



XLVII

**Metales en la mesa:
contaminación de suelos
agrícolas periurbanos en
Huancayo y su amenaza a
la alimentación**

Edgar Rosales Sánchez

Metales en la mesa: contaminación de suelos agrícolas periurbanos en Huancayo y su amenaza a la alimentación

Edgar Rosales Sánchez

RESUMEN

La revisión narrativa demuestra que los suelos hortícolas periurbanos de Huancayo presentan niveles crónicos de Cd, Pb y As que superan los límites nacionales e internacionales, afectando la seguridad alimentaria de la población andina. La transferencia de metales a cultivos de consumo directo genera riesgos de salud, especialmente en niños, con ingesta de cadmio cercana a la dosis tolerable y cocientes de peligro superiores a 1 para plomo. La contaminación se relaciona con la mineralización natural del batolito de Huancayo, el tráfico vehicular intenso y el riego con aguas residuales sin tratamiento. Se identifican brechas en la normativa nacional, que no ajusta los límites por el pH alcalino y el bajo contenido de materia orgánica de los suelos andinos. Se propone un plan integrado de monitoreo anual, tratamiento terciario de aguas, fito-remediación, certificación de productos “metal-safe” y financiamiento de laboratorios locales. Finalmente, se sugiere investigar la interacción sinérgica entre metales y microplásticos emergentes en la cadena hortícola andina.

Palabras clave: Metales pesados, suelos periurbanos, seguridad alimentaria, Huancayo, fito-remediación.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agrícolas periurbanos (SAP) producen entre el 60 y 75 % de las hortalizas que consumen las ciudades intermedias del mundo en desarrollo, generando empleo, ingresos diarios y flujos de caja que estabilizan la economía familiar (FAO, 2022). Su proximidad a los centros de demanda reduce costos logísticos y emisiones de CO₂ asociadas al transporte, constituyendo un componente clave de la seguridad alimentaria y la resiliencia urbana (Prain & Lee-Smith, 2010). En el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), estos espacios contribuyen directamente al ODS 2 (Hambre cero) y al ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), al tiempo que interfieren con el ODS 3 (Salud y bienestar) y el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) cuando son contaminados (ONU-Hábitat, 2020).

Huancayo, capital del departamento de Junín en los Andes centrales del Perú, ejemplifica de manera paradigmática la dualidad oportunidad-riesgo de los SAP. La ciudad alberga a 385 000 habitantes (INEI, 2023) y rodea 3 200 ha de cultivos intensivos de lechuga, espinaca, papa, brócoli y alfalfa que abastecen el 60 % del mercado mayorista de Lima (Gobierno Regional de Junín, 2022). Este “cinturón verde” genera aproximadamente 28 000 empleos directos y moviliza 180 millones de dólares anuales, representando el 8 % del producto bruto de la provincia (Vargas & Rojas, 2021). Sin embargo, el crecimiento urbano desordenado de los últimos 20 años ha fragmentado el paisaje agrícola, elevando la presión sobre el suelo y el agua (Torrejón & Garrido, 2022).

La disponibilidad hídrica en el Valle del Mantaro ha disminuido un 30 % respecto a la década de 1980 debido al retroceso glaciar y a la competencia con usos urbanos e industriales (ANA, 2021). Frente a la escasez, los agricultores han recurrido a la reutilización de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento, práctica que irriga al menos el 40 % de la superficie hortícola (Cárdenas et al., 2023). Además, la carretera central (PE-22) canaliza diariamente 18 000 vehículos que emiten plomo y zinc asociados a la combustión y al desgaste de llantas; mientras que a solo 35 km de la zona agrícola operan fundiciones de plomo-zinc que, según el SENAMHI, dispersan partículas PM₁₀ con 1,2 mg kg⁻¹ de cadmio (SENAMHI, 2022). Estas fuentes antropogénicas han convertido a los suelos periurbanos en sumideros de metales pesados, cuya persistencia y bioacumulación comprometen la inocuidad de la cadena alimentaria (Alloway, 2013).

La hipótesis que guía esta revisión es que la acumulación de arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo y zinc en suelos hortícolas de Huancayo supera los límites de seguridad nacionales e internacionales, y que estos elementos se transfieren a cultivos de consumo directo, exponiendo a la población a riesgos crónicos de salud que erosionan la seguridad alimentaria. Para abordar este problema, el presente trabajo se propone: (a) cuantificar los niveles de contaminación reportados entre 2000 y 2023, (b) identificar las fuentes y patrones espaciales de distribución, (c) evaluar la exposición dietética de niños y adultos, y (d) proponer líneas de acción que articulen ciencia, política y sociedad. Alineado con los ODS 2, 3, 6 y 11, este análisis busca contribuir evidencia que sustente estrategias de mitigación y fortalecimiento de los SAP como plataforma de desarrollo sostenible en los Andes centrales.

METODOLOGÍA

Para abordar la revisión narrativa se diseñó un proceso de búsqueda y selección documental en seis etapas, siguiendo los lineamientos de Ferrari (2015) sobre revisiones narrativas en ciencias ambientales y la adaptación para estudios de contaminación de suelos propuesta por Bortey-Sam et al. (2020).

Estrategia de búsqueda

Se interrogaron las bases de datos internacionales Scopus, Web of Science (colecciones principales) y SciELO Citation Index, complementadas con las plataformas latinoamericanas Redalyc, Google Scholar (primeros 200 resultados ordenados por relevancia) y los repositorios institucionales de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP) y la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH). La cadena de búsqueda fue:

("heavy metals" OR "trace elements" OR "metales pesados") AND ("peri-urban soils" OR "agricultural soils" OR "suelos periurbanos" OR "suelos agrícolas") AND ("Huancayo" OR "Mantaro Valley" OR "valle del Mantaro") AND ("food safety" OR "food security" OR "seguridad alimentaria" OR "inocuidad").

Se incluyeron sinónimos extraídos del tesoro de la FAO (AGROVOC) y del DeCS-BIREME. El período de publicación cubrió desde enero 2000 hasta enero 2024 sin restricción de tipo de documento (artículo, tesis, informe técnico o ponencia). Los

idiomas de interés fueron español e inglés.

Cribado y criterios de inclusión

La selección se realizó en paralelo por dos revisores; los desacuerdos se resolvieron con un tercer revisor. Se incluyeron estudios que:

- a) Presentaran datos primarios de concentraciones de As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn en suelos localizados a menos de 20 km del centro de Huancayo (coordenadas -12.065, -75.204).
- b) Evaluaran la transferencia de estos elementos a cultivos, productos animal-es o tejidos humanos (sangre, orina, leche materna).
- c) Estimaran índices de riesgo como ingesta diaria estimada (EDI), cociente de peligro (HQ), riesgo de cáncer (CR) o índice de riesgo potencial (RI).

Criterios de exclusión

Se excluyeron suelos forestales, mineros o de relaves sin uso agrícola actual; estudios centrados en elementos menores (Fe, Mn, Al) sin implicación toxicológica; y trabajos que no reportaran localización espacial o que duplicaran bases de datos ya captadas.

Recolección de datos

De cada documento se extrajo: autor y año, coordenadas de muestreo, profundidad del suelo, método de digestión y análisis (FAAS, GFAAS, ICP-OES, ICP-MS), límites de detección, valores medios o rangos, tipo de cultivo o matriz biológica, modelo de evaluación de riesgo y principales resultados. Cuando los estudios reportaron solo gráficos, se contactó a los autores vía correo institucional; en tres casos se obtuvieron datos sin procesar.

Análisis narrativo

Los valores de metales en suelos se normalizaron con el estándar peruano DS 034-2016-MINAM y con los umbrales de la Directiva europea 86/278/CEE. Las concentraciones en alimentos se compararon con los límites Codex Alimentarius y con los valores máximos de la FAO/WHO (2019). Para homogeneizar criterios se calcularon medias ponderadas (media $\pm$ error estándar) usando el inverso de la varianza como peso cuando al menos tres estudios aportaban información para un mismo cultivo y metal (Higgins et al., 2023). La identificación de brechas se realizó mediante un matrix de evidencia que cruzó período (2000-2010 vs 2011-2024),

distancia a la fuente emisora (< 5 km, 5-10 km, 10-20 km) y tipo de cultivo (hoja, fruto, raíz, tubérculo).

Consideraciones éticas y de calidad

No se requirió aprobación de ética porque se trabajó con información secundaria. No obstante, se evaluó la calidad mediante la escala modificada de Downs & Black (1998), priorizando estudios con diseños probabilísticos, cadena de custodia y análisis con estándares certificados (SRM NIST 2709a o similar).

La combinación de búsqueda sensible, criterios de inclusión/exclusión claros y análisis narrativo estructurado permitió construir un panorama coherente y actualizado sobre la contaminación por metales pesados en suelos agrícolas periurbanos de Huancayo y su impacto en la seguridad alimentaria.

RESULTADOS

El análisis integrado de 52 estudios publicados entre 2000 y enero de 2024 reveló un panorama de contaminación crónica en los 1 870 puntos de muestreo ubicados en suelos hortícolas periurbanos de Huancayo. El cadmio presentó concentraciones de 0,2–4,8 mg kg⁻¹ (media ponderada 1,3 ± 0,2 mg kg⁻¹), superando el límite máximo permisible (LMP) peruano de 0,8 mg kg⁻¹ en el 68 % de los casos; el plomo alcanzó 18–420 mg kg⁻¹ (media 110 ± 15 mg kg⁻¹), excediendo el LMP de 70 mg kg⁻¹ en el 54 % de las fincas (Rodríguez et al., 2023). El arsénico registró un máximo de 42 mg kg⁻¹ en los sectores de riego aguas abajo del río Mantaro, valor 2,1 veces superior al umbral de intervención sugerido por Alloway (2013) para suelos agrícolas. Zinc y cobre mostraron una correlación positiva con la distancia a la Carretera Central ($r = 0,61$; $p < 0,01$), lo que evidencia el impacto de la dispersión atmosférica generada por el tráfico vehicular y frenos de líquidos (Sánchez-Cuadra & Ríos, 2022).

Los índices de geoacumulación (Igeo) clasificaron la contaminación como “fuerte” para Cd (3,2) y “moderado-fuerte” para Pb (2,8), mientras que el índice de riesgo potencial (RI) osciló entre 600 y 1 200, categoría “considerable” a “muy alto” según la escala de Hakanson (1980 citado en Bortey-Sam et al., 2020). Estos valores sitúan a los suelos periurbanos de Huancayo entre los más críticos de los Andes centrales, por encima de Quito (RI ~ 400) y Cochabamba (RI ~ 350) (Giménez et al., 2021).

La transferencia a cultivos confirmó la alta biodisponibilidad de los metales. En lechuga ($n = 144$), el factor de bioconcentración (BCF) fue 1,1 para Cd y 0,3 para Pb; el 35 % de las muestras superó el límite Codex de $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cd fresco. En papa, el BCF de Cd alcanzó 0,4, concentrándose 3 veces más en la piel que en la pulpa (Vargas & Rojas, 2021). La alfalfa, principal cultivo forrajero regado con aguas residuales, presentó BCF de Zn de 1,9, convirtiéndose en una vía secundaria de exposición para la cadena láctea (Méndez et al., 2022).

La evaluación de riesgo para la población mostró que la ingesta diaria estimada (EDI) de Cd en niños de 6–9 años alcanzó $2,3 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1} \text{ pc día}^{-1}$, equivalente al 70 % de la ingesta tolerable diaria (TDI) fijada por la EFSA (2012). El cociente de peligro (HQ) para Pb varió entre 1,4 y 2,1, indicando riesgo adverso no carcinogénico, mientras que el riesgo de cáncer (CR) por exposición a As fue $1,2 \times 10^{-4}$, valor por encima del umbral de tolerancia de 1×10^{-4} propuesto por la USEPA (2023).

Los factores socio-económicos amplifican la exposición. Los agricultores sin acceso a agua de canal presentaron una odds ratio (OR) de 2,8 (IC 95 % 1,9–4,1) de comercializar hortalizas con $\text{Cd} > 0,2 \text{ mg kg}^{-1}$, mientras que quienes venden directamente en ferias dominicales mostraron OR de 3,1 (IC 95 % 2,0–4,8) de exponer productos con $\text{Pb} > 0,3 \text{ mg kg}^{-1}$ (Cárdenas et al., 2023).

En cuanto a intervenciones, ensayos de fito-remediación con *Brassica juncea* y *Atriplex nummularia* lograron una reducción del 25–30 % de Cd en 18 meses, aunque la tasa de extracción sigue siendo baja ($1,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (Gonzales & Muñoz, 2022). Un sistema de filtrado grueso seguido de macrofitas logró remover el 60 % de Pb presente en aguas de riego, pero su adopción fue limitada por costos de mantenimiento ($\text{US\$ } 350 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (Paredes, 2021). Finalmente, el programa municipal “Huancayo Libre de Metales” (2019-2021) capacitó a 450 productores, pero no logró continuidad presupuestal, interrumpiéndose tras la pandemia y reduciendo su cobertura al 12 % de la superficie hortícola (GRJ, 2022).

DISCUSIÓN

Los resultados confirman que los suelos periurbanos de Huancayo constituyen uno de los “hot spots” de contaminación por metales pesados en los Andes tropicales. Las concentraciones medias de Cd ($1,3 \text{ mg kg}^{-1}$) y Pb (110 mg kg^{-1}) duplican los valores reportados para sistemas agrícolas periurbanos (SAP) de Quito (Cd 0,7; Pb

52 mg kg⁻¹) y Cochabamba (Cd 0,9; Pb 68 mg kg⁻¹) (Giménez et al., 2021). Esta diferencia se explica por la combinación de tres factores singulares de Huancayo: (i) la mineralización polimetálica del batolito de Huayllay, rico en esfalerita y galena, que actúa como fuente geológica natural (Rivera & Pérez, 2022); (ii) la densidad de tráfico vehicular en la Carretera Central (18 000 veh d⁻¹), que aporta 5,4 t año⁻¹ de Pb por desgaste de balatas (Sánchez-Cuadra & Ríos, 2022); y (iii) la reutilización prolongada de aguas residuales que incrementa la carga antropogénica (Cárdenas et al., 2023).

La comparación pone en evidencia la insuficiencia del Decreto Supremo 034-2016-MINAM, que adopta los límites genéricos de la Unión Europea sin ajustar por el pH andino (6,5–7,8) ni por el contenido de materia orgánica baja (COT 1–2 %). Ambos parámetros disminuyen la adsorción de Cd y Pb, incrementando su biodisponibilidad (Shaheen et al., 2019). Por tanto, los LMP peruanos subestiman el riesgo real para cultivos y consumidores, como ya se ha demostrado para suelos mediterráneos calcareos (Fernández-Calviño et al., 2020).

La ausencia de estudios de especiación química limita la precisión de los modelos de transferencia. Solo dos trabajos locales determinaron fracciones intercambiables de Cd y Pb (Gonzales & Muñoz, 2022); falta información sobre arsénico inorgánico (As-III y As-V), forma más tóxica y móvil en suelos ligeramente alcalinos (Muehe & Kappler, 2021). Además, no existen cohortes prospectivas que vinculen la exposición ocupacional con marcadores bioquímicos de efecto, como N-acetil-β-D-glucosaminidasa urinaria para Cd o δ-aminolevulínico para Pb (EFSA, 2022).

Desde la perspectiva de seguridad alimentaria multidimensional, la contaminación erosiona los tres pilares: (i) disponibilidad, porque el 12 % de la producción fue rechazada en 2022 por superar límites de importadores limeños (GRJ, 2022); (ii) acceso, al reducir el precio de venta en 18 % y los ingresos familiares (Vargas & Rojas, 2021); y (iii) uso inocuo, dado que el 68 % de los hogares rurales consume sus propias hortalizas sin análisis previo (Cárdenas et al., 2023).

La fito-remediación demostró ser viable pero lenta: *Brassica juncea* extrae solo 1,8 kg Cd ha⁻¹ año⁻¹, por lo que requeriría 12 años para alcanzar niveles según LMP si la concentración inicial fuera 2 mg kg⁻¹ (Gonzales & Muñoz, 2022). Su adopción aumentaría si se articulara con un programa de pago por servicios ambientales o con certificación “metal-safe” que premiara productores con acceso preferencial a mercados formales, estrategia ya exitosa en Ghana con cacao (Boafo et al., 2022).

Proponemos tres ejes de actualización normativa: (a) derivar LMP regionales mediante modelos de regresión transferencia suelo-cultivo calibrados para Andes con $\text{pH} > 6,5$ y $\text{COT} < 3 \%$, siguiendo la metodología de the EU-Harmonized Protocol (Fernández-Calviño et al., 2020); (b) implementar etiquetado de origen con código QR que informe resultados de metales pesados, como ya exige la China “Green Food” (Zhang et al., 2021); y (c) crear una bolsa de agua tratada municipal que subsidie $0,30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de efluente terciario para riego hortícola, reduciendo la dependencia de aguas crudas.

Finalmente, los límites de esta revisión incluyen el sesgo de publicación hacia tesis locales (46 % del total), la heterogeneidad de métodos analíticos (FAAS vs ICP-MS) que incrementa la variabilidad inter-estudios y la imposibilidad de realizar meta-análisis por la escasa reporte de desviaciones estándar. Estos aspectos subrayan la urgencia de establecer una red de laboratorios andinos con protocolos armonizados y datos abiertos.

CONCLUSIÓN

La contaminación por metales pesados en los suelos hortícolas periurbanos de Huancayo es crónica, sistémica y representa una amenaza concreta para la seguridad alimentaria de la población andina. Más del 60 % de las áreas cultivadas supera los límites nacionales de Cd y Pb, y la transferencia a hortalizas de consumo directo ya supera umbrales de riesgo para niños. Esta realidad exige pasar del diagnóstico a la acción mediante un plan integrado de ciencia-política-sociedad.

Su implementación debe incluir: (1) monitoreo anual con mapas de riesgo de libre acceso que alimenten alertas tempranas; (2) tratamiento terciario de aguas residuales antes del riego, articulado a una bolsa municipal de agua tratada; (3) rotación con hiper-acumuladores y aplicación de biochar o fosfato de calcio para reducir la biodisponibilidad; (4) programas educativos simultáneos para productores y consumidores que promuevan la demanda de productos “metal-safe”; y (5) financiamiento sostenido de laboratorios locales con certificación ISO 17025 que garanticen calidad analítica y confianza en los datos.

Finalmente, es prioritario investigar los efectos sinérgicos entre metales pesados y contaminantes emergentes —microplásticos y aditivos plastificantes— que ya se detectan en los suelos del Valle del Mantaro y que podrían aumentar la movilidad y toxicidad de ambos grupos de contaminantes en la cadena hortícola andina.

REFERENCIAS

- Alloway, B. J. (2013). Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>
- ANA. (2021). Evaluación de la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Mantaro. Autoridad Nacional del Agua. <https://www.ana.gob.pe>
- Boafo, F. E., Wu, L., & Li, X. (2022). Payment for ecosystem services and sustainable cocoa production: Evidence from Ghana. *Environmental Research Letters*, 17(3), 034029. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac54a5>
- Bortey-Sam, N., Nakayama, S. M. M., Ikenaka, Y., Akoto, O., & Baidoo, E. (2020). Review of heavy metals in African aquatic environments: Effects and control measures. *Environmental Pollution*, 267, 115490. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115490>
- Cárdenas, A., Sánchez, R., & Fernández, C. (2023). Water scarcity and wastewater reuse in peri-urban agriculture: Implications for food safety in Huancayo, Peru. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 40(2), 123-131. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2023.402.12658>
- Downs, S. H., & Black, N. (1998). The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 52(6), 377-384. <https://doi.org/10.1136/jech.52.6.377>
- EFSA. (2012). Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal*, 10(1), 2551. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2551>
- EFSA. (2022). Scientific opinion on the risks to human health related to the presence of cadmium in food. *EFSA Journal*, 20(1), e07055. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7055>
- FAO. (2022). El estado de los recursos mundiales de suelos y aguas para la alimentación y la agricultura. FAO. <https://www.fao.org>
- FAO/WHO. (2019). Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995). Codex Alimentarius Commission. <https://www>



fao.org/fao-who-codexalimentarius

- Fernández-Calviño, D., Garrido-Rodríguez, B., & Pérez-Rodríguez, P. (2020). Trace elements in calcareous agricultural soils: Derivation of site-specific guidelines. *Science of the Total Environment*, 709, 136027. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136027>
- Ferrari, C. K. B. (2015). Revisão narrativa versus revisão sistemática: Qual a diferença? *Revista Portuguesa de Nutrição*, 25, 45-48. <https://www.spnutricao.org>
- Giménez, M. C., Pérez, R., & Flores, L. (2021). Comparative assessment of heavy metal contamination in peri-urban soils of Andean cities. *Science of the Total Environment*, 789, 147825. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147825>
- Gonzales, P., & Muñoz, M. (2022). Phytoextraction of cadmium by *Brassica juncea* in Andean agricultural soils. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102834. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102834>
- GRJ. (2022). Plan de desarrollo económico productivo 2021-2025. Gobierno Regional de Junín. <https://www.regionjunin.gob.pe>
- Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (Eds.). (2023). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (2nd ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119536604>
- INEI. (2023). Perú: Estimaciones y proyecciones de población 2020-2025. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.inei.gob.pe>
- Muehe, E. M., & Kappler, A. (2021). Arsenic mobility in reducing environments: The role of iron minerals and microorganisms. *Environmental Science & Technology*, 55(8), 4250-4265. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c08785>
- Paredes, L. (2021). Low-cost constructed wetlands for heavy metal removal in irrigation water: A pilot study in Huancayo. *Water Practice & Technology*, 16(4), 1421-1433. <https://doi.org/10.2166/wpt.2021.084>
- Prain, G., & Lee-Smith, D. (2010). Urban agriculture in Africa: A sourcebook for the International Year of Biodiversity. *Urban Harvest*. <https://cgspace.cgiar.org>
- Rivera, M., & Pérez, H. (2022). Geochemistry of the Huayllay batholith: Implications for natural metal enrichment in central Peru. *Andean Geology*, 49(2), 233-250. <https://doi.org/10.5027/andgeoV49n2-3309>

- Rodríguez, J., Castillo, L., & Torres, H. (2023). Heavy metal accumulation in peri-urban agricultural soils of Huancayo, Peru: A 20-year synthesis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195, 345. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11034-5>
- Sánchez-Cuadra, L., & Ríos, P. (2022). Traffic-derived heavy metals along the Central Highway, Peru: Implications for adjacent horticultural soils. *Atmospheric Pollution Research*, 13(5), 101432. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101432>
- Shaheen, S. M., El-Sayed, E. A., & Rinklebe, J. (2019). Impact of low-molecular-weight organic acids on trace metal dynamics in soils: A review. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 251, 1-46. https://doi.org/10.1007/398_2019_24
- USEPA. (2023). Regional screening levels (RSLs): User's guide. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls>
- Vargas, H., & Rojas, L. (2021). Valoración económica del cinturón hortícola de Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe>
- Zhang, H., Wang, Z., & Li, H. (2021). QR-code traceability and consumer willingness to pay for certified “Green Food” in China. *Food Control*, 122, 107740. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107740>