michaelsen, y S. F. Olsen. 2008. “Associations of Maternal Fish Intake during Pregnancy and Breastfeeding Duration with Attainment of Developmental Milestones in Early Childhood: A Study from the Danish National Birth Cohort. [Asociaciones entre Ingesta Materna de Pescado durante el Embarazo y Duración de la Lactancia Materna y el Logro de Hitos del Desarrollo en la Primera Infancia: Un Estudio de Cohorte de Nacimientos Nacionales Daneses].” *Am. J. Clin. Nutr.* 88:789–796. doi: 10.1093/ajcn/88.3.789.

Ralston, N.V. C., J. J. Kaneko, y L. J. Raymond. 2019. “Selenium Health Benefit Value provides a reliable index of seafood benefits vs. risks. [El valor del beneficio del selenio para la salud ofrece un índice confiable sobre beneficios y

riesgos de pescados y mariscos].” *J. Trace Elem. Med. Biol.* 55(2019): 50–57. doi: 10.1016/j.jtemb.2019.05.009.

Ralston, N. V. C., R. Ralston, y L. J. Raymond. 2016. “Selenium Health Benefit Values: Updated Criteria for Mercury Risk Assessments. [Valor del Beneficio del Selenio para la Salud: Criterios Actualizados de Evaluación del Riesgo del Mercurio].” *Biol. Trace Elem. Res.* 171(2): 262–269. doi: 10.1007/s12011-015-0516-z.

Ralston, N.V. C., y L. J. Raymond. 2007. “Selenium and Mercury in Pelagic Fish in Central North Pacific Near Hawaii. [Selenio y Mercurio en Peces Pelágicos del Pacífico Central Norte Cerca de Hawái].” *Biol. Trace Elem. Res.* 119(3): 242–254. doi: 10.1007/s12011-007-8004-8.

Ramauge, M., S. Pallud, A. Esfandiari, J. M. Gavaret, A. M. Lennon, M. Pierre, y F. Courtin. 1996. “Evidence That Type III Iodothyronine Deiodinase in Rat Astrocyte Is a Selenoprotein. [Evidencia de Que la Yodotironina Deiodinasa Tipo III en el Astrocito de Rata Es una Selenoproteína].” *Endocrinology* 137:3021–3025. <https://doi.org/10.1210/en.137.7.3021>

Roy, M., L. Kiremidjian-Schumacher, H. I. Wishe, M. W. Cohen, y G. Stotzky. 1995. “Supplementation with selenium restores age-related decline in immune cell. [La complementación con selenio restaura el declive de las células inmunitarias relacionado con la edad].” *Proc. Soc. Exp. Bio. Med.* 209(4): 369–375. doi: 10.3181/00379727-209-43909.

Spiller, H. A. 2017. “Rethinking Mercury: The Role of Selenium in Pathophysiology of Mercury Toxicity. [Replanteamiento sobre el Mercurio: Función del Selenio en la Fisiopatología de la Toxicidad del Mercurio].” *J. Clin. Toxicol.* 56(5): 313–326. <https://doi.org/10.1080/15563650.2017.1400555>

Tapiero, H., D. M. Townsend, y K. D. Tew. 2003. “The Oxidant Role of Selenium and Seleno-Compound. [La Función Oxidante del Selenio y del Selenocompuesto].” *Biomed Pharmacother.* 57(3-4): 134–144. PNCID: PMC6361120.

Tabla 1. Valor del beneficio del selenio para la salud en diversas especies de pescado (Farzad et al. 2019; Ralston et al. 2019). Un HBV positivo significa que el pescado es inocuo en cuanto a toxicidad del mercurio.

Especies de pescado	Valor del beneficio del selenio para la salud
Tilapia del Nilo	11,83
Patudo	11,47
Listado	19,61
Pez espada	0,28
Marrajo	-16,44
Calderón	-14,79

Tabla 2. Recomendación de EPA-FDA sobre consumo de pescado para mujeres embarazadas y lactantes, mujeres en edad fértil y personas que preparan alimentos para niños pequeños (FDA 2020).

<p>Opciones óptimas Comer de dos a tres porciones semanales Porción en adultos = 113 gramos (4 oz) Porción en niños (4 a 7 años) = 57 gramos (2 oz)</p>	Anchoa, corvinón brasileño, caballa del Atlántico, serrano estriado, pez mantequilla, bagre, almeja, bacalao, cangrejo, cangrejo de río, lenguado, eglefino, merluza, arenque, langosta de aguas de Nueva Inglaterra y langosta espinosa, lisa, ostras, estornino del Pacífico, perca de agua dulce y gallineta, lucio pequeño, platija americana, abadejo, salmón, sardinas, vieiras, sábalo, langostinos, raya, eperlano, tambor, calamar, tilapia, trucha (agua dulce), atún (enlatado ligero), pescados blancos, pescadilla
<p>Buenas opciones Comer una porción semanal Porción en adultos = 113 gramos (4 oz) Porción en niños (4 a 7 años) = 57 gramos (2 oz)</p>	Anjova, pez búfalo, carpa, merluza negra o austromerluza negra, mero, fletán, mahi-mahi o pez delfín, pejesapo, bacalao negro mahi-mahi, sango chopo, pargo, caballa española, lubina rayada (marina), blanquillo (del océano Atlántico), atún (blanco, enlatado y congelado), atún (de aleta amarilla), umbrina blanca/del Pacífico
<p>Opciones para evitar Nivel máximo de mercurio</p>	Sierra, marlín, pez reloj anaranjado, tiburón, pez espada, blanquillo (del Golfo de México), atún ojón