

Minerales mayoritarios y elementos traza en carne de pescado de agua dulce y salada*Major minerals and trace elements in fresh and sea water fish meat***Trulls Horacio ¹, Ortiz María Laura ¹**

¹Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Veterinarias, Departamento de Ciencias Básicas, Laboratorio de Análisis físico-químicos-Cátedra de Biofísica. Corrientes-Argentina.

RESUMEN. El pescado es un alimento de origen animal, considerado un exponente fundamental de una dieta saludable, con nutrientes altamente biodisponibles, en especial los macrominerales y elementos traza; muy accesible para la población de países pobres y en vías de desarrollo. El objetivo de esta revisión fue recabar información sobre la composición de minerales mayoritarios y elementos traza en carne de peces de diferentes especies, tanto de agua dulce como de mar. Se evidenció una gran variación tanto de los contenidos de macroelementos como de los trazas; según las especies, tamaño y ecosistemas estudiados. Los valores medios, expresados en mg/100 g de MS, fueron: Na: 147.5; K: 614.5; Ca: 653.2; Mg: 228.3; P: 288; y para los microelementos como Fe: 3.25; Cu: 1.85; Zn: 4.33 y Mn: 12.6. Se concluye que las especies de pescado pequeñas, que se consumen con órganos y esqueleto resultan excelentes fuentes de minerales, constituyendo una alternativa de alto aporte de micronutrientes. La pesca sustentable y la acuicultura son prácticas que deben ser fomentadas por políticas públicas, sobre todo en países pobres de Asia, África y América Latina.

Palabras clave: Pescado, macrominerales, elementos traza.

ABSTRACT. Fish is a food of animal origin, considered a fundamental exponent of a healthy diet, with highly bioavailable nutrients, especially macrominerales and trace elements; very accessible for the population of poor and developing countries. The aim of this review was to evaluate the composition of major minerals and trace elements in fish meat of different species, both freshwater and seawater. A great variation was evidenced both in the contents of major and trace elements; according to the species, size and ecosystems studied. The mean values, expressed in mg/100 g of DM, were: Na: 147.5; K: 614.5; Ca: 653.2; Mg: 228.3; P: 288; and for microelements such as Fe: 3.25; Cu: 1.85; Zn: 4.33 and Mn: 12.6. It is concluded that small fish species, which are consumed with organs and skeleton, are excellent sources of minerals, constituting an alternative with a high contribution of micronutrients. Sustainable fishing and aquaculture are practices that should be promoted by public policies, especially in poor countries in Asia, Africa and Latin America.

Keywords: fish, macrominerals, trace elements.

doi: 10.18004/compend.cienc.vet.2022.12.01.32

Dirección para correspondencia: Dr. Trulls, Horacio Eduardo. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Veterinarias, Departamento de Ciencias Básicas, Laboratorio de Análisis físico-químicos-Cátedra de Biofísica. Corrientes-Argentina.

E-mail: htrulls@gmail.com

Recibido: 09 de marzo 2022 / **Aceptado:** 23 de mayo 2022

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el hambre y la malnutrición son problemas crecientes que enfrenta la humanidad, se suman a estos la sobreexplotación de los recursos naturales y el impacto del cambio climático; por lo que se deben replantear los sistemas de producción de alimentos, para que sean más sustentables y de alto valor nutritivo (1). En este sentido sobresalen la pesca sostenible y la acuicultura, que son consideradas actividades claves para el futuro desarrollo de la producción alimentaria mundial (2).

El consumo de carne de pescado cobra relevancia y la misma se considera uno de los principales exponentes de una dieta saludable, debido al aporte de proteína de alta calidad, con alto contenido de aminoácidos esenciales, también por los niveles de vitaminas y minerales; además de su aporte calórico relativamente bajo. Contiene ácidos grasos omega 3 y omega 6; muy beneficiosos para la salud, ya que dentro del organismo se transforman en otras especies químicas activas, con funciones muy importantes como formación de membranas celulares y acción protectora directa en tejido nervioso y en particular en cerebro (3).

En referencia al contenido de micronutrientes, y en especial los minerales y elementos traza, resultan muy variados en la carne de pescado; dependiendo de la especie, el tamaño, el estado fisiológico del animal, si es de mar o agua dulce, incluso si proviene de un criadero o fue capturado en su hábitat natural (4). De las más de 2000 especies de peces marinos consumidos por el hombre, sólo se ha estudiado la composición de micronutrientes en 350 (5), y en el caso de los peces de agua dulce, la composición nutricional es aún más diversa, debiendo considerarse las características de la fauna ictícola de cada región y de cada curso de agua dulce; por ejemplo en la porción del río Paraná correspondiente al territorio Argentino, se calculan que se consumen más de 300 especies distintas, con escasa información sobre ellas (6), y más aún los cambios que ocurren en el valor nutricional de los mismos cuando se los somete a cocción (7), es así que, ante la falta de información general relativa a estos contenidos en el alimento, los mismos han sido estimados por modelos matemáticos (3).

El músculo de pescado resulta entonces una importante fuente de micronutrientes de origen animal, en la que los mismos se encuentran en

formas químicas de alta biodisponibilidad, por lo que podría ser considerado un alimento funcional (3), definiendo a este tipo de alimentos como productos diseñados para el aporte específico de algún nutriente esencial, en concentraciones tales que mejora la salud y el bienestar del consumidor, incluso puede optimizar ciertas funciones corporales y disminuir el riesgo de algunas enfermedades crónicas (8,9).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la presente revisión, se realizó una exhaustiva búsqueda en la literatura; utilizando ISI Web of Knowledge, PubMed, así como herramientas de navegación convencionales como Google Scholar para ampliar el espectro de la búsqueda. Los términos utilizados como palabras claves incluían el nombre de un mineral específico (es decir, hierro, calcio, magnesio, fósforo, zinc, etc.), peces de agua dulce y salada procedentes de regiones tropicales y subtropicales y beneficios del consumo de carne de pescado para la salud. La búsqueda se realizó durante el período de enero 2020 hasta junio del 2022. Los dos autores del presente trabajo evaluaron la inclusión de artículos independientemente.

LOS MINERALES Y SU IMPORTANCIA EN LOS ALIMENTOS

Desde el punto de vista nutricional, resulta fundamental la incorporación de minerales con la dieta, ya que cumplen funciones diversas, como la participación en la formación de tejido óseo, mantenimiento de estructuras coloidales (presión osmótica, viscosidad y difusión), regulación de equilibrio ácido base, además de ser componentes de metaloproteínas, con funciones de hormonas, enzimas y activadores enzimáticos (10). Se pueden clasificar, por su concentración en los seres vivos, en minerales mayoritarios y elementos traza, a continuación, se detallan brevemente la función de algunos de estos elementos, pertenecientes a ambos grupos:

Potasio: actúa conjuntamente con el sodio en la transmisión de impulsos nerviosos, en el metabolismo de azúcares y la regulación del equilibrio ácido base en los líquidos corporales (11), también ambos desempeñan un rol importantísimo en el equilibrio electrolítico del organismo, asimismo intervienen activamente en los mecanismos de transporte, excitabilidad muscular y

nerviosa. El potasio, tiene una acción complementaria a la del sodio en el funcionamiento de la fisiología celular (12). La dosis requerida de potasio es de 4700 mg/día (13).

Sodio: está presente en el líquido extracelular y en el plasma sanguíneo, se encarga de regular: la presión osmótica, la acidez y la carga eléctrica, además participa en la contracción muscular y la conducción nerviosa (14). Este mineral está relacionado con la absorción del calcio en los huesos y compite con éste por su reabsorción en los tubos renales (15). La dosis recomendada para hombres y mujeres de entre 19 y 30 años es de 1500 mg (13).

Calcio y fósforo: son dos minerales que abundan en el organismo, y los requerimientos son sumamente elevados. La función del calcio es fundamental para el crecimiento y mantenimiento de los huesos. En la mujer, tanto durante el período de gestación como en la lactancia, los requerimientos de este mineral aumentan y su carencia o insuficiencia puede generar diversas patologías óseas. El calcio es uno de los principales constituyentes de huesos y dientes, junto al fósforo y el magnesio, es indispensable en la salud dental, en la formación del esmalte, en conservación de los dientes y prevención de las caries, también es importante en la disminución de la presión arterial, y es fundamental en la transmisión de los impulsos nerviosos y en los fenómenos de permeabilidad de la membrana celular (12). El fósforo le sigue al calcio en abundancia en el organismo, su principal función, junto con el calcio es el mantenimiento de los huesos y dientes, además de colaborar en el mantenimiento del equilibrio ácido base del organismo. Al estar presente en todo el organismo, participa de casi todos los procesos metabólicos, ayuda a mantener el pH sanguíneo, es un componente fundamental del ADN, e integra la membrana celular sobre todo en los tejidos del cerebro (12).

Magnesio: es un catión divalente intracelular crítico, que juega un papel fisiológico esencial en muchas funciones del cuerpo. Forma un complejo clave con ATP y participa en muchos procesos biológicos importantes, como la síntesis de proteínas, la replicación celular y metabolismo energético. Actúa como un regulador de los canales iónicos, como molécula de señalización, implicada en la conducción nerviosa, la contracción muscular y el transporte de potasio, y es un modulador de la

fosforilación oxidativa (16). El magnesio extracelular es vital para la normal conducción nerviosa, función muscular y metabolismo del tejido esquelético, interviene en la formación de huesos y dientes, en el mantenimiento del potencial eléctrico de los tejidos nerviosos y membranas celulares, también actúa como coenzima en el metabolismo de hidratos de carbono, además, es uno de los componentes de los líquidos intracelulares y participa en la síntesis de ADN y ARN. La ingesta diaria recomendada es de 220-206 mg/día para mujeres y hombres entre 19 y 65 años, respectivamente (17), colabora en la fijación del calcio y el fósforo en huesos y dientes. También es fundamental en la fisiología celular, participando en la actividad de numerosas enzimas (12).

Hierro: cumple numerosas funciones, la principal es el transporte de oxígeno por la hemoglobina presente en los eritrocitos y la mioglobina que se encarga de captar el oxígeno en los músculos (17); el hierro de la hemoglobina constituye más del 50% del total (12). El cuerpo humano recicla este elemento cuando los eritrocitos envejecen y mueren, por tanto, de los 3-4 g de hierro que tiene en promedio el cuerpo, solo se desecha 1 g diario, el cual se debe reemplazar mediante la alimentación. La ingesta diaria recomendada para mujeres y hombres mayores de 18 años es de 19 y 10 mg, respectivamente (17). El hierro en las fuentes de alimento animal, está presente en forma orgánica de tal manera que se puede absorber hasta un 25% a diferencia de las fuentes de alimento vegetal donde se encuentra en su forma inorgánica, por consiguiente, su absorción en el organismo es menor, entre el 2 y 10% de acuerdo a la composición de la dieta (18).

Cobre: es un oligoelemento esencial requerido para el funcionamiento celular de todos los organismos vivos; con gran avidez por formar complejos con ligandos biológicos y constituir así compuestos como metaloenzimas involucradas en el metabolismo del Fe, también en la energía celular (citocromo c oxidasa), protección de las células contra el daño de los radicales libres (superóxido dismutasa), síntesis de colágeno (lisil oxidasa), en los neurotransmisores cerebrales (dopamina hidroxilasa y peptidil alfa amida monooxigenasa) y producción de melanina (tirosinasa). Cuatro enzimas que contienen Cu (incluidas ceruloplasmina circulante y unida a la membrana), conocidas como oxidasas de cobre múltiple (MCO) o ferroxidasas, oxidan Fe^{2+} a iones Fe^{3+} , la forma de

hierro que se puede incorporar a la transferrina para el transporte al sitio de formación de glóbulos rojos (19). Es entonces un componente de un gran número de enzimas, que participan en el uso de hierro, oxígeno, colesterol y glucosa por parte del cuerpo, también influye en el crecimiento, el desarrollo cerebral y sistema inmune. La ingesta recomendada es de 900 µg/día para hombres y mujeres (13).

Zinc: este mineral traza es parte integral de 20 metaloenzimas, como la fosfatasa alcalina, alcohol deshidrogenasa y anhidrasa carbónica, también actúa como cofactor específico de varias enzimas y como regulador de otras enzimas Zn dependientes; estudios recientes han demostrado su rol fundamental en el control del crecimiento del individuo, y en el metabolismo de las prostaglandinas (10).

En el cuerpo de un adulto humano está presente entre 2 a 3 g y el requerimiento es 15 mg diarios (20), ya que cumple un rol central en el sistema inmunológico y participa en el control homeostático; además, es un componente esencial de enzimas degradadoras de carbohidratos, proteínas y lípidos, estabiliza la estructura molecular de los componentes y membranas celulares, por tanto, contribuye de esta forma al mantenimiento celular y a la integridad de los órganos, juega un papel importante en la transcripción de ácidos nucleicos y su expresión genética (17). Las dietas habituales de habitantes de escasos recursos, basada en alimentos vegetales tienen reducidas la biodisponibilidad de Zn y de otros minerales. El Zn debe ser incorporado en la dieta, sobre todo en mujeres en el tercer trimestre del embarazo y en el período de lactancia, en las que tiene un requerimiento diario de hasta 20 mg, asimismo los niños requieren incorporar este elemento entre 8,3-11,2 mg Zn/d dependiendo de su peso corporal (21). Estos requisitos diarios son difíciles de satisfacer a menos que se aporte Zn en forma suplementaria todos los días ya que no se puede almacenar en el cuerpo humano (21).

Manganeso: este elemento traza tiene un importante rol en el metabolismo proteico y energético, la mineralización ósea, la síntesis de glicosaminoglicanos, la defensa celular contra radicales libres y la regulación del metabolismo. La esencialidad de Mn en los procesos bioquímicos anteriores se basa en su función como activador de enzimas (ejemplos; oxidorreductasas, liasas, ligasas,

hidrolasas, quinasas, descarboxilasas) y constituyente de varias metaloenzimas que incluyen arginasa, piruvato carboxilasa y superóxido dismutasa (16). Tiene gran implicancia en el mecanismo de la fosforilación oxidativa, siendo los niveles de Mn muy altos en mitocondrias respecto a los valores en citoplasma (10). Su función principal es la formación de grasa corporal y hueso, su deficiencia en el organismo provoca el incremento de la concentración de glucosa y triglicéridos en la sangre e induce la pérdida de peso. La ingesta diaria recomendada es 2.3 mg para mujeres y 1.8 mg para hombres (13).

Selenio: es un elemento esencial en nutrición humana y animal, muy importante como antioxidante y catalizador en la producción de hormonas tiroideas, estimula el funcionamiento del sistema inmune y actúa como antioxidante en prevención de enfermedades crónicas, como las cardíacas y el cáncer (3).

Es un componente de la glutatión peroxidasa, siendo los niveles de esta enzima en suero o hígado indicadores del contenido de selenio en el organismo. El selenio está también involucrado en el metabolismo de los tocoferoles, y junto con la vitamina E es fundamental en la prevención de la distrofia muscular nutricional (10).

Por otro lado, altas dosis de selenio pueden ser perjudiciales para la salud ya que su administración en exceso implica un alto riesgo de toxicidad, conocida como "selenosis". Se diferencian dos tipos: la selenosis aguda, que provoca la muerte súbita sin ningún síntoma previo, y que en dosis más bajas puede producir anorexia, ataxia y conducir también a la muerte; y la selenosis crónica, que provoca lesiones epiteliales, como la pérdida de pelo. Los niveles para considerar al selenio deficiente o tóxico están muy cercanos entre sí, siendo por tanto su intervalo saludable, muy estrecho (22). Se recomienda una ingesta diaria en humanos de 15-55 µg, según edad, género y estado de salud general (3).

Iodo: el iodo es un elemento fundamental en el funcionamiento de la glándula tiroidea y las hormonas que esta sintetiza (21), por lo tanto actúa en la regulación del desarrollo y el crecimiento y su deficiencia desemboca en la hipertrofia de la glándula conocida como "bocio". El metabolismo de estas hormonas tiroideas y la cantidad de yodo

inorgánico incorporado por el organismo están íntimamente relacionados, jugando este elemento un rol crítico en la oxidación celular, hematopoyesis, circulación, reproducción, función neuromuscular y en el metabolismo de nutrientes mayoritarios (16). Los productos pesqueros de origen marino, son la principal fuente de este elemento en la naturaleza (12).

LA CARNE DE PESCADO, UN RECURSO ALIMENTICIO INTEGRAL, FUENTE DE MACRO Y MICRONUTRIENTES

El pescado es reconocido como un componente fundamental de una dieta bien equilibrada, proporcionando alta calidad de proteínas, vitaminas y una amplia gama de otros nutrientes importantes (23), sus principales componentes químicos son: agua, proteína y lípidos, el contenido de hidratos de carbono en el músculo de pescado es muy bajo, generalmente inferior al 0,5%, la cantidad de agua varía entre 60-80% y es inversamente proporcional al contenido graso (24)). Su perfil lipídico difiere sustancialmente al de los mamíferos, presentan bajo contenido de grasas saturadas, resultando una fuente dietaria directa de los beneficiosos ácidos grasos poliinsaturados n-3 (omega-3) tales como el EPA (ácido eicosapentaenoico (C20:5)) y el DHA (ácido docosahexaenoico (C22:6)) (25). El principal esteroide del músculo de peces es el colesterol, cuya proporción varía entre especies (24), el contenido en proteínas es bastante constante (26), siendo fácilmente digerible, además, es una fuente importante de aminoácidos esenciales y no esenciales (27). Sobresale la gran cantidad de cisteína entre los aminoácidos presentes, a diferencia de otras fuentes de proteínas, el colágeno se encuentra en baja proporción y se convierte fácilmente en gelatina con el calentamiento (14), presenta vitaminas que pertenecen al grupo de las liposolubles, es decir que son vehiculizadas por las grasas del alimento y que incluyen la vitamina A (Retinol), D (Calciferol), E (Tocoferol) y K (Antihemorrágica) (12). Con respecto a los minerales, la parte comestible del pescado tiene una proporción del 1-2 %, como término medio, presentan macro minerales importantes: Ca, P, Mg y los electrolitos (Na y K), minerales trazas; Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ni, Mo y Cr (esenciales), Al, Ti, V y Ag (no esenciales) y Pb y Cd (potencialmente tóxicos).

Macrominerales

Calcio y fósforo: los productos pesqueros son una

buen fuente de fósforo al igual que otros productos cárnicos y una fuente insuficiente de calcio. El filete de pescado y otros productos de consumo habitual, contienen proporciones mínimas de hueso, por lo tanto, aportan cantidades relativamente más pequeñas de calcio y fósforo que el pescado completo. La media de las concentraciones de calcio de la mayor parte de los músculos de peces teleosteos suele ser bajas y algunas especies muestran diferencias importantes debidas a su cantidad relativa de huesos (28).

Los pescados pequeños que se consumen con espinas son una fuente muy eficiente de Ca. Su biodisponibilidad es tan alta como la de la leche (29), mientras que la concentración es aproximadamente ocho veces superior a la de la leche (30). Las escamas son también un reservorio importante de calcio y fósforo, aportando hasta un cuarto del total de estos minerales cuando se consumen peces pequeños enteros (3). Según un estudio realizado en el distrito de Kishoreganj en Bangladesh, un consumo medio diario de pescado pequeño de 65 g/persona puede cubrir hasta el 31 % del requerimiento medio diario de Ca (31), mientras que en Camboya el pescado entero aporta el 53 % de las necesidades diarias de los niños (32). Por lo tanto, los peces pequeños con espinas serían un alimento complementario de utilidad para los niños cuando la leche no está disponible (33).

La concentración media de fósforo de los filetes de pescado varía desde los 113 hasta los 350 mg 100 g⁻¹, el mismo se encuentra como fosfátidos, fosfoproteínas, nucleótidos y fosfato de creatina (28).

Magnesio: la mayor proporción del magnesio corporal de los peces (50-70 %) se encuentra en el esqueleto y en las escamas; mientras que el tejido muscular contiene hasta el 20 % del total; y el remanente se distribuye en otros tejidos blandos (16). La carne de pescado, como otros productos cárnicos animales suelen ser fuentes pobres de magnesio (28), pero teniendo en cuenta que la ingesta diaria recomendada de magnesio para adultos que es de 220-260 mg (17), existen reportes que demuestran lo contrario, por ejemplo, en un trabajo efectuado sobre pescados ecuatorianos se encontró un contenido mayor al 5% de dicha ingesta (34); mientras que otro estudio hace mención que una porción de 100g de pescado del delta del Okavango, Botswana (África) podría contribuir con el 13-22% de este requerimiento (11).

Electrolitos

Sodio, potasio y cloro: tanto en los pescados de agua dulce como salada, el contenido medio de sodio es relativamente bajo, lo cual lo hace apropiado para regímenes alimenticios de tal naturaleza. En el tejido comestible tanto de los pescados marinos como de los de agua dulce, la concentración de potasio es siempre superior a la de sodio (28).

Elementos trazas

Hierro: el contenido de hierro en peces es bajo comparado con los valores hallados en mamíferos (10), además existe escasa información sobre los mecanismos de absorción y metabolismo general del elemento en estos animales; aunque se supone que son procesos similares a los de otros vertebrados. Los tejidos de pescados que tienen mayor concentración de este elemento traza son las branquias, hígado, riñones y bazo, y las concentraciones más bajas se encuentran en la piel y el músculo (35).

Algunos peces (especialmente las especies pequeñas) son ricos en Fe; sin embargo, este nutriente suele concentrarse en la cabeza y las vísceras del pescado. En un estudio realizado en Camboya, se encontró que la especie *Esomus longimanus* tiene un alto contenido de Fe en sus partes comestibles, incluso después de que se hayan extraído las vísceras mediante métodos tradicionales de limpieza. El consumo de este tipo de pescado, demostró suplir en promedio el 45 % del requerimiento diario de Fe en mujeres en edad fértil (31). Otro punto importante con respecto al Fe es el hecho de que la composición de Fe en el pescado es diferente a la que se encuentra en los alimentos de origen vegetal: los pescados contienen grandes cantidades de Fe hemo, que se caracteriza por una alta biodisponibilidad frente al Fe no-hemo.

Zinc: los peces pequeños son muy ricos en Zn en comparación con otros alimentos de origen animal y especies de peces grandes, por ejemplo, una pequeña especie de bajo valor de mercado (*Esomus longimanus*), es comúnmente consumida por los pobres en Camboya, como plato típico, contiene en promedio 49 g de este pescado, cubriendo aproximadamente el 50 % del requerimiento diario de Zn para mujeres embarazadas y lactantes (31). Otro estudio en el mismo país muestra que los peces aportan el 33 % y el 39 % del requerimiento diario total de Zn en niños y mujeres, respectivamente (32). También se puede mencionar un trabajo realizado

en el delta del Okavango, Botswana (África) que informa que una de las especies de pescado denominada *B. Poechii* presenta una alta concentración de Zn, pudiendo proporcionar el 100 % de este requerimiento, consumiendo 100 g, lo que convierte a esta especie en una fuente de zinc de alta calidad, superior a la mayoría de las especies en otras partes del mundo (11), este pez sería beneficioso para los niños con retraso en el crecimiento, un problema que existe en esa región (36). Se debe considerar al evaluar el aporte de este elemento traza, que las guarniciones vegetales que acompañan al pescado en el plato, especialmente cereales y legumbres, pueden presentar altos contenidos de fitatos, los cuales interaccionan con el Zn, disminuyendo su absorción a nivel del enterocito (16).

Manganeso: el manganeso está muy distribuido en los tejidos de los pescados y de otros animales, en peces de agua dulce, la incorporación de este elemento se hace por la dieta, a través del sistema gastrointestinal, y por el agua del medio, por las branquias. El Mn y el Fe compiten por los sitios de absorción, y considerando lo aportado por la dieta, dicha absorción puede verse reducida por altos contenidos de P, Ca, fitatos y fibra en la misma (16). Las mayores concentraciones se encuentran en los huesos; sin embargo, hay cantidades significativas en el hígado, músculo, riñón, tejidos gonadales y la piel (28). La cantidad diaria recomendada de manganeso es de 3,8 mg (37) y los peces pequeños pueden aportar el 28 % del requerimiento diario de manganeso si se consumen 100 g de pescado (11).

Es importante tener en cuenta que los contenidos de Mn informados en la literatura son muy bajos y que resultan menores al límite de detección de las distintas técnicas de análisis utilizadas (34).

Cobre: el metabolismo del cobre en los peces es similar al de los mamíferos, en referencia a las enzimas de las que es parte; los mayores niveles de este elemento se encuentran en el iris, hígado, cerebro y corazón (10), este elemento traza es bioactivo y esencial en ambientes marinos y un micronutriente importante para muchas especies acuáticas (38). La oxidación de Cu (I) a Cu (II) proporciona el tinte azul en moluscos y crustáceos debido a la presencia de la proteína hemocianina. En formas complejas, el cobre es menos biodisponible y menos tóxico que la forma iónica libre Cu^{2+} (38, 39).

Selenio: La principal fuente de selenio en los seres humanos es a través de la dieta, destacándose en especial los pescados, además de los cereales y los productos cárnicos, como los principales aportantes de este elemento; se debe considerar que peces de gran porte presentan generalmente elevados niveles de selenio, debido a procesos de biomagnificación; influyendo también los procesos de cocción en la biodisponibilidad final (22).

El análisis de una especie de pescado europeo (*Sprattus sprattus*) informa un contenido de selenio de 20 µg/100 g (40), que es bajo en contraste a lo encontrado en otra investigación en donde la especie sardinella redonda tenía los niveles muy altos de selenio, (242 µg/100 g) en dicho trabajo se concluye que el pescado procesado puede considerarse una excelente fuente dietética este elemento (41).

Yodo: el pescado contiene altas cantidades de As e I en comparación con otros alimentos. De hecho, algunos pescados constituyen una excelente fuente de I (42, 43). La clasificación de las poblaciones de peces en función de su contenido de As e I es difícil, ya que existen grandes variaciones entre especies e incluso dentro de la misma especie (44). Las especies de peces marinos con bajo contenido de grasa parecen tener el contenido más alto de As e I y, en general, tienen concentraciones de I aproximadamente seis veces más altas que los peces de agua dulce (45, 46). Las concentraciones de I en el pescado también dependen de la temporada y la ubicación geográfica (47).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los macrominerales y elementos traza en carne de pescado presentan rangos de valores variados, corroborado por distintos trabajos de investigación, los que quedan expresados en las Tablas 1 y 2:

Sodio: la FAO reporta valores medios de 30-134 mg/100 g, mientras que los autores consultados muestran un intervalo más amplio de 7,5 (*Sciaenidae*, especie de agua dulce de Ecuador) (34) a 280mg/100g, (*Synodontis schall* especie de agua dulce de Sudán África) (48) (Tabla 1) las menores concentraciones de sodio obtenidas pueden atribuirse a los bajos niveles de sodio en el agua y por lo tanto a una menor transferencia trófica y acumulación de este mineral en la carne de pescado (11), esto no suele ser un problema en las deficiencias de este mineral, ya que se agrega sodio con frecuencia al salar los alimentos.

Potasio: la concentración de potasio informada por los autores osciló en un rango de 32,61 mg/100 g (*Lepidopus caudatus*, especie de agua salada-Portugal) (51) hasta 1210 mg/100 g (*Bagrus bayad*, Sudán-África) (48) (Tabla 1) mientras que la FAO informa uno menor, de 19 a 502 mg/100 g. Teniendo en cuenta que la cantidad diaria recomendada de K para personas entre 25 y 50 años es de 800 mg, el consumo de 100 g de carne de pescado podría proporcionar del 31 al 55 % del requerimiento diario de potasio, suponiendo que la cocción no afecte la cantidad del mineral.

Calcio: los valores medios de la FAO se encuentran entre 19-881 mg/100g, mientras que los valores encontrados en los estudios revisados, presentan valores mínimos de 8,2 mg/100g, (*Merluccius merluccius*, especie de agua salada-Portugal) (51) hasta valores máximos de 1290 mg/100g, (*Barbus poeichii*, especie de agua dulce del Delta Okavango, Botswana-África) (11) (Tabla 1) estos valores son coincidentes con lo reportado por otros autores, (49, 31, 30) los cuales consideran que los peces pequeños son una muy buena fuente de este mineral.

Magnesio: las investigaciones revisadas (Tabla 1) informan valores de este nutriente que oscilaron entre 12 mg/100 g (*Cyprinus carpio*, especie de agua dulce de Ecuador) (34) y 75 mg/100 g, (*Tetraodon*

Tabla 1: Recopilación de estudios relativos al contenido de macrominerales en pescados

Macrominerales	(FAO,2001) [50]	(Mohamed <i>et.al</i> , 2010)[48] País: Sudán	(Ramos Alvarado, 2018) [34] País: Ecuador	(Alfonso <i>et.al</i> , 2013)[51] País: Portugal	(Mogobe <i>et.al</i> , 2015)[11] País: Botswana
mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
Na	30-134	180-280	7.5-73.6	92.9-218.7	86-145
K	19-502	954-1210	50-580	32.61-36.38	245-443
Ca	19-881	107-588	10-180	8.2-21.5	413-1290
Mg	4.5-452	68-75	12-27.7	24.8-36.6	34-58

Tabla2: Recopilación de estudios relativos al contenido de microminerales en pescados

Macrominerales	(FAO,2001) [50]	Ramos Alvarado, (2018) [34] País: Ecuador	(Alfonso <i>et.al</i> , 2013)[51] País: Portugal	(Mogobe <i>et.al</i> , 2015)[11] País: Botswana	(Olmedo <i>et.al</i> , 2013)[52] País: España
mg/g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g
Cu	0.001-3.7	0.01-0.079	0.013-0.031	0.02-0.21	0.0057-0.3148
Zn	0.23-2.1	0.20-1.10	0.28-0.40	1.63-8.47	0.1274-1.4173
Fe	1-5.6	0.10-0.70	0.24-0.39	1.65-6.40	-
Mn	0.0003-25.2	0.04-0.22	0.012-0.025	0.06-1.08	0.0013-0.292

lineatus, especie de agua dulce del río Nilo; Sudán-África) (48) los mismos están dentro del rango de la FAO (4,5 a 452 mg/100 g), pero en un extremo inferior. La ingesta diaria recomendada de magnesio para adultos es de 220-260 mg (50), y los peces aquí pueden contribuir con el 13-22% de este requerimiento en una porción de carne de pescado de 100 g.

Hierro: la literatura revisada muestra una alta variación en la concentración de hierro en carne de pescado, con valores que oscilan entre 0,10 mg/100g (*Astroblepus*, pescado continental de agua dulce de Ecuador) (34) hasta 6,40 mg/100g, (*Brycinus. lateralis* and *Barbus poecheii* especies de agua dulce del Delta Okavango, Botswana-África) (11) se debe destacar que estos valores más elevados son de especies pequeñas, mientras que los valores reportados por la FAO se encuentran entre 1 a 5,6 mg/100g) (Tabla 2).

Zinc: la FAO informa valores que varían entre 0,23 a 2,1 mg/100 g, la mayoría de los resultados de las investigaciones se ubican dentro de ese rango, excepto lo reportado en un estudio (11), que informa niveles superiores de este elemento traza, de hasta 8,47 mg/100g correspondiente a la especie *Barbus poecheii*, de agua dulce del Delta Okavango; Botswana-África (Tabla 2).

Cobre y Manganeseo: los rangos informados por la FAO son muy amplios para ambos elementos traza, mientras que los resultados de investigaciones realizadas por varios autores fueron menores, como por ejemplo, valores de cobre reportados de 0,01 mg/100g (*Hoplias microlepis*) hasta 0,079, mg/100g (*Brycon dentex*) (34) correspondientes a especies de agua dulce de Ecuador y valores de Manganeseo de 0,012 mg/100g (*Lepidopus caudatus*) hasta 0,025 mg/100g, (*Merluccius merluccius*) correspondientes a especies de agua salada de Portugal (51) (Tabla2).

CONCLUSIONES

La evidencia recopilada en la literatura consultada, permite llegar a las siguientes conclusiones:

La carne de pescado resulta un alimento integral que aporta un gran número de macro y micro minerales, que presentan un rango amplio y variable de concentración. Se destacan los altos contenidos de; K, Ca, Mg y la mayoría de los elementos traza en carne de peces de agua dulce provenientes de ríos de África.

Las especies de pescado pequeñas que se consumen con órganos y esqueleto proporcionan una cantidad mayor de minerales que los grandes pescados, esto sugiere que estos pequeños peces disponibles, tienen un potencial considerable como estrategias rentables basadas en alimentos para mejorar la ingesta de micronutrientes o como alimento complementario para niños desnutridos, resultando excelentes fuentes de minerales como I, Se, Zn, Fe, Ca, P y K.

Se deben seguir realizando trabajos de investigación sobre la concentración y bioaccesibilidad de los micronutrientes proporcionados por la carne de pescados, porque representan una alternativa para cubrir las necesidades de estos minerales, sobre todo para los habitantes de países pobres y en desarrollo, que no pueden acceder frecuentemente al consumo de carnes rojas u otros alimentos que proporcionan estos micronutrientes.

La pesca sustentable y la acuicultura son prácticas que deben ser fomentadas por políticas públicas, sobre todo en países pobres de Asia, África y América Latina, ya que la carne de pescado así obtenida resulta la proteína de origen animal más económica y con un gran valor nutricional y beneficios para la salud de los comensales.

Conflicto de intereses: Los autores manifiestan no tener conflicto de intereses.

Trulls Horacio, Ortiz María Laura: ambos autores realizaron la búsqueda bibliográfica, redacción, compaginación y correcciones varias, hasta lograr el manuscrito que se remite.

BIBLIOGRAFÍA

1. Food Agricultural Organization of the United Nation. The State of World Fisheries and Aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all. Rome Italy; 2016. p. 200.
2. Waite R, Beveridge M, Brummett R, Castine S, Chaiyawanakarn N, Kaushik S, et al. Improving Productivity and Environmental Performance of Aquaculture. Working Paper, Instalment 5 of Creating a Sustainable Food Future. WRI. 2014. p.1-60
3. Kwasek K, Thorne-Lyman AL, & Thorne-Lyman M. Can human nutrition be improved through better fish feeding practices? a review paper. *Critical Reviews in Food Sci Nutr*. 2020; 60 (22): 3822-3835.
4. Soccol MSH, and Oetterer M. Seafood as functional food. *Braz Arch Biol Technol*. 2003; 46 (3): 443-454.
5. Hicks CC, Cohen PJ, Graham NA, Nash KL, Allison EH, D'Lima C, et al. Harnessing global fisheries to tackle micronutrient deficiencies. *Nature*. 2019; 574 (7776): 95-98.
6. Freyre MR, Piagentini AM & Espíndola BI. Calidad nutricional del pescado de agua dulce. Cap. 13 en *Tecnología de productos de origen acuático*. Ed. Limusa. 2009; p. 204.
7. Espíndola B I. Variaciones en el contenido de macro y micronutrientes de pescado de río sometidos a cuatro formas de cocción. Tesis de Maestría en Ciencias Veterinarias-UNL. 2008.
8. Gormley R. Fish as a functional food: some issues and outcomes. *SeaHealth UCD*. 2013.
9. Roberfroid M. Functional food concept and its application to prebiotics. *Dig Liver Dis*. 2002; 34 (Suppl. 2): S105-S110.
10. Chanda S, Paul BN, Ghosh K and Giri SS. Dietary essentiality of trace minerals in aquaculture: A review. *Agri Review* 2015; 36: 100-112.
11. Mogobe O, Mosepele K, & Masamba W. Essential mineral content of common fish species in Chanoga, Okavango Delta, Botswana. *Afr J Food Sci*. 2015; 9 (9): 480-486.
12. Traverso, J. y Avdalov, N. Beneficios del consumo del pescado. Uruguay: María Stirling; 2014.
13. Brown J. Nutrición en las Diferentes Etapas de la Vida. 2da ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 2010.
14. Badui S. Química de los alimentos. 4ta ed. México: Pearson educación; 2006.
15. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition. 2nd Edition, WHO Library Cataloguing in Publication Data, Bangkok; 2004.
16. Lall SP, Kaushik SJ. Review: Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish. *Animals*. 2021; 11 (9): 1-41.
17. World Health Organization, et al. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Human Vitamin and Mineral Requirements. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations; 2001.
18. Smith J, Sones K, Grace D, MacMillan S, Tarawali S, Herrero M & Thompson B. Combating Iron Deficiency: Food-based Approaches. *Animal Frontiers*; 2013. 3(1): 268-288.
19. Prohaska JR. Impact of copper limitation on expression and function of multicopper oxidases (ferroxidases). *Adv Nutr*; 2011. 2: 89-95.
20. FAO. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2012.
21. Organización Mundial de la Salud y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Requerimientos de vitaminas y minerales en la nutrición humana, 2ª ed. Ginebra: OMS/FAO; 2004.
22. Vicente-Zurdo D, Gómez-Gómez B, Pérez-Corona M T & Madrid Y. Especiación de selenio en muestras de pez espada mediante hplc-icp-ms. Influencia del proceso de cocinado. *Dad*, 16. Boletín de la Sociedad Española de Química analítica; 2018. 61: pp.16-20.
23. Pieniak Z, Verbeke W, Scholderer J. Health-related beliefs and consumer knowledge as determinants of fish consumption. *J Hum Nutr Diet*. 2010; 23: 480-488.
24. Gil Hernandez, A. Pescados y Mariscos. En: *Tratado de Nutrición*. Tomo 2. Composición y Calidad Nutritiva de los alimentos. Editorial Panamericana; 2010.
25. Risso S, Fernandez S, Ureta D, Córdoba O, Valzarette V y Sánchez EI. Estudio de la composición de la carne de palometa (*Parona signata*). *Industria Cárnica Latinoamericana*. 2000; 33 (119): 40-45.

26. Aquerreta, Y. Pescados en: Alimentos, composición y propiedades. Madrid: Eds, Astiasarán I, Martínez JA. McGraw-Hill. Interamericana; 2000. p. 29-52.
27. Astawan, M. Ikan yang Sedap dan Bergizi. Tiga Serangkai. Solo; 2004. p. 1-7.
28. Ruiter, A. El pescado y los productos derivados de la pesca - Composición, propiedades nutritivas y estabilidad. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España; 1999. p. 430.
29. Hansen M, Thilsted SH, Sandstrom B, Kongsbak K, Larsen T, Jensen M, et al. Calcium absorption from small soft-boned fish. *J Trace Elem Med Biol.* 1998; 12 (3):148-154.
30. Larsen T, Thilsted SH, Kongsbak K, & Hansen M. Whole small fish as a rich calcium source. *Br J Nutr.* 2000; 83 (2): 191-196.
31. Roos N, Wahab MA, Hossain MAR & Thilsted, SH. Linking human nutrition and fisheries: incorporating micronutrient-dense, small indigenous fish species in carp polyculture production in Bangladesh. *Food Nutr Bull.* 2007; 28 (2): S280-S293.
32. Chamnan C, Thilsted H S, Roitana B, et al. El papel de los recursos pesqueros en las zonas rurales de Camboya: lucha contra las deficiencias de micronutrientes en mujeres y niños. Phnom Penh: Departamento de Tecnologías Pesqueras Poscosecha y Control de Calidad, Administración Pesquera, Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca; 2009.
33. Gibson RS, Yeudall F, Drost N, Mtitimuni BM & Cullinan TR. Experiences of a community-based dietary intervention to enhance micronutrient adequacy of diets low in animal source foods and high in phytate: a case study in rural Malawian children. 2003. *J Nutr*; 133(11): 3992S-3999S.
34. Ramos Alvarado K N. Determinación de minerales en pescados continentales ecuatorianos por espectrofotometría de absorción atómica de llama. Tesis de Licenciatura. PUCE-Quito; 2018.
35. Rajkowska M, and Protasowicki M. Distribution of metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in fish tissues in two lakes of different trophy in Northwestern Poland. *Environ Monit Assess.* 2013; 185 (4): 3493-3502.
36. UNICEF State of the World's Children. New York; 2009.
37. Pirestani S, Sahari A, Barzegar M, Seyfabadi SJ. Chemical compositions and minerals of some commercially important fish species from the South Caspian Sea. *Int Food Res J.* 2009; 16:39-44.
38. Zitoun R. Copper Speciation in Dierent Marine Ecosystems around New Zealand; University of Otago; 2019.
39. Oldham VE, Swenson M, Buck K. Spatial variability of total dissolved copper and copper speciation in the inshore waters of Bermuda. *Mar. Pollut. Bull.* 2014; 79: 314-320.
40. Polak-Juszczak L. Mineral elements content in smoked fish. *Rocz Panstw Zakl Hig.* 2008; 59 (2): 187-196.
41. Hasselberg A E, Wessels, Aakre I, Reich F, Atter A, Steiner-Asiedu, M & Kjelleevold M. Composition of nutrients, heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons and microbiological quality in processed small indigenous fish species from Ghana: Implications for food security. *PLoS One.* 2020; 15 (11): p. e0242086.
42. Dahl L, Johansson L, Julshamn K & Meltzer HM. The iodine content of Norwegian foods and diets. *Public Health Nutr.* 2004; 7 (4): 569-576.
43. Molin M, Ulven SM, Meltzer HM & Alexander J. Arsenic in the human food chain, biotransformation and toxicology-Review focusing on seafood arsenic. *J Trace Elem Med Biol.* 2015; 31: 249-259.
44. Karl H, Münkner W, Krause S & Bagge I. Determination, spatial variation and distribution of iodine in fish. *Dtsch Leb.* 2001; 97 (3): 89-96.
45. Haldimann M, Alt, A, Blanc A & Blondeau K. Iodine content of food groups. *J Food Compos Anal.* 2005; 18 (6): 46-471.
46. Meador JP, Ernest DW & Kagley A. Bioaccumulation of arsenic in marine fish and invertebrates from Alaska and California. *Arch. Environ. Contam Toxicol.* 2004; 47 (2): 223-233.
47. Julshamn K, Dahl L & Eckhoff K. Determination of iodine in seafood by inductively coupled plasma/mass spectrometry. *J. AOAC Int.* 2001; 84 (6): 1976-1983.
48. Mohamed EAH, Al-Maqbaly R, Mansour M H. Proximate Composition, amino acid and mineral contents of five commercial Nile fishes in Sudan. *Afr. J. Food Sci.* 2010; 4 (10): 640-654.
49. Kawarazuka N, Bene C. The potential role of small fish species in improving micronutrient deficiencies in developing countries: Building evidence. *Public Health Nutr.* 2011; 14 (11): 1927-1938.
50. FAO. Definitions for the Purposes of the Codex Alimentarius. Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2001.

51. Alfonso C, Lourenço HM, Cardoso C, Bandarra NM, Carvalho ML, Castro M & Nunes ML. From fish chemical characterisation to the benefit-risk assessment-part A. Food Chemistry. 2013;137(1-4): 99-107.

52. Olmedo P, Hernández AF, Pla A, Femia P, Navas-Acien A & Gil F. Determination of essential elements (copper, manganese, selenium and zinc) in fish and shellfish samples. Risk and nutritional assessment and mercury-selenium balance. Food and Chemical Toxicology. 2013; 62: 299-307.