

Seguridad alimentaria y fortificación de alimentos a base de pulpa de café en tiempos pandémicos

Carmen Marín-Tello¹, Franklin Fernández-Sánchez², Paola Rodríguez-Cruzado³, Catherine Salcedo³, Cindy Morán-González³, Albert Cerna-López³, Iván González-Puetate⁴, Violeta Malpartida-Tello¹, César Sánchez-Marín¹, Lorena Zelada-Castillo¹, Alexander Vásquez-Arqueros¹, Amandio Vieira⁵

¹Laboratorio de Fisiología del Metabolismo de Alimentos en la Ruta de la Investigación Nutricional, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional de Trujillo, código postal 13011, Trujillo, Perú.

²Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Lonya Grande, Amazonas, código postal 01556. Amazonas, Perú.

³Centro de Investigación Tecnológica Agroindustrial Chavimochic, código postal 13011, Trujillo, Perú.

⁴Universidad de Guayaquil, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Código postal 090514. Guayaquil, Ecuador.

⁵ Nutrition and Metabolism Research Laboratory, Biomedical Physiology and Kinesiology Simon Fraser University, código postal V6B 5K3, Vancouver, B.C., Canadá.

*Autor de correspondencia: cmarin@unitru.edu.pe

Recibido: 23 de mayo de 2021

Revisado: 8 de septiembre de 2021

Aceptado: 9 de septiembre de 2021

RESUMEN

Introducción: la pandemia de COVID-19 originó pérdidas humanas, tensiones en la atención médica, la economía y otros sistemas sociales. **Objetivo:** recopilar información sobre seguridad alimentaria y fortificación de alimentos a base de pulpa de café considerando que una buena nutrición contrarresta las infecciones. **Metodología:** se analizó literatura en las bases SciELO y SCOPUS restringiendo términos de búsqueda a: seguridad alimentaria, COVID-19, tecnología de bloques o *blockchain*, suministro alimenticio, micronutrientes, regulación, fortificación con hierro con énfasis en productos a base de pulpa de café. **Resultados:** en tiempos de pandemia y otros desastres, uno de los factores que afectan la respuesta de un

huésped al virus es la nutrición, la seguridad alimentaria es importante especialmente en países con altas tasas de desnutrición y anemia, por ende, es fundamental la fortificación de alimentos comunes para contribuir en garantizar la adecuación nutricional como parte de las respuestas de los gobiernos, especialmente en áreas rurales y urbanas empobrecidas, planteándose sistemas de suministro de alimentos con la tecnología de bloques o *blockchain*. **Conclusión:** la fortificación de productos alimenticios a base de pulpa de café y el suministro que aplique tecnología de bloques podría ser una estrategia de respuesta a las consecuencias de la pandemia

Palabras clave: COVID-19, nutrición, pandemia, cadena de bloques, hambre oculta, micronutrientes, pulpa de café.

SUMMARY

Food safety and fortification of coffee pulp foods in pandemic times

Introduction: The COVID-19 pandemic caused human losses, tensions in medical care, the economy and other social systems. **Objective:** To collect information on food safety and fortification of foods based on coffee pulp, considering that good nutrition counteracts infections. **Methodology:** Literature in SciELO and SCOPUS bases was analyzed, restricting search terms to food safety, COVID-19, block chain technology, food supply, micronutrients, regulation, iron fortification with emphasis on coffee pulp-based products. **Results:** In times of pandemic and other disasters, one of the factors that affect the response of a host to the virus is nutrition. The importance of food security is recognized with proposals especially in countries with high rates of malnutrition and anemia, for the fortification of common foods to contribute to guaranteeing nutritional adequacy as part of the governments' responses, especially in impoverished rural and urban areas, considering food supply systems with block or Block Chain technology. **Conclusion:** The fortification of food products based on coffee pulp and their supply using block chain could be a response strategy to the consequences of the pandemic.

Keywords: COVID-19, nutrition, pandemic, block chain, hidden hunger, micronutrients, coffee pulp.

RESUMO

Segurança alimentar e fortificação de alimentos à base de polpa de café em tempos de pandemia

Introdução: a pandemia de COVID-19 causou perdas humanas, tensões na assistência médica, na economia e em outros sistemas sociais. **Objetivo:** coletar informações sobre segurança alimentar e fortificação de alimentos à base de polpa de café, considerando que uma boa nutrição combate infecções. **Metodologia:** a literatura foi analisada nas bases de dados SciELO e SCOPUS, restringindo os termos de busca a: segurança alimentar, COVID-19, tecnologia de bloco ou *blockchain*, abastecimento de alimentos, micronutrientes, regulação, fortificação de ferro com ênfase em produtos à base de polpa de café. **Resultados:** em tempos de pandemia e outros desastres, um dos fatores que afeta a resposta de um hospedeiro ao vírus é a nutrição, a segurança alimentar é importante principalmente em países com altos índices de desnutrição e anemia, portanto, a fortificação é essencial dos alimentos comuns para ajudar a garantir a adequação nutricional como parte das respostas governamentais, especialmente em áreas rurais e urbanas empobrecidas, considerando sistemas de abastecimento de alimentos com tecnologia block ou *blockchain*. **Conclusão:** a fortificação de produtos alimentícios à base de polpa de café e abastecimento aplicando tecnologia de blocos pode ser uma estratégia de resposta às consequências da pandemia.

Palavras-chave: COVID-19, nutrição, pandemia, *blockchain*, fome oculta, micronutrientes, polpa de café.

INTRODUCCIÓN

Los pueblos del mundo durante el 2020 sufrieron el embate de la pandemia por la enfermedad COVID-19 declarada por la Organización Mundial de la Salud [1]. Las metas de los objetivos de desarrollo sostenible (también conocidos como objetivos mundiales), particularmente, el objetivo 2, lograr el hambre cero en el mundo, al garantizar el acceso a alimentos inocuos, nutritivos y suficientes para todas las personas durante el año 2030, erradicando todas las formas de malnutrición, no se cumplirán según lo esperado [2].

Las pandemias han causado mortalidad en el mundo según los registros desde antes de Cristo iniciándose el recuento con la peste de Antonino o plaga de galeno que provocó 5 millones de muertes, la peste de Justiniano que se llevó la vida de 25 millones, la peste negra de 75-200 millones, la pandemia de cólera de 1 millón de personas, la gripe rusa

de 1 millón y el cólera que aún continúa en poblaciones que viven en condiciones insalubres. En el siglo XX se iniciaron las pandemias con la gripe española que produjo de 50 a 100 millones de muertes, la gripe asiática de procedencia aviar con una cifra de 1,2 a 2 millones, la gripe de Hong-Kong con 1 millón, el VIH-sida que ha producido cerca de 36 millones de muertes; aproximadamente 31-35 millones de personas conviven con el virus y, actualmente, la pandemia del COVID-19 [3].

Las crisis ocasionadas por las pandemias afectan la sostenibilidad de la producción de alimentos para los pueblos y la agricultura es uno de los sectores más afectados en el sistema alimentario. El término “pandemia de hambre” se menciona más frecuentemente; en este contexto, se empobrecen los más pobres, colapsan los sistemas alimentarios y se expanden los “desiertos alimentarios”, este fenómeno se torna insostenible para el sistema terrestre [4].

El hambre y la desnutrición a consecuencia de la pandemia del COVID-19, según el Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas (UN-PMA), en América Latina se produciría un incremento del 269% de personas desnutridas, en Asia Oriental y Central aumentarían las personas desnutridas en 135% y, aproximadamente, el 100% en África Subsahariana, zona que, actualmente, ya es golpeada por la desnutrición. Las muertes y la desnutrición serán muy altas y los niños serán los mayores afectados, aunque haya progresos contra el hambre, esta es una lucha perdida [2].

En poblaciones muy vulnerables, las personas tienen que elegir entre el hambre o el riesgo de infectarse [5]. La situación prepandémica de la salud infantil en diversas partes del mundo ya era precaria, por ejemplo, Perú, en agosto del 2020, ocupó el primer lugar de muertes en el mundo por el COVID-19, las cifras de desnutrición en niños menores de 5 años en el 2017 fueron 12,9 % y la anemia en niños menores de 36 meses fue de 43,6 %, la anemia se encontraba ya incrementada en regiones de altura (3800 m.s.n.m.), en la ciudad donde se encuentra el Lago más alto del mundo, Puno, contaba con una cifra de 70 % [6]. Asimismo, la pandemia ha incrementado más la brecha del no reconocimiento de las contribuciones de la mujer al cuidado de la salud y de no recompensar su subsidio invisible a los sistemas de salud en las sociedades donde la mujer como decisora de los alimentos que se consumen en el hogar juega un rol primordial [7].

En América Latina y el Caribe, los gobiernos del Perú, Guatemala, Chile entre otros países, en el marco de la *Agenda para el desarrollo sostenible*, adoptada por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para lograr el hambre cero en el mundo, han desplegado a través de sus organismos nacionales diversas estrategias para la lucha contra la desnutrición y anemia, sin embargo las metas para el año 2021 se reportan como no cumplidas en todos los países [8-11], los programas sociales aún en países desarrollados no han llegado a alimentar a la mitad de los niños con dere-

cho a comidas escolares gratuitas pues no tuvieron acceso al plan durante el cierre de COVID-19 como es el caso del Reino Unido [12].

Asimismo, se ha reportado que uno de cada tres seres humanos sufre de deficiencias de micronutrientes denominadas “hambre oculta”, los más afectados son nuevamente los niños en edad preescolar y las mujeres, por lo que existen propuestas para fortificar con micronutrientes los alimentos de consumo diario en el mundo dentro de un marco de seguridad alimentaria [13].

SEGURIDAD ALIMENTARIA

El concepto amplio vincula la disponibilidad permanente de alimentos que tienen características de ser nutritivos, inocuos, accesibles, suficientes de manera que se logre un estado de salud integral en la persona, promoviendo una vida activa y saludable [2].

En la figura 1 se grafica cómo estos alimentos deben ser suministrados a la población para satisfacer sus requerimientos nutricionales y mantener su fisiología en óptimas condiciones, lo que se refleja en una buena salud. Para ello, el suministro debe ser estable, permanente o sostenidamente en el tiempo, aún con pandemias bajo el marco de la seguridad alimentaria. Esta sostenibilidad del suministro depende de las estrategias que se empleen para la seguridad y oportunidad del envío hasta las zonas más alejadas de los pueblos rurales. Cada característica de la seguridad alimentaria contribuye en la calidad del producto alimenticio final, estas se describirán a continuación.

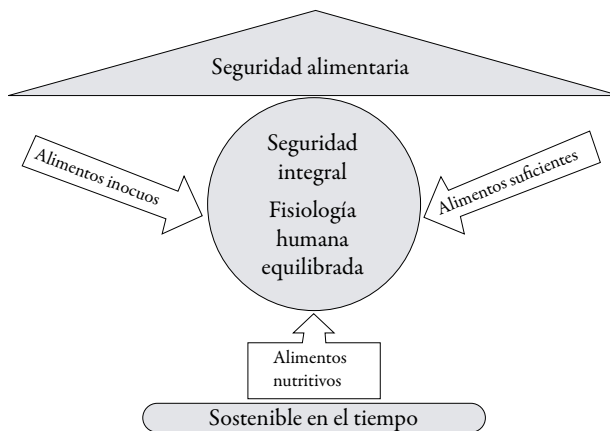


Figura 1. Características de los alimentos en el marco de la seguridad alimentaria.

ALIMENTOS INOCUOS

Los alimentos inseguros con contaminación biológica, química o física podrían causar más de 200 enfermedades afectando la fisiología de las personas especialmente a los bebés, niños, gestantes y ancianos, casi 1 de cada 10 personas se enferman al ingerirlos, provocando 420 000 muertes al año y la pérdida de 33 millones de años de vida saludable (AVAD) [14]. Estudios sugieren que la educación formal sobre seguridad alimentaria es una estrategia para disminuir estas enfermedades [15] y para promover conductas más favorables [16], asimismo el interés por la seguridad alimentaria se incrementa ante eventos de salud como la enfermedad del COVID-19 [17].

La pandemia ha permitido que se ponga mayor atención a las rutas de transmisión del SARS-CoV-2 en los países, fortaleciendo los hábitos de higiene en la manipulación de alimentos y superficies ambientales donde el virus podría permanecer varios días [18]. Desde antes de la pandemia, ya se habían instaurado políticas de estado en la agricultura en materia de seguridad alimentaria tales como la certificación de los productos alimenticios consumidos diariamente como el arroz, café, azúcar, carnes entre otros, aunque aún se encuentra en proceso que se garantice su accesibilidad sin restricciones a las clases económicas media a baja [19].

Por otro lado, las pérdidas económicas de los alimentos contaminados que se comercializan, el control, supervisión de alimentos, así como la actitud e inversión de productores y consumidores hacia estas medidas es estudiada por la economía de la seguridad alimentaria que permite la toma de decisiones y formulación de políticas relacionadas [20].

ALIMENTOS SUFICIENTES Y TECNOLOGÍA DE BLOQUES O *BLOCKCHAIN TECHNOLOGY*

Esta característica de alimento suficiente está relacionada con la accesibilidad a los alimentos, que cuenta con un sistema de suministro conformado por organizaciones, personas, actividades, información y recursos que participan en el traslado del producto alimenticio o servicio de un proveedor al cliente y debe asegurar que el usuario lo reciba manteniendo su calidad en cantidades suficientes y en el lugar donde se encuentre. Estudios refieren que, si este sistema es centralizado, aumenta las posibilidades de corrupción, fraude y sobre manipulación, por lo que se hace necesario introducir diversas estrategias para evitar estas prácticas, dentro de ellas la tecnología de cadena de bloques o *blockchain* (TB) para crear un sistema más confiable y seguro [21].

La TB es un sistema de información con registro único, consensuado y distribuido en varios nodos de una red que visibiliza los procesos y responsables de una cadena de suministro, que surge debido al interés creciente por modernizar y garantizar la seguridad alimentaria, de mantener de manera estable y en flujo continuo, logrando sostenibilidad, la cadena de suministros de alimentos, aún en tiempos difíciles. Es pertinente considerar el establecimiento de estándares con base científica y la inclusión de socios de la cadena de suministros para fomentar la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos, evitando el quiebre de pequeñas empresas, la escasez de alimentos, evitando reprimir emprendimientos y dañar a la persona y al medio ambiente pues como proceso moderno, este reduce documentación innecesaria y mejora la capacidad y eficiencia de los laboratorios de prueba [21-22].

Asimismo, de los laboratorios al mercado se han trasladado procedimientos para reducir o eliminar las pérdidas poscosecha en diversos países, tales como la irradiación de alimentos con fines sanitarios y fitosanitarios [23], asimismo, la industria 4.0 con una maquinaria agrícola con controles electrónicos, sensores y drones, trata de integrar los últimos avances de tecnologías digitales así como el proceso de interoperabilidad entre ellas, permitiendo que las empresas transmitan información en tiempo real en términos de comportamiento y desempeño. Sin embargo, sigue siendo un reto el satisfacer requisitos del consumidor en la cadena de suministro [24].

La tecnología de *big data* se está desarrollando en la cadena de suministro de alimentos para analizar la información recopilada en varias etapas de los procesos, desde la granja hasta la mesa y ayuda a los actores a tomar decisiones en tiempo real y permite que existan prácticas como las de la Unión Europea (UE), donde el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF) es la principal base de datos en línea de seguridad alimentaria utilizada por los sectores públicos y privados, la de Estados Unidos (EE. UU.) país donde existe el *Informe de rechazo de importaciones* (IRR) y TIR que brinda al público información sobre productos ilegales a través de la Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE. UU. (FDA) y en China donde cuentan con la base de datos de clasificación de inspección (ICD) y las alertas de la Administración estatal de China para la regulación del mercado (SAMR) [25].

Para contribuir en la seguridad alimentaria desde los Gobiernos se aprovecha la regulación de las subvenciones alimentarias brindadas por organismos internacionales a través de programas mundiales que suministran alimentos básicos, buscando brindar una nutrición mínima a poblaciones empobrecidas, especialmente en dos aspectos: Los principios del pensamiento centrado en el valor (*Value-Focused Thinking*, VFT) y la tecnología de cadena de bloques y contratos inteligentes (*Blockchain technology* y *Smart Contract*). Se recomienda aplicar estos enfoques en la distribución de la donación de alimentos. Los

contratos inteligentes son documentos que presentan un lenguaje codificado para incluir condiciones que norman y limitan las acciones que se aplicarán para todas las partes implicadas en la transacción, destacando su aplicación especialmente en los seguros agrícolas, los bonos verdes y procesos de vigilancia agroalimentaria con indicadores altamente eficaces, se contribuiría en regular adecuadamente relaciones entre los múltiples actores en un dominio público con mayor transparencia, confianza y trazabilidad para garantizar el beneficio masivo y la gobernanza efectiva [26].

Estos sistemas inteligentes para mejorar la cadena de suministros deben adecuarse a tiempos de pandemia. El COVID-19 obligó a los Gobiernos a tomar medidas drásticas para evitar la transmisión de la enfermedad tales como el estricto bloqueo y las actividades de fabricación y logística suspendidas. Esto obliga a activar planes de acción para abordar las interrupciones impuestas por la pandemia, para satisfacer la necesidad de granos alimenticios, ingredientes, medicamentos [27], equipos de protección personal (EPP) y otros artículos esenciales. Se ha identificado en el proceso de suministro, que la falta de funcionamiento del almacén de origen, así como de los almacenes de escala, debido a la escasez de mano de obra de conductores de camiones en las regiones infectadas interrumpió el normal funcionamiento de la cadena de suministro agroalimentaria. La integración de los almacenes ayudaría a lograr el cumplimiento de la demanda desde un almacén de respaldo durante las interrupciones en un almacén asignado. También, ayuda la entrega sincronizada de camiones y drones para llegar al cliente que reside en edificios de gran altura ubicados en áreas gravemente infectadas [28].

Las investigaciones revelan que los riesgos de logística e infraestructura, los riesgos de gestión y operativos y los riesgos de suministro, durante la pandemia, por ejemplo, tienen un impacto significativo en las cadenas de suministro agrícola (agricultura *supply chains*, ASCs), estos son afectados dependiendo del alcance y la escala de la organización. Como lecciones aprendidas se sugieren varias estrategias: toma de decisiones temprana, la adopción de tecnologías de la industria 4.0 (que pueden mejorar el procesamiento ágil y el ecosistema de la cadena de suministro para satisfacer la demanda dinámica), la colaboración y la responsabilidad compartida para un futuro sostenible [29].

Además, la tecnología *blockchain* también puede promover la gestión de la cadena de suministro ecológica para mejorar la sostenibilidad al rastrear productos y materiales de manera efectiva, así como monitorear el cumplimiento ambiental a lo largo de la cadena de suministro. Puede rastrear bienes defectuosos con precisión, lo que disminuirá el consumo de recursos y el desperdicio, así como también ahorrará una gran parte de la energía desperdiciada en la transmisión de larga distancia [30]. La digitalización debe implementarse en los procesos de entrega de suministros de grandes volúmenes de alimentos para evitar pérdidas, la transformación de las amenazas de pandemias

como la del COVID-19 deben plasmarse en oportunidades para reforzar las cadenas de suministros de alimentos [31].

ALIMENTOS NUTRITIVOS

Esta característica de los alimentos en la seguridad alimentaria debe responder a los problemas existentes en la población relacionada a la malnutrición en todas sus formas [32-33]. En la figura 2 se grafica la malnutrición que lleva a un cambio de la fisiología humana por: subalimentación o desnutrición, por deficiencia de micronutrientes como vitaminas o minerales esenciales y por sobre nutrición y obesidad.

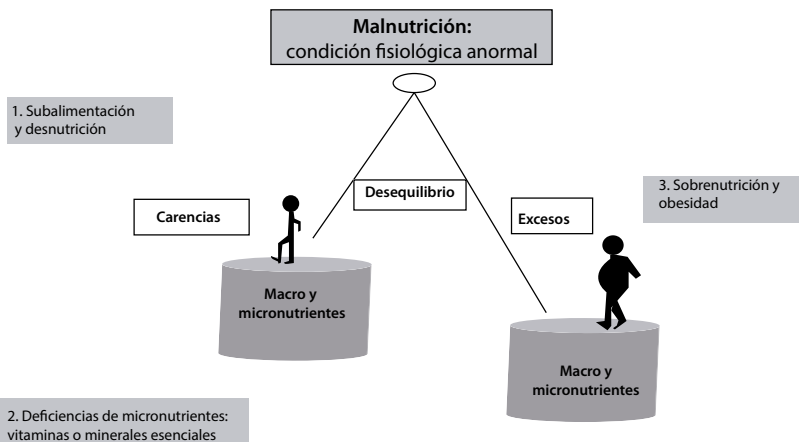


Figura 2. Manifestaciones de la Malnutrición como condición fisiológica anormal.

Todos los países del mundo están afectados por una o más formas de malnutrición [33], el impacto combinado de la desnutrición y el sobrepeso/obesidad, conocida como la “doble carga de la malnutrición” (DBM) [34], la cual será incrementada por la pandemia del COVID-19 [35]. Estudios indican que la inseguridad alimentaria y la microbiota intestinal también influyen en la DBM [36], asimismo, debido a que la pandemia ha provocado cambios significativos en la disponibilidad de alimentos, esto implicaría que las características del microbioma intestinal se vean afectadas.

Con respecto a las personas afectadas por la enfermedad del COVID-19 que son hospitalizadas en unidades de cuidados no intensivos, se ha encontrado una asociación con una alta prevalencia de desnutrición, especialmente, en pacientes transferidos desde UCI,

por lo que sería recomendable el cribado nutricional temprano [37]. Otro grupo de cuidado son los niños que directamente no se enferman como los adultos, pero si sufren los efectos indirectos de la crisis, por la mala alimentación, trastornos en la salud mental, el aislamiento social, la adicción a las pantallas y la falta de escolarización y atención médica, especialmente, entre los grupos vulnerables, lo que aumentaría la probabilidad de que la desnutrición empeore en los países de ingresos bajos y de manera inversa, en los de ingresos medios y altos, podría incrementarse las tasas de obesidad [38].

La malnutrición en sus extremos de presentación, con obesidad o desnutrición, influencia en el resultado clínico en la enfermedad aguda por coronavirus. El estado de inflamación de los sistemas cardiovascular, respiratorio, muscular, el deterioro del sistema inmunológico y enfermedades metabólicas relacionadas con la obesidad, así como la deficiencia de nutrientes, vitaminas y oligoelementos que desempeñan una modulación de la respuesta inflamatoria, que a su vez está vinculada a un pronóstico favorable o reservado de estos pacientes, es decir, el estado nutricional es fundamental para el curso y resultado de COVID-19 [39].

Aún, con las vacunas contra COVID-19, es necesario para el presente y futuro mantener y restablecer el sistema inmunológico para lidiar con infecciones similares, integrando las estrategias nutricionales debido a la importancia que tienen los nutrientes en la función inmunológica, dentro de ellos, los micronutrientes, como la vitamina D, el retinol, la vitamina C, el hierro, el selenio y el zinc, para la respuesta inmunológica adaptativa e innata [40].

DEFICIENCIA DE MICRONUTRIENTES: ANEMIA POR DEFICIENCIA DE HIERRO

El 24,8 % de la población mundial sufría de anemia hasta el 2005 [41], los progresos para erradicarla han sido limitados y más aún con la aparición de la pandemia. Uno de los objetivos de la Organización Mundial de la Salud es erradicar todas las formas de malnutrición, pero aún existían 614 millones de mujeres y 280 millones de niños con anemia por deficiencia de hierro en todo el mundo al 2020, esto afecta gravemente el aprendizaje, el rendimiento escolar y el desarrollo cognitivo de los niños por lo que se han desplegado estrategias para la detección de la deficiencia de hierro midiendo la ferritina para combatir la anemia y proteger el desarrollo cerebral [42, 43].

Estudios previos reportan asimismo, que la obesidad podría aumentar la carga de la anemia por lo que las estrategias también deben incluir a los niños con obesidad así como la atención en gestantes con anemia debido a las consecuencias graves que incluyen

deterioro del sistema inmunoinflamatorio, parto prematuro, muerte fetal, entre otros daños, lo que ha incentivado el interés por estudios sobre la influencia de la deficiencia de hierro en modelos animales tales como ratas preñadas; se ha demostrado que la alimentación con diferentes suplementos de hierro (como el complejo de polisacárido de hierro, proteínas de succinilato de hierro y sulfato ferroso) mejoran significativamente parámetros como saturación de transferrina, niveles de ferritina sérica, nivel de cadena ligera de ferritina en el hígado y el bazo de las ratas madres y crías así como el número de nacidos vivos por camada, el crecimiento físico y el desarrollo neuroconductual de las crías [44, 45].

FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS

El consumo de preparados farmacéuticos conteniendo hierro o vitaminas y productos nutracéuticos antes de la pandemia del COVID-19 presentaba un incremento por lo que, en esta nueva era, se prevé que los consumidores buscarán cada vez más alimentos funcionales para estimular su sistema inmunológico [46]. Dentro de los nutrientes, tenemos a los microminerales como el hierro y el cobre, que presentan efectos generalizados en casi todos los componentes de la respuesta inmunitaria por lo que su suplementación podría representar la diferencia entre contraer o no una enfermedad infecciosa [47]. El hierro tiene un rol fundamental en la inmunidad, su homeostasis regulada por los genes y proteínas controlan su aporte al organismo humano que puede reducir la disponibilidad de hierro para su no utilización por bacterias, parásitos y células neoplásicas [48], asimismo, las células de la inmunidad innata, monocitos, macrófagos, microglia y linfocitos combaten a las bacterias con mediadores como la hepcidina y ferroportina, por otro lado favorecen la actividad de células tipo toll, NF-kB, factor de hipoxia-1, diversas citosinas y especies reactivas de oxígeno y nitrógeno a favor del huésped [49, 50].

Debido a la ventajosa situación del organismo humano bien nutrido para resistir infecciones así como el buen desempeño cognitivo, se han implementado estrategias diversas para combatir la anemia por deficiencia de hierro, como es la fortificación de alimentos, para ello debe conocerse la biodisponibilidad de este mineral en los alimentos propuestos, para no interferir con los ingredientes que lo acompañan en la formulación, sino más bien crear sinergias con los complejos de hierro formados, verificar los costos, técnicas de procesamiento y la aceptabilidad del consumidor para que la fortificación sea exitosa [51]. Si bien estos alimentos fortificados ayudan a la prevención o restauración del déficit de hierro, siempre deben ser parte de una dieta saludable [52].

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) recomienda que las personas del propio país sean los que decidan la fortificación de sus alimentos en base a las carencias de nutrientes, hábitos alimentarios, prácticas de preparación de los alimentos, facilidades para el procesamiento de alimentos, prácticas de mercadeo, número de fabricantes, se sugiere que los países consideren fortificar varios alimentos a la vez. La fortificación de los alimentos con hierro con sulfato ferroso ha representado dificultades y problemas organolépticos por lo que una de las recomendaciones es el empleo de la sal sódica de hierro EDTA [53].

REGLAMENTACIÓN DE UN ALIMENTO FORTIFICADO CON HIERRO

Los alimentos requieren autorizaciones para su producción y consumo, de manera particular los “nuevos alimentos”, término con la que la Unión Europea (UE), denomina a los productos alimenticios producidos con nuevas tecnologías, derivados de nuevas fuentes, nuevas sustancias y alimentos tradicionales consumidos en países no pertenecientes a la UE o que no son consumidos en un grado significativo dentro de la UE antes del 15 de mayo de 1997 y se basan en el Reglamento (UE) 2015/2283 (2015). La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) es responsable de identificar y caracterizar cualquier peligro relacionado con el consumo de nuevos alimentos y evaluar el riesgo asociado a su consumo en las condiciones de uso propuestas [54].

En América Latina y el Caribe existen leyes para la fortificación de harina de trigo, para el caso de hierro la adición varía, por ejemplo, en Argentina y Perú recomiendan la adición de 30 mg de hierro elemental/kg de harina, en Bolivia 30 mg/kg, en Brasil 4,2 g de hierro/100 g harina, en Chile 30 mg de sulfato o pirofosfato de hierro/kg de harina, en Colombia 44 mg de sulfato, fumarato ferroso o hierro reducido/kg, en Costa Rica 60 mg de hierro/kg, en Ecuador 55 mg de hierro reducido micronizado/kg de harina, en El Caribe no menos de 2,9 mg/100 g de harina, en El Salvador, Guatemala y Honduras 55,0 mg de fumarato ferroso/kg, en México 55,0 mg de fumarato ferroso/kg, en Panamá 60,0 mg de hierro/kg de harina, en Paraguay como máximo 50,0 mg sulfato ferroso/kg, en Venezuela hasta 24 mg de hierro/kg de harina y en Cuba 45 mg de hierro/kg de harina [55-56].

Para el caso de la harina de pulpa de café, de acuerdo con la normatividad europea, esta debería tener datos sobre presencia y biodisponibilidad de nutrientes como de anti-nutrientes, procesos de producción, almacenamiento y procesamiento posterior del consumo previo. Si es un complemento alimenticio, según la EFSA, la ingesta es directamente derivado de los niveles máximos de uso diario propuestos, para el caso del Perú

se recomienda utilizar 30 mg de hierro/100 g de harina fortificada [57]. En este caso su ingesta podría combinarse con la harina de otras fuentes, como harina de trigo o de maíz, los usos serían como ingrediente, alimento integral y complemento alimenticio.

Estudios previos demuestran que la pulpa de café posee micronutrientes importantes, tales como hierro, calcio, magnesio, manganeso [58], algunas variedades como Villa Sarchi en cultivos de la región Amazonas del Perú tienen una concentración de 11,55 mg de hierro/100 g de muestra seca de pulpa de café [59].

El uso de los productos alimenticios a base de pulpa de café se ha estudiado y viene aplicándose para buscar nuevas fuentes alimenticias [60] y se ha demostrado inocuidad y aprovechamiento para incrementar la carcasa, peso y músculo en diversas especies animales al ser mezclados con los alimentos de uso frecuente en peces, aves, en roedores como cobayos [61], conejos [58], en porcinos y en bovinos [62], utilizando en algunos casos procesos de ensilaje donde se ha comprobado que disminuye los antinutrientes presentes como la cafeína [63], el ácido clorogénico y derivados de taninos [64-65].

Respecto al consumo humano, la cáscara o pulpa de café seca es comercializada en diversos países como infusión, aplicando las normas de calidad correspondientes como en el caso de Perú donde el organismo responsable de autorizar el registro sanitario de alimentos y bebidas de consumo humano ha aprobado su uso como infusión y fibra dietaria en presentación de harina siendo utilizada como ingrediente en la elaboración casera de panes [66]. Para maximizar su beneficio en la lucha contra la anemia se recomienda el desarrollo de productos y combinaciones de hierro con un potenciador de su biodisponibilidad y evitar la interacción con los inhibidores de hierro [67].

VENTAJAS DE LA FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS A BASE DE PULPA DE CAFÉ

En un contexto de pandemia y pospandemia, donde se agudiza la desnutrición, la anemia y existe el bloqueo de la cadena de suministros se debe contar con insumos propios de los pueblos más vulnerables y aprovechar los recursos naturales, tales como el residuo de la cosecha del grano de café, considerando que, de las cuatro regiones productoras en el mundo, Asia y Oceanía, América Central y México, así como América del Sur, la región de las Américas es la mayor productora [68]. Estudios previos en humanos demuestran que puede ser utilizado en la elaboración de galletas dulces sustituyendo la harina de los ingredientes en un 20 % sin afectar sus características y mejorando su contenido de minerales por lo que sería ventajoso su aprovechamiento en un marco de economía circular [69, 70].

DISMINUCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL Y APLICACIÓN DE UNA ECONOMÍA CIRCULAR

La cáscara o pulpa de café es el primer subproducto obtenido del procesamiento del café, representa aproximadamente el 40 al 50 % del peso de la baya de café y se constituye en un residuo contaminante de agua y ríos a nivel mundial en un estimado de 9,4 millones de toneladas/año. Es fuente de problemas ambientales para los países productores de café que en su mayoría son economías en vías de desarrollo [71-73] y su aprovechamiento aumentaría la cadena de valor del café, previniendo la pérdida de la pulpa, creándose empleos y fomentando el crecimiento económico [70].

De acuerdo con la OIC, en el año cafetero de 2015-2016 se produjeron 143 371 millones de sacos de 60 kg de café, lo que representaría aproximadamente 70 150 millones de sacos de 60 kg de pulpa de café desaprovechados [68], cuyo impacto ambiental debería disminuir.

RENTABILIDAD COMO INTERVENCIÓN EN LA LUCHA CONTRA LA ANEMIA EN UN SISTEMA DE SALUD

Estudios previos reportan que la concentración de hierro en sangre se puede mejorar con alimentos [74, 75], por lo que la fortificación debe proponerse considerando desafíos para evitar el deterioro del color y sabor de los alimentos, seleccionar los vehículos, la conservación y los sistemas de suministro más apropiados y el mejor costo que oscila entre \$ 22 y \$ 60/día, esto es más rentable que otras intervenciones de salud para niños con una relación beneficio: costo de 6: 1 a 36: 1, debido a los efectos combinados de la capacidad cognitiva y productividad física. Al comparar la suplementación alimentaria, la fortificación y diversificación dietética se concluye que la fortificación de alimentos es rentable (costo de \$ 66 por año de vida ajustado por discapacidad AVAD), mientras estudios previos sobre la suplementación y la diversificación dietética reportan un costo de \$ 179 y \$ 103 por AVAD, respectivamente [75], pero siempre es necesario en el escenario de la implementación efectiva de la fortificación, realizar estudios sobre aceptabilidad de la población [51].

La aceptabilidad puede variar de acuerdo con las regiones geográficas también por lo que se requiere innovar tecnologías alimentarias, por ejemplo, se ha reportado que la microencapsulación de hierro con monoestearato de poli glicerol (PGMS), utilizado como material de revestimiento, sulfato de amonio férrico y vitamina C al ser seleccionados como materiales centrales, son eficaces para la fortificación con hierro en bebidas de yogurt [76].

Los diseños de producto, así como el modelo de negocio para empresas existentes que deseen pasar de un modelo de economía lineal a un modelo de economía circular deberían contemplar los empaques y su reciclaje, sin disminuir la seguridad alimentaria. Para el caso de alimentos se podría considerar los ciclos biológicos, diseñándolos con materiales saludables (“nutrientes biológicos”) y seguros [70], por ejemplo, promover los materiales de empaque a base de pulpa de café que permitiría el posterior uso como abonos en la agricultura [60]. También es fundamental incentivar las buenas prácticas de prevención de mayores daños por enfermedades pandémicas o no pandémicas a través de la fortificación de alimentos [77, 78].

CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

- Diversas ciudades cafetaleras en caso de pandemias podrían utilizar la pulpa de café (que actualmente es desechada) en bebidas, harinas, empaques en un marco de economía circular.
- La educación en seguridad alimentaria es necesaria desde los primeros años y debe incluir estrategias nutricionales para proteger la fisiología humana y prevenir enfermedades transmisibles y no transmisibles.
- Iniciar en las comunidades pequeñas una base de datos de inspección de seguridad alimentaria, utilizando los registros oficiales de muestreo de alimentos en línea publicados, de acuerdo con recomendaciones gubernamentales.
- Es importante fortalecer la investigación sobre tecnología de alimentos con la información actual sobre la nutrición y es preciso identificar los grupos vulnerables que, según genotipo, hábitos alimentarios, actividad física y, más recientemente, perfil metagenómico puedan beneficiarse de un alimento específico enriquecido con hierro.
- Deben incentivarse políticas que garanticen la estabilidad del suministro de las dietas de los más pobres y vulnerables segmentos de la población, urbana o rural; el acceso físico (tiendas, mercados) y el acceso a alimentos económicos, saludables y nutritivos en todo tiempo.
- La revisión evidenció la aparición y la mejora de las tecnologías de información y comunicación dirigidas a los sistemas de trazabilidad de los alimentos, permitiendo un flujo seguro, autenticado y eficiente a través de dispositivos móviles y sensores digitales con una transmisión de datos en tiempo real. Esta colaboración de actores y sistemas deben mejorarse como nuevos modelos de distribución de alimentos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por Concytec-Fondecyt en el marco de la Convocatoria E041-2018-01-BM con Contrato 008-2018-Fondecyt-BM-IADT-MU.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

REFERENCIAS

1. WHO, *WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19-11*, 2020, URL: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>, consultado en enero de 2021.
2. FAO, FIDA, UNICEF, PMA, OMS, *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2018*, 2018, URL: <http://www.fao.org/3/i9553es/i9553es.pdf>, consultado en enero de 2021.
3. C. Castañeda, G. Ramos, Principales pandemias en la historia de la humanidad, *Rev. Cubana Pediatr.*, **92**, 1-24 (2020).
4. S. Savary, S. Akter, C. Almekinders, J. Harris, L. Korsten, R. Rötter, S. Waddington, D. Watson, Mapping disruption and resilience mechanisms in food systems, *Food Secur.*, **12**(4), 695-717 (2020).
5. I. Chirisa, T. Mutambisi, M. Chivenge, E. Mabaso, A.R. Matamanda, R. Ncube, The urban penalty of COVID-19 lockdowns across the globe: manifestations and lessons for Anglophone sub-Saharan Africa, *GeoJournal*, **87**, 815-828 (2022).
6. MIDIS, *Plan multisectorial de lucha contra la anemia*, Lima, Perú, 2018, URL: <https://www.gob.pe/institucion/midis/informes-publicaciones/272499-plan-multisectorial-de-lucha-contra-la-anemia>, consultado en enero de 2021.
7. A. Langer, A. Meleis, F.M. Knaul, R. Atun, M. Aran, H. Arreola-Ornelas, Z.A. Bhutta, A. Binagwaho, R. Bonita, J.M. Caglia, M. Claeson, J. Davies, F.A. Donnay, J.M. Gausman, C. Glickman, A.D. Kearns, T. Kendall, R. Lozano, N. Seboni,

- G. Sen, S. Sindhu, M. Temin, J. Frenk, Donen and Health: the key for sustainable development, *Lancet*, **386**(9999), 1165-1210 (2015).
8. MIDIS, *Gestión articulada para la lucha contra la anemia. Avances en el nivel regional*, Lima, Perú, 2018, URL: http://sdv.midis.gob.pe/Sis_Anemia/Uploads/Indicadores/experiencias-regionales.pdf, consultado en febrero de 2021.
 9. A. Cordon, G. Asturias, T. De Vries, P. Rohloff, Advancing child nutrition science in the scaling up nutrition era: a systematic scoping review of stunting research in Guatemala, *BMJ Paediatr: Open*, **3**(1), e000571 (2019).
 10. MIDIS, *Creación de la intervención integral Hambre Cero*, Lima, Perú, 2021, URL: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1560378/RM_013_2021MIDIS.pdf, consultado en febrero de 2021.
 11. R. Grajeda, T. Hassell, K. Ashby-Mitchell, R. Uauy, E. Nilson, Regional overview on the double burden of malnutrition and examples of program and policy responses: Latin America and the Caribbean, *Ann. Nutr. Metab.*, **75**(2), 139-143 (2019).
 12. J.C. Parnham, A.A. Lavery, A. Majeed, E.P. Vamos, Half of children entitled to free school meals did not have access to the scheme during COVID-19 lockdown in the UK, *Public Health*, **187**, 161-164 (2020).
 13. S. Majumder, K. Datta, S.K. Datta, Rice biofortification: High iron, zinc, and vitamin-A to fight against “Hidden Hunger”, *Agronomy*, **9**(12), 803 (2019).
 14. WHO, *Food Safety*, URL: <https://www.who.int/health-topics/food-safety>, consultado en febrero de 2021.
 15. S.-C. Kuo, Y.-M. Weng, Effects of food safety education on knowledge, attitude, and practice of schoolchildren in southern Taiwan: A propensity score-matched observational study, *Food Control*, **124**, 107360 (2021).
 16. I. Marklinder, R. Ahlgren, A. Blücher, S.-M. Ehn-Börjesson, F. Hellkvist, M. Moazzami, J. Schelin, E. Zetterström, G. Eskhult, M.-L. Danielsson-Tham, Food safety knowledge, sources thereof and self-reported behaviour among university students in Sweden, *Food Control*, **113**, 107130 (2020).
 17. S. Min, C. Xiang, X. Zhang, Impacts of the COVID-19 pandemic on consumers’ food safety knowledge and behavior in China, *J. Integr. Agric.*, **19**(12), 2926-2936 (2020).

18. S. Han, P.K. Roy, M.I. Hossain, K.-H. Byun, C. Choi, S.-D. Ha, COVID-19 pandemic crisis and food safety: Implications and inactivation strategies, *Trends Food Sci. Technol.*, **109**, 25-36 (2021).
19. N.H.D. My, M. Demont, W. Verbeke, Inclusiveness of consumer access to food safety: Evidence from certified rice in Vietnam, *Glob. Food Sec.*, **28**, 100491 (2021).
20. M. Focker, H.J. van der Fels-Klerx, Economics applied to food safety, *Curr. Opin. Food Sci.*, **36**, 18-23 (2020).
21. R. Azzi, R.K. Chamoun, M. Sokhn, The power of a *blockchain*-based supply chain, *Comput. Ind. Eng.*, **135**, 582-592 (2019).
22. D.F. Williams, E. Falcone, B. Fugate, Farming down the drain: Unintended consequences of the Food Safety Modernization Act's Produce Rule on small and very small farms, *Bus. Horiz.*, **64**(3), 361-368 (2021).
23. E. Ic, N. Cetinkaya, Food safety and irradiation related sanitary and phytosanitary approaches - Chinese perspective, *Radiat. Phys. Chem.*, **181**, 109324 (2021).
24. M. Lezoche, J.E. Hernandez, M.d.M.E. Alemany-Díaz, H. Panetto, J. Kacprzyk, Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture, *Comput. Ind.*, **117**, 103187 (2020).
25. C. Jin, Y. Bouzembrak, J. Zhou, Q. Liang, L.M. van den Bulk, A. Gavai, N. Liu, L.J. van den Heuvel, W. Hoenderdaal, H.J.P. Marvin, Big Data in food safety- A review, *Curr. Opin. Food Sci.*, **36**, 24-32 (2020).
26. R.S. Pawar, S.A. Sonje, S. Shukla, Food subsidy distribution system through Blockchain technology: a value focused thinking approach for prototype development, *Inf. Technol. Dev.*, **27**(3), 470-498 (2021).
27. B. Romeu, C. Sánchez, Y. Rodríguez, The regulatory approach on the Cuban response against COVID-19, *Rev Cubana Farm*, **53**(3), 1-7 (2020).
28. S. Singh, R. Kumar, R. Panchal, M.K. Tiwari, Impact of COVID-19 on logistics systems and disruptions in food supply chain, *Int. J. Prod. Res.*, **59**(7), 1993-2008 (2021).
29. R. Sharma, A. Shishodia, S. Kamble, A. Gunasekaran, A. Belhadi, Agriculture supply chain risks and COVID-19: Mitigation strategies and implications for

- the practitioners, *Int. J. Logist. Res. Appl.*, en prensa, 1-27 (2020). <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1830049>.
30. L.P. Mahyuni, R. Adrian, G.S. Darma, N.N.K. Krisnawijaya, I.G.A.A.P. Dewi, G.P.L. Permeant, Mapping the potentials of *blockchain* in improving supply chain performance, *Cogent Bus. Manag.*, **7**(1), 1788329 (2020).
 31. P. Soto-Acosta, COVID-19 Pandemic: Shifting digital transformation to a high-speed gear, *Inf. Syst. Manag.*, **37**(4), 260-266 (2020).
 32. FAO, ¿Por qué la nutrición es importante?, Segunda conferencia internacional de Nutrición, 2014, URL: <http://www.fao.org/3/a-as603s.pdf>, consultado en febrero de 2021.
 33. WHO, *Malnutrition*, 2020, URL: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>, consultado en febrero de 2021.
 34. D. Hoffman, C. Loechl, *The double burden of malnutrition*, IAEA-UNICEF-WHO Symposium, Vienna, December 2018: Proceedings, S. Karger AG, 2019.
 35. P. Littlejohn, B.B. Finlay, When a pandemic and an epidemic collide: COVID-19, gut microbiota, and the double burden of malnutrition, *BMC Med.*, **19**(1), 31 (2021).
 36. M.I. Smith, T. Yatsunencko, M.J. Manary, I. Trehan, R. Mkakosya, J. Cheng, A.L. Kau, S.S. Rich, P. Concannon, J.C. Mychaleckyj, J. Liu, E. Houpt, J.V. Li, E. Holmes, J. Nicholson, D. Knights, L.K. Ursell, R. Knight, J.I. Gordon, Gut microbiomes of Malawian twin pairs discordant for Kwashiorkor, *Science*, **339**(6119), 548-554 (2013).
 37. D. Bedock, P. Bel Lassen, A. Mathian, P. Moreau, J. Couffignal, C. Ciangura, C. Poitou-Bernert, A-C Jeannin, H. Mosbah, J. Fadlallah, Z. Amoura, J-M Oppert, P. Faucher, Prevalence and severity of malnutrition in hospitalized COVID-19 patients, *Clin. Nutr. ESPEN*, **40**, 214-219 (2020).
 38. B. Zemrani, M. Gehri, E. Masserey, C. Knob, R. Pellaton, A hidden side of the COVID-19 pandemic in children: the double burden of undernutrition and overnutrition, *Int. J. Equity Health*, **20**(1), 44 (2021).
 39. D. Fedele, A. De Francesco, S. Riso, A. Collo, Obesity, malnutrition, and trace element deficiency in the coronavirus disease (COVID-19) pandemic: An overview, *Nutrition*, **81**, 111016 (2021).

40. U. Gröber, M.F. Holick, The coronavirus disease (COVID-19): A supportive approach with selected micronutrients, *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, **92**(1), 13-34 (2022).
41. WHO, *Worldwide prevalence of anaemia 1993-2005*, WHO, Spain, 2008.
42. WHO, *WHO Guideline on use of ferritin concentrations to assess iron status in individuals and populations*, WHO, Switzerland, 2020.
43. WHO, *WHO guidance helps detect iron deficiency and protect brain development*, 2020, URL: <https://www.who.int/news/item/20-04-2020-who-guidance-helps-detect-iron-deficiency-and-protect-brain-development>, consultado en febrero de 2021.
44. Y.-X. Zhang, J. Chen, X.-H. Liu, Profiles of anemia among school-aged children categorized by body mass index and waist circumference in Shandong, China, *Pediatr. Neonatol.*, **62**(2), 165-171 (2021).
45. Q. Zhang, X.-M. Lu, M. Zhang, C.-Y. Yang, S.-Y. Lv, S.-F. Li, C.-Y. Zhong, S.-S. Geng, Adverse effects of iron deficiency anemia on pregnancy outcome and offspring development and intervention of three iron supplements, *Sci. Rep.*, **11**(1), 1347 (2021).
46. C.M. Galanakis, The food systems in the era of the coronavirus (COVID-19) pandemic crisis, *Foods*, **9**(4), 523 (2020).
47. C. Muñoz, E. Rios, J. Olivos, O. Brunser, M. Olivares, Iron, copper and immunocompetence, *Br. J. Nutr.*, **98**(S1), S24-S28 (2007).
48. I.V. Kokhan, [Role of iron in bacterial infections and microelement immunity], *Mikrobiol. Zh.*, **72**(5), 59-69 (2010).
49. R.J. Ward, R.R. Crichton, D.L. Taylor, L.D. Corte, S.K. Srail, D.T. Dexter, Iron and the immune system, *J. Neural Transm.*, **118**(3), 315-328 (2011).
50. S.S. Aly, H.M. Fayed, A.M. Ismail, G.L. Abdel-Hakeem, Assessment of peripheral blood lymphocyte subsets in children with iron deficiency anemia, *BMC Pediatr.*, **18**(1), 49 (2018).
51. K. Shubham, T. Anukiruthika, S. Dutta, A.V. Kashyap, J.A. Moses, C. Anandharamakrishnan, Iron deficiency anemia: A comprehensive review on iron absorption, bioavailability and emerging food fortification approaches, *Trends Food Sci. Technol.*, **99**, 58-75 (2020).

52. M.M. AbuKhader, Comparative assessment and suitability of iron and the nutritional composition of fortified foods for young children, *Nutr. Health*, **24**(2), 103-109 (2018).
53. M.C. Latham, Procesamiento y fortificación de los alimentos, en: *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*, FAO, Nueva York, 2002.
54. E. Ververis, R. Ackertl, D. Azzollini, P.A. Colombo, A. de Sesmaisons, C. Dumas, A. Fernandez-Dumont, L. Ferreira da Costa, A. Germini, T. Goumperis, E. Kouloura, L. Matijevic, G. Precup, R. Roldan-Torres, A. Rossi, R. Svejstil, E. Turla, W. Gelbmann, Novel foods in the European Union: Scientific requirements and challenges of the risk assessment process by the European Food Safety Authority, *Food Res Int.*, **137**, 109515 (2020).
55. M. Padrón, Intervenciones alimentarias y nutricionales en Cuba: Combatiendo las deficiencias de micronutrientes, *Rev. Cubana Salud Pública*, **29**(3), 282-283 (2003).
56. L.J. David, Fortificación de harina de trigo en América Latina y región del Caribe, *Rev. Chil. Nutr.*, **31**(3), 336-347 (2004).
57. C.A. Legua, G.C. Ramírez, *Informe del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición-CENAN*, INS, Lima, Perú, 2020, URL: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1190/Inf-INS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, consultado en febrero de 2021.
58. A. González Jáuregui, *Efecto de 5 niveles de pulpa de café en conejos para carne*, Tesis de grado, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México, 1981.
59. L. Zelada-Castillo, *Caracterización de minerales de la pulpa de Coffea arábica L. procedente de Lonya Grande, Amazonas*, Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, 2021.
60. C. Marín-Tello, L. Zelada-Castillo, A. Vásquez-Arqueros, A. Vieira, R. Siche, Coffee pulp: An industrial by-product with uses in agriculture, nutrition and biotechnology, *Rev. Agric. Sci.*, **8**, 323-342 (2020).
61. I. Yoplac, J. Yalta, H.V. Vásquez, J.L. Maicelo, Efecto de la alimentación con pulpa de café (*Coffea arabica*) en los índices productivos de cuyes (*Cavia porcellus L*) raza Perú, *Rev. Investig. Vet. Perú*, **28**(3), 549 (2017).

62. R. Pinto-Ruiz, F. Guevara-Hernández, J.A. Medina, D. Hernández-Sánchez, A. Ley-de Coss, E. Guerra-Medina, Conducta ingestiva y preferencia bovina por el ensilaje de Pennisetum y pulpa de café, *Agron. Mesoam.*, **28**(1), 59 (2016).
63. D.H. Falcón, O.E.L. Lozano, L.A.F. García, E.G. García, Validación de un método cromatográfico para la determinación de cafeína en muestras acuosas de la Industria Farmacéutica, *Rev Cubana Farm.*, **49**(2), 219-231 (2015).
64. A. Noriega-Salazar, R. Silva-Acuña, M. García de Salcedo, Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal, *Zootec. Trop.*, **27**(2), 135-141 (2009).
65. A. Noriega-Salazar, R. Silva-Acuña, M. García de Salcedo, Revision: Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal, *Zootec. Trop.*, **26**(4), 411-419 (2008).
66. DIGESA, Registro sanitario Perú, Harina de pulpa de café, Lima Perú, 2015, Report N°: RS.N:30341BN/NARSSC.
67. R. Blanco-Rojo, M.P. Vaquero, Iron bioavailability from food fortification to precision nutrition. A review, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, **51**, 126-138 (2019).
68. E. Figueroa-Hernández, F. Pérez-Soto, L. Godínez-Montoya, R.A. Perez-Figueroa, Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial, *Rev. Mex. Econ. Finanz.*, **14**(1), 41-56 (2019).
69. F.C. Ponce-Rosas, *Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pulpa de café (coffea arabica) en el color, textura y contenido de minerales en galletas dulces*, Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Chanchamayo, Perú, 2018.
70. N.M.P. Bocken, I. de Pauw, C. Bakker, B. van der Grinten, Product design and business model strategies for a circular economy, *J. Ind. Prod. Eng.*, **33**(5), 308-320 (2016).
71. R. Gurram, M. Al-Shannag, S. Knapp, T. Das, E. Singsaas, M. Alkasrawi, Technical possibilities of bioethanol production from coffee pulp: a renewable feedstock, *Clean Technol. Environ. Policy*, **18**(1), 269-278 (2016).
72. A. Pandey, C.R. Soccol, P. Nigam, D. Brand, R. Mohan, S. Roussos, Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses, *Biochem. Eng. J.*, **6**(2), 153-162 (2000).

73. M. El Achaby, M. Ruesgas-Ramón, N-EH Fayoud, M.C. Figueroa-Espinoza, V. Trabadelo, K. Draoui, H. Ben-Youcef, Bio-sourced porous cellulose microfibrils from coffee pulp for wastewater treatment, *Cellulose*, **26**(6), 3873-3889 (2019).
74. C. Westgard, L. Orrego-Ferreyros, L. Franco-Calderón, A. Rogers, Dietary intake, intestinal infection, and safe drinking water among children with anemia in Peru: a cross-sectional analysis, *Nutrition BMC*, **7**(1), 11 (2021).
75. P. Deter, S. Wieser, Food fortification for addressing iron deficiency in Filipino children: Benefits and cost-effectiveness, *Ann. Nutr. Metab.*, **66**(Suppl. 2), 35-42 (2015).
76. S.J. Kim, J. Ahn, J.S. Seok, H.S. Kwak, microencapsulated iron for drink yogurt fortification, *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, **16**(4), 581-587 (2003).
77. P.A. Rivera-Díaz, H. Rubiano-Daza, J.C. Quintero-Quimbaya, D.P. Hoyos-Armero, C. Herrera-Ramírez, S.M. Rivera-Ospitia, C.P. Ortiz, Conocimiento preventivo y su práctica entre la población de Colombia hacia la enfermedad por Coronavirus (COVID-19): una perspectiva de género, *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.*, **49**(3), 776-789 (2020).
78. WHO, *Monitoring flour fortification to maximize health benefits*, 2021, URL: <https://www.who.int/publications/i/item/978940032545>, consultado en septiembre de 2021.

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO

C. Marín-Tello, F. Fernández-Sánchez, P. Rodríguez-Cruzado, C. Salcedo, C. Morán-González, A. Cerna-López, I. Gonzáles-Puetate, V. Malpartida-Tello, C. Sánchez-Marín, L. Zelada-Castillo, A. Vásquez-Arqueros, A. Vieira, Seguridad alimentaria y fortificación de alimentos a base de pulpa de café en tiempos pandémicos, *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.*, **51**(1), 470-492 (2022).