

Granos andinos y su rol estratégico en los sistemas alimentarios sostenibles

Andean Grains and Their Strategic Role in Sustainable Food Systems

MADDY BERTHA CUNURANA CRUZ^{1*} **Afiliación:**¹Agroingenio Sur EIRL, Tacna, Perú**Autor de correspondencia:** E-mail: *agroingeniosur.peru@gmail.com**Información del artículo:**

Recibido: 15/08/2025

Aceptado: 30/10/2025

Publicado: 21/11/2025

Resumen

Los granos andinos (GA), reconocidos por su valor nutricional y su adaptabilidad, han retomado relevancia como cultivos estratégicos frente a los desafíos actuales de sostenibilidad y seguridad alimentaria. Este estudio tuvo como objetivo mapear la evolución, el impacto y las tendencias de la producción científica sobre estos cultivos. Se desarrolló una revisión de alcance basada en Scopus, complementada con un análisis bibliométrico mediante VOSviewer y Bibliometrix. Los resultados muestran un incremento de publicaciones desde 2012, alcanzando su punto máximo en 2024 con 283 documentos. La quinua concentra la mayor producción científica, seguida por el amaranto, mientras que la cañihua y el tarwi reciben menor atención. China, India y Estados Unidos lideran en volumen de artículos y citas; en contraste, Perú, pese a ser centro de origen, presenta un impacto promedio por publicación más bajo. Las principales líneas temáticas son nutrición, alimentos funcionales y seguridad alimentaria. *Food Chemistry* y *Foods* destacan como las revistas más influyentes. Aunque el interés académico por los GA continúa en aumento, persisten desafíos relacionados con la comercialización, la distribución de beneficios y la protección del conocimiento ancestral, así como la necesidad de fortalecer la investigación interdisciplinaria en toda la cadena de valor.

Palabras clave: granos andinos; redes de colaboración; sistemas alimentarios sostenibles.

Abstract

Andean grains (AG), recognized for their nutritional value and adaptability, have regained relevance as strategic crops in response to current sustainability and food security challenges. This study aimed to map the evolution, impact and trends of the scientific production focused on these crops. A scoping review based on Scopus was carried out, complemented by a bibliometric analysis using VOSviewer and Bibliometrix. The results show an increase in publications since 2012, reaching a peak in 2024 with 283 documents. Quinoa gathers the largest share of scientific output, followed by amaranth, while cañihua and tarwi receive less attention. China, India and the United States lead in publication volume and citations. In contrast, Peru, despite being a center of origin, shows a lower average impact per article. The main thematic areas include nutrition, functional foods and food security. *Food Chemistry* and *Foods* stand out as the most influential journals. Although academic interest in AG continues to grow, challenges remain related to commercialization, equitable distribution of benefits and the protection of ancestral knowledge, along with the need to strengthen interdisciplinary research across the entire value chain.

Keywords: andean grains; collaboration networks; sustainable food systems.

1. Introducción

Los Granos Andinos (GA) poseen una historia milenaria estrechamente vinculada a las civilizaciones precolombinas de la región andina de América del Sur. Donde los más notables son la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), la cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), el amaranto (*Amaranthus caudatus L.*), comúnmente conocido como kiwicha y el tarwi (*Lupinus mutabilis*). En sí, la quinua, la cañihua y la kiwicha son pseudocereales, mientras que el tarwi es una leguminosa. Fueron valorados por culturas como Tiahuanaco e Inca, quienes no solo reconocieron su alto valor nutricional, sino que también desarrollaron sistemas agrícolas para su cultivo en altitudes elevadas, muchas veces superiores a los 3,500 msnm (Ebert, 2014; Jarvis et al., 2017). Estos granos fueron parte esencial de la dieta diaria y también se utilizaron en ceremonias religiosas y prácticas medicinales. Durante el periodo incaico, la quinua fue considerada un cultivo sagrado, de hecho, el nombre quechua para la quinua significa "grano madre". Además, desarrollaron una red altamente organizada para la producción y el abastecimiento de alimentos, que garantizaba a las poblaciones del extenso territorio del Tahuantinsuyo, que comprendía zonas de los actuales Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia, Chile y Argentina, el acceso constante a una alimentación diversa, equilibrada y suficiente a lo largo de todo el año (Garvin Suero et al., 2024; Sanchez, 2012).

Sin embargo, con la llegada de los colonizadores españoles en el siglo XVI, estos cultivos autóctonos fueron desplazados por especies introducidas como el trigo, la cebada, soja y arroz (Repo-Carrasco-Valencia et al., 2022). La quinua, en particular, fue marginada debido a su asociación con rituales indígenas, lo que provocó una drástica disminución en su cultivo y visibilidad a nivel mundial durante varios siglos (Angeli et al., 2020). Fue recién hacia finales del siglo XX que los GA comenzaron a recuperar su importancia. La quinua, gracias a su excepcional perfil nutricional y su capacidad de adaptación a condiciones climáticas adversas, despertó el interés de la comunidad científica y de organismos internacionales como la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y la Agricultura). En 2013, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el "Año Internacional de la Quinua", destacando el papel fundamental de las comunidades andinas en la conservación de este cultivo milenario. Esta conmemoración no solo reconoció el valor nutritivo, sino también la sabiduría ecológica de los pueblos originarios, quienes, mediante formas de vida sostenibles y respetuosas con el entorno natural, han asegurado su disponibilidad para las generaciones actuales y venideras.

Aunque los principales países de origen y producción de granos andinos son Bolivia, Perú (Forman el 74 % de las exportaciones mundiales) y Ecuador, considerados centros de conservación de estas especies milenarias. En Bolivia, el altiplano del departamento de Oruro y especialmente la región de Potosí, albergan vastas extensiones de cultivo de quinua real, una variedad apreciada internacionalmente por su grano grande y alto contenido nutricional. En Perú, regiones como Puno, Cusco, Ayacucho y Junín destacan por su producción de quinua, cañihua y tarwi, con sistemas agrícolas que combinan prácticas ancestrales y tecnologías modernas. El cultivo de tarwi abarca 1,895 ha en Bolivia, 6,000 ha en Ecuador y 10,628 ha en Perú, con rendimientos promedio de 637 kg/ha, 400 kg/ha y 1,335 kg/ha, respectivamente. En Ecuador, se están introduciendo variedades mejoradas con rendimientos de hasta 1,500 kg/ha. Ecuador, por su parte, produce amaranto y quinua en zonas de la Sierra Andina, especialmente en provincias como Chimborazo e Imbabura, donde la agricultura familiar y comunitaria desempeña un papel central (Andrango et al., 2020; Rodríguez-Ortega et al., 2023).

A partir de la década de 1980, diversos países comenzaron a investigar y adaptar la quinua a sus ecosistemas. En 2018, la quinua se encontraba distribuida en más de 120 países a nivel mundial. Países como Argentina, Colombia y Chile comenzaron a incluir estos cultivos en sus agendas de diversificación agrícola, mientras que Estados Unidos, Canadá, algunos países europeos (como Francia y Países Bajos) e incluso naciones asiáticas como India y China han desarrollado iniciativas de adaptación y cultivo experimental, incrementando así la presencia



global de estos granos (Ahmadzai, 2020; Alandia et al., 2020; Afzal et al., 2023). En tal sentido, el estudio tuvo como objetivo realizar un mapeo de las tendencias, el impacto y la evolución temática de la producción científica relacionada con los granos andinos y su papel estratégico en la nutrición, la sostenibilidad y la seguridad alimentaria, así como su potencial como alimentos funcionales.

2. Metodología

El estudio se llevó a cabo mediante una revisión de alcance. La estrategia de búsqueda bibliográfica se ejecutó en la base de datos Scopus, una de las fuentes más confiables para estudios científicos multidisciplinarios. Se empleó la siguiente ecuación de búsqueda avanzada en inglés (Tabla 1).

Para la revisión de alcance se efectuó un análisis cualitativo de tipo temático que facilitó la interpretación de los principales hallazgos y permitió establecer patrones, brechas de

conocimiento y perspectivas emergentes sobre el aprovechamiento de los granos andinos en contextos locales y globales. Se consideraron únicamente artículos originales, publicados en idioma inglés y de acceso abierto (*open access*), que estuvieran indexados en Scopus. No se aplicaron restricciones temporales. Se excluyeron artículos duplicados, comunicaciones breves, reseñas, tesis, actas de congresos y documentos no relacionados directamente con los granos andinos o que no abordaran al menos una de las temáticas establecidas en la ecuación de búsqueda. Por otro lado, para el análisis bibliométrico se utilizó toda la información encontrada en Scopus. Los registros recuperados fueron exportados en formato .csv y organizados en Microsoft Excel. La visualización fue desarrollada mediante los softwares VOSviewer y Bibliometrix (implementado en RStudio), los cuales permitieron representar las redes de coautoría, coocurrencia de palabras clave, colaboración entre países y evolución temática a lo largo del tiempo.

Tabla 1

Descripción de la ecuación de búsqueda

Base de dato	Ecuación de búsqueda	Resultados
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ("Andean grains" OR quinoa OR amaranth OR kiwicha OR cañihua OR "Chenopodium quinoa" OR "Amaranthus caudatus" OR "Chenopodium pallidicaule" OR tarwi OR "Lupinus mutabilis") AND TITLE-ABS-KEY (nutrition OR "functional food" OR "traditional knowledge" OR "food security" OR processing OR commercialization OR sustainability OR "sustainable food systems"))).	2182

3. Resultados y discusión

3.1. Valor nutricional y perfil funcional

Los GA destacan por su elevado contenido de proteínas, aminoácidos esenciales, fibra dietética, minerales como hierro, calcio y zinc, así como por la presencia de compuestos bioactivos, incluyendo flavonoides, polifenoles y taninos, que actúan como potentes antioxidantes *in vitro*. Se considera que estos compuestos tienen muchos efectos beneficiosos potenciales para la salud (Repo-Carrasco-Valencia et al., 2010). En términos energéticos, estos granos aportan entre 360 y 490 kcal por cada 100 g, su variabilidad va

depender de factores genéticos y agronómicos, la resistencia o vulnerabilidad a heladas y enfermedades, así como por las características de la planta y su desarrollo vegetativo (Carvajal-Larenas et al., 2016). Siendo el tarwi el más energético debido a su elevado contenido de proteínas y lípidos. La quínoa y el amaranto presentan valores similares, alrededor de 370 kcal, mientras que la cañihua aporta aproximadamente 380 kcal por 100 g. Este aporte calórico, junto con su perfil macro nutricional, los hace adecuados para cubrir necesidades energéticas en distintas

poblaciones, incluyendo grupos vulnerables. Para estimar la energía total expresada en kilocalorías (kcal) se utiliza los factores de Atwater, que indican cuánta energía aporta cada gramo de macronutriente: las proteínas (P) y los carbohidratos (C) aportan 4 kcal por gramo, mientras que las grasas o lípidos (G) proporcionan 9 kcal por gramo. La fórmula empleada es: Energía total (kcal) = (gramos de proteínas × 4) + (gramos de carbohidratos × 4) + (gramos de grasas × 9) (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2003).

El contenido proteico es uno de los atributos más destacados de los granos andinos. La quínoa, amaranto y la cañihua presentan un rango proteico cercano al 13-18 %, superando así a muchos cereales tradicionales. Sin embargo, el tarwi se distingue notablemente por su excepcional concentración proteica, que puede contener hasta un 32-57 % en grano amargo, pero puede alcanzar hasta 51-72 % después del proceso de desamargado (Aguilar, 2023). La calidad proteica de los granos andinos se ve reforzada por un perfil de aminoácidos esenciales que cumple o supera las recomendaciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la FAO. Por ejemplo, la lisina, es un aminoácido limitante en la mayoría de los granos de cereales, pero está presente en cantidades adecuadas: 5,6-6,7 g/16 g N en quínoa, 5,2 -6,4 en amaranto y 5,3-5,8 en cañihua, superando ampliamente al trigo (2,8). En cuanto a los carbohidratos, estos granos presentan un contenido variable entre 22-33 g/100 g para tarwi, cañihua (56-69), amaranto (63-68) y quínoa (64-72), con predominancia de carbohidratos complejos y un aporte significativo de fibra dietaria, que oscila entre 9-16 g en amaranto, 12-18 g para la quínoa, 20 g en la cañihua y más de 37 g/100 g en el tarwi desamargado. La fibra dietaria contribuye a la salud digestiva, al control glicémico y a la sensación de saciedad, aspectos fundamentales en la prevención y manejo de enfermedades metabólicas.

El perfil lipídico también es relevante, destacando la presencia de ácidos grasos insaturados esenciales. La quínoa aporta alrededor de 5-15 g de grasa por 100 g, principalmente ácidos grasos insaturados como oleico y linoleico. Amaranto contiene entre 6,4 y

13 g, con un alto porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados y compuestos antioxidantes. La cañihua aporta cerca de 4,1-8,6 g de grasa total, con predominancia de grasas mono y poliinsaturadas. El tarwi destaca por su elevado contenido lipídico (9-21,42 g/100 g), rico en ácidos grasos insaturados, principalmente oleico, linoleico y linolénico, contribuyendo así a beneficios cardiovasculares y funcionales en la dieta. Finalmente, el aporte mineral de los granos andinos es notable, con contenidos elevados de hierro, calcio, magnesio, fósforo y zinc. La quínoa, cañihua y el tarwi sobresalen por su alto contenido de hierro, alcanzando hasta 104, 70-116 y 162 g/kg respectivamente, lo que los convierte en aliados potenciales para la prevención de la anemia ferropénica. Asimismo, el calcio presente en estos granos supera ampliamente al de cereales convencionales, favoreciendo la salud ósea (Gross et al., 1989; Jan et al., 2023; Repo-Carrasco et al., 2003; Repo-Carrasco-Valencia, 2011; Repo-Carrasco-Valencia, 2020; Repo-Carrasco-Valencia et al., 2022; Rastogi y Shukla, 2013).

Referente al perfil funcional, más allá de su valor nutricional, los granos andinos contienen compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides, saponinas, fitoesteroides, fitoesteroles y betalaínas (Carvajal-Larenas et al., 2016; Olivera et al., 2022; Ponce de León Saavedra y Valdez-Arana, 2021; Villacrés et al., 2022). Estos compuestos son reconocidos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, hipocolesterolémicas, antidiabéticas, antihipertensivas, inmunorreguladoras, antimicrobianas, antiobesidad, anticancerígenas y cardiosaludables (Anaya et al., 2022; Baraniak y Kania-Dobrowolska, 2022; Ng y Wang, 2021; Martinez-Lopez et al., 2020; Moscoso-Mujica et al., 2024). Estas características funcionales no solo fortalecen el sistema inmunológico, sino que también contribuyen a la posible prevención de enfermedades crónicas no transmisibles, como enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y ciertos tipos de cáncer. Por otra parte, las saponinas de la planta de la quinua, a pesar de requerir procesamiento para reducir su amargor, han mostrado efectos inmunomoduladores y antiproliferativos en estudios celulares, resaltando su potencial terapéutico (Ahumada et al., 2016). Aunque en esa línea, Jan et al.



(2023) menciona que las plantas contienen compuestos derivados del metabolismo secundario conocidos como factores antinutricionales (incluido saponinas, nitratos, oxalatos, fitatos, taninos y alcaloides), que están presentes en muchos alimentos vegetales y pueden disminuir su valor nutritivo al dificultar la digestión, absorción o aprovechamiento de nutrientes; además, su consumo en exceso puede afectar negativamente a la salud.

3.2. Aplicaciones industriales, sostenibilidad y seguridad alimentaria

Gracias a su perfil nutricional y su adaptabilidad a diferentes procesos industriales, estos cultivos se utilizan en la formulación de alimentos funcionales libres de gluten, alternativas veganas y alimentos fortificados (entre ellos productos de panificación, pastelería, pastas, barras energéticas, snacks extruidos, bebidas proteicas, leches vegetales y suplementos dietéticos), así como se aprecia en la Figura 1 (Coțovanu et al., 2022; Jan et al., 2023; Karovičová et al., 2020; Ludena Urquiza et al., 2017; Marak et al., 2024; Pascual-Chagman et al., 2021; Torres Vargas et al., 2021). Además, su capacidad para conservar propiedades bioactivas durante el procesamiento ha despertado el interés de sectores no alimentarios, como la industria cosmética donde se emplean extractos de saponinas de quinoa, aceites de amaranto ricos en escualeno y compuestos antioxidantes de kañiwa y tarwi en champús, cremas y jabones, así como la industria farmacéutica, que investiga principios activos de saponinas con propiedades antibacterianas y antifúngicas, y alcaloides del tarwi con potencial terapéutico (Afzal et al., 2023; Boukid y Pasqualone, 2022; Lacatusu et al., 2018; Parra-Gallardo et al., 2024; Sayed-Ahmad et al., 2022; Wolosik et al., 2017). Desde la perspectiva de la sostenibilidad, la notable capacidad de algunos granos para prosperar en condiciones agroecológicas extremas como suelos pobres, alta salinidad, sequías prolongadas heladas y altitudes superiores a los 3,500 metros les otorga un rol fundamental en la diversificación productiva y en la conservación de la biodiversidad agrícola (Jaikishun et al., 2019; Mukuwapasi et al., 2024; Moscoso-Mujica et al., 2024; Simioniuc et al., 2021). Además, prácticas

agrícolas tradicionales promueven la gestión sostenible de los agroecosistemas, reduciendo la necesidad de agroquímicos y fomentando el equilibrio ecológico (FAO, 2022).

Teniendo presente que la sostenibilidad alimentaria es la capacidad de los sistemas agroalimentarios para proporcionar alimentos suficientes, nutritivos, inocuos y asequibles para todas las personas, en el presente y en el futuro, sin comprometer los recursos naturales, la biodiversidad, el medio ambiente ni el bienestar de las comunidades (FAO, 2018). En esa línea, Calizaya et al. (2023) indican que el término sostenibilidad es una noción multidimensional que integra aspectos económicos, ecológicos, productivos, sociales, culturales y temporales. En ese sentido, particularmente, la quinoa y la kañiwa destacan por su capacidad de producir rendimientos aceptables en suelos marginales, mientras que el amaranto resalta por su alta eficiencia en el uso de agua y nutrientes, y el tarwi por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, mejorando la fertilidad del suelo (Taco-Taype y Zúñiga-Dávila, 2020). Asimismo, Bazile et al. (2016) y Dehghanian et al. (2024) resaltan que estas especies han demostrado adaptarse a una amplia gama de estresores abióticos, como calor extremo, radiación UV-B y suelos con presencia de metales pesados, lo que les confiere una ventaja adaptativa frente a las amenazas del cambio climático, que se prevé incrementará las temperaturas globales hacia finales de siglo. En particular, la quinoa sobresale por su diversidad genética y ecológica, con cinco ecotipos principales adaptados a ambientes que van desde el nivel del mar hasta los 4,000 m de altitud. Estas características no solo contribuyen a la sostenibilidad ambiental, sino que también fortalecen la seguridad alimentaria y económica de las comunidades altoandinas, al permitirles diversificar sus fuentes de ingresos.

En términos de seguridad alimentaria (SA), su revalorización e incorporación en programas de alimentación escolar, políticas públicas de nutrición y estrategias de desarrollo rural sostenible puede ayudar al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente en lo referente a la erradicación del hambre y la promoción de una agricultura sostenible. No obstante, el crecimiento de su

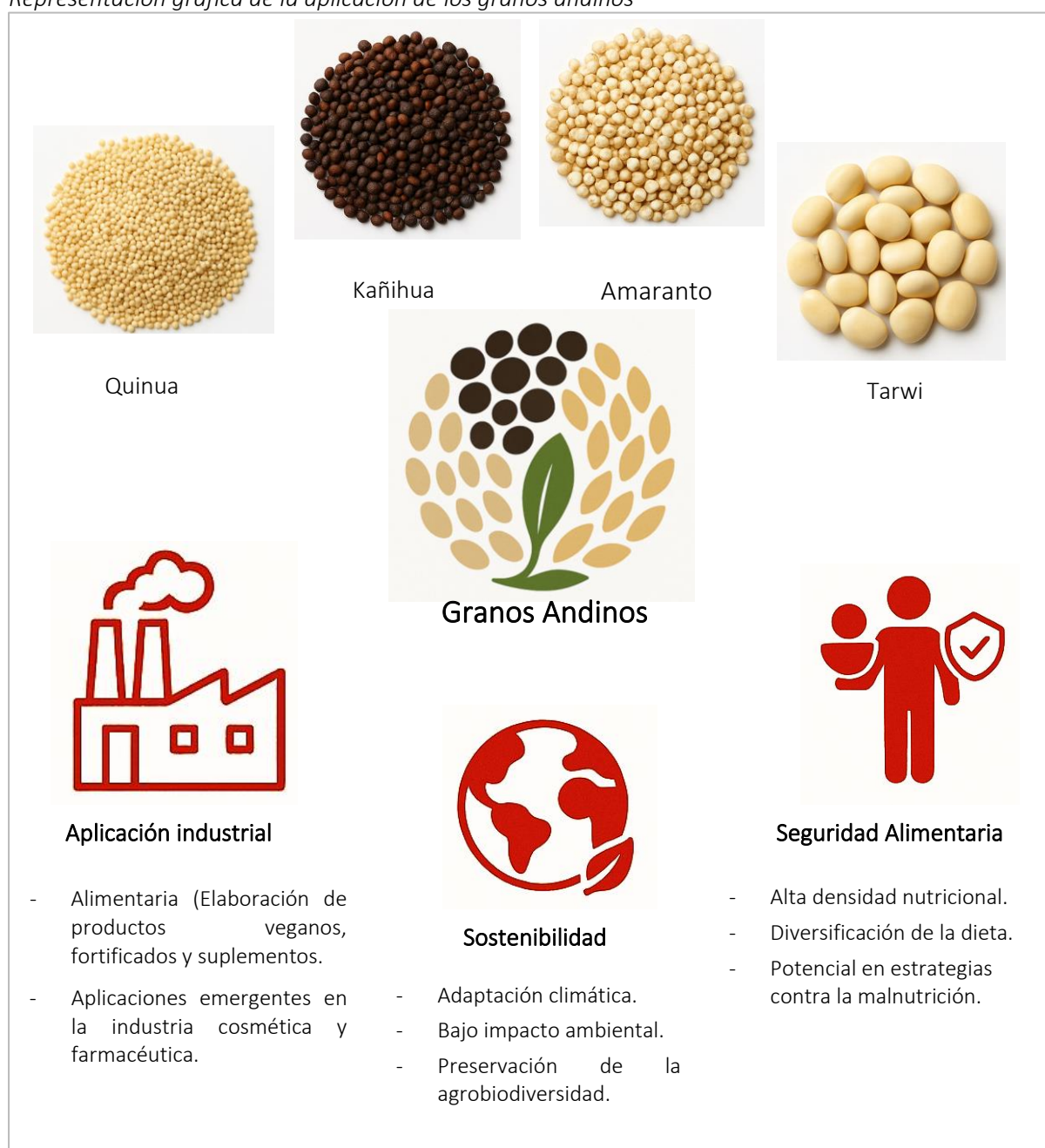
demanda internacional plantea retos como el riesgo de acaparamiento de tierras y la presión sobre los precios locales, aspectos que requieren ser abordados mediante políticas que protejan la producción tradicional y prioricen la SA de las comunidades de origen (Hiywotu, 2025).

La FAO (2018) expresa que para analizar la SA es fundamental tener en cuenta no solo el aumento de la población y la urbanización, sino también la creciente demanda de alimentos asociada al incremento del poder adquisitivo, la

transformación de los hábitos de consumo y los procesos de globalización. Estos factores ejercen una presión sobre los recursos naturales, cuyo agotamiento, sumado a los impactos del cambio climático, plantea desafíos significativos. En este contexto, avanzar hacia sistemas alimentarios sostenibles implica no solo aumentar la producción de alimentos, sino hacerlo de manera que se protejan los ecosistemas, se reduzca la huella ambiental y se garantice el acceso equitativo a alimentos nutritivos para las generaciones presentes y futuras.

Figura 1

Representación gráfica de la aplicación de los granos andinos





3.3. Comercialización, retos y oportunidades

La inserción de los granos andinos en el mercado internacional ha abierto nuevas posibilidades comerciales, impulsado principalmente por el auge de la quinua en países como Estados Unidos, Alemania, Canadá y Japón. Esta tendencia responde al posicionamiento de estos cultivos como *superfoods* en segmentos de consumo interesados en productos saludables, libres de gluten y dietas veganas (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2023). Sin embargo, a pesar del dinamismo comercial, persisten importantes desafíos que limitan el acceso de pequeños productores a mercados cada vez más competitivos. Entre los principales retos se encuentran la necesidad de cumplir con exigentes estándares de calidad y certificaciones orgánicas, así como garantizar la trazabilidad de los productos en toda la cadena de valor. La falta de infraestructura adecuada, la limitada asociatividad entre productores y la debilidad institucional en zonas rurales del altiplano boliviano, Puno en Perú y Chimborazo en Ecuador, obstaculizan la competitividad de los pequeños agricultores.

Además, la presión por la exportación ha incentivado el establecimiento de monocultivos, poniendo en riesgo la diversidad genética de los granos andinos y afectando su patrimonio alimentario ancestral (Alandia et al., 2020). Al respecto, Ramos-Sandoval y Mendiburu Díaz (2024) expresan que el intercambio de recursos genéticos, como la quinua, plantea desafíos de equidad internacional entre países andinos y desarrollados. Aunque estos últimos poseen tecnología avanzada para mejorar cultivos y competir en el mercado, los países de origen corren el riesgo de perder protagonismo y depender de variedades externas. Esto abre un debate sobre la distribución equitativa de beneficios, el reconocimiento de las áreas de origen y los derechos sobre las semillas. Es necesario fortalecer los marcos legales para asegurar un acceso justo, proteger el conocimiento ancestral y garantizar que la innovación tecnológica beneficie a las comunidades que han conservado esta biodiversidad por generaciones.

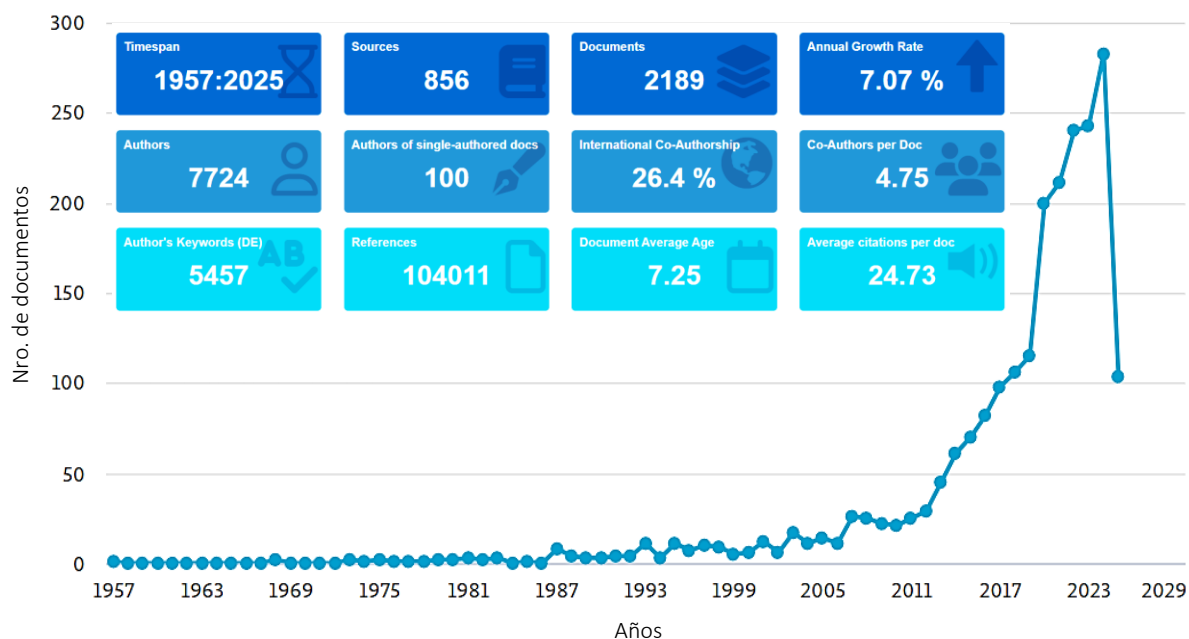
La limitada implementación de indicaciones geográficas protegidas y las barreras arancelarias y normativas en mercados desarrollados representan otros desafíos relevantes. Sin mecanismos efectivos de protección, los conocimientos tradicionales asociados al cultivo y manejo de estas especies corren el riesgo de ser despojados de su reconocimiento cultural y económico. Asimismo, el fenómeno conocido como "efecto desplazamiento", en el cual las variedades destinadas a la exportación sustituyen a cultivos locales, plantea serias implicancias para la seguridad alimentaria rural y la conservación de la biodiversidad. Pese a estos obstáculos, las oportunidades son significativas. El fortalecimiento de cooperativas agrícolas, la promoción de certificaciones orgánicas y de comercio justo, así como el desarrollo de la agroindustria local, se perfilan como estrategias clave para incrementar el valor agregado en origen y mejorar la equidad en la cadena comercial. De igual manera, impulsar políticas que fomenten la diversificación de cultivos y la protección de variedades nativas no solo permite preservar la identidad biocultural de los granos andinos, sino también consolidar su rol estratégico en los mercados globales de alimentos (Angeli et al., 2020; Chevarria-Lazo et al., 2015).

3.4. Producción científica y expansión global

El análisis de 2,189 publicaciones científicas entre 1957 y 2025 evidenció un interés creciente en el estudio de los granos andinos (GA), con una tasa de crecimiento anual del 7,07 %. De los cuales, el 75,7 % fueron artículos originales y el 10,7 % de revisión, mientras que el 12,5 % fueron capítulos de libro, artículos de conferencia y libros. En la Figura 2, se aprecia que recién desde el año 2012 inicia un crecimiento exponencial con 29 documentos. Alcanzando su máxima producción en el año 2024 con un total de 283 manuscritos. Este patrón se relaciona estrechamente con la designación de la quinua como cultivo estratégico por organismos internacionales como FAO (2013), que declaró el "Año Internacional de la Quinua".

Figura 2

Producción científica anual



De este modo, estimular una agenda de investigación sobre sus propiedades nutricionales, potencial agronómico y beneficios socioculturales. El objetivo fue reconocer a los pueblos andinos por su conservación y promover su uso como una alternativa sostenible frente a los desafíos del hambre, la malnutrición y el cambio climático. Sin embargo, a pesar de que en la ecuación de búsqueda se consideraron a cuatro principales GA, la Figura 3a muestra que solo la quinua y amaranto fueron el centro del discurso científico y en menor medida cañihua y tarwi. Las publicaciones recientes se relacionaron con la seguridad alimentaria, compuestos bioactivos, y su potencial en dietas libres de gluten (Angeli et al., 2020; FAO, 2011; Repo-Carrasco-Valencia, 2020; Repo-Carrasco-Valencia et al., 2022). En consecuencia, la Figura 3b muestra que la quinua se ha expandido a más de 120 países, con más de 100 programas de adaptación en curso, lo que refleja su consolidación como un cultivo de interés mundial.

Esto a su vez ha sido acompañada por redes científicas transnacionales que han facilitado el intercambio de conocimientos desde los Andes hacia regiones como Europa, Asia y África, impulsando estudios interdisciplinarios sobre su desempeño en nuevos entornos

ecológicos y su viabilidad económica (Afzal et al., 2023). De acuerdo a las métricas proporcionadas por Scopus indica que el Perú se encuentra en cuarto lugar en la producción científica a nivel mundial después de China (313), India (246) y Estados Unidos (244). Con un total de 128 documentos, y las tres principales instituciones como filiación son la Universidad Nacional Agraria La Molina (45), Universidad Nacional del Altiplano (12) y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (11). Adicionalmente, la Figura 2b nos muestran redes conectadas con países europeos como Italia, Alemania, Francia y Reino Unido, y naciones latinoamericanas como México, Chile, Argentina, Ecuador y Bolivia.

La Tabla 2, refuerza la influencia de China y Estados Unidos, con más de 4000 citas cada uno, seguidos por Italia, India y España. Esta métrica de impacto académico indica que, si bien la producción en volumen es importante, también lo es la calidad e influencia de los estudios. Un valor alto en el promedio de citas, como se observa en Irlanda (186,7 citas por documento) o Dinamarca (98,4), sugiere que, aunque el número de publicaciones puede ser reducido, los artículos generados son altamente influyentes, innovadores o abordan temáticas de creciente interés. En contraste, países como Perú (9,2), a pesar de ser una región de origen de los

Tabla 2

Países más citados a nivel mundial

País	Citas totales	Cita promedio	País	Citas totales	Cita promedio
1. China	4453	17,4	13. Países Bajos	840	40
2. Estados Unidos	4043	33,7	14. Japón	825	43,4
3. Italia	3391	60,6	15. Nueva Zelanda	761	50,7
4. India	3247	19,8	16. Suecia	725	65,9
5. España	2432	31,2	17. Irán	712	14,5
6. Argentina	1878	27,6	18. Arabia Saudí	668	74,2
7. Dinamarca	1869	98,4	19. Canadá	600	24
8. Irlanda	1867	186,7	20. Francia	578	22,2
9. Brasil	1841	35,4	21. Sudáfrica	578	16,5
10. Chile	1538	57	22. Alemania	543	14,3
11. México	1218	19,6	23. Malasia	540	54
12. Polonia	1029	36,8	24. Perú	506	9,2

Tabla 3

10 revistas e instituciones más relevantes con el mayor número de documentos (Doc)

N°	Revista	Doc	Institución	Doc
1	Food Chemistry	71	Chengdu University	127
2	Foods	41	University of Shanghai for Science and Technology	99
3	Acta Horticulturae	39	Washington State University	67
4	LWT	36	Islamic Azad University	50
5	Plants	36	Shanxi Agricultural University	50
6	Plant Foods for Human Nutrition	30	Northwest Aandf University	46
7	Nutrients	26	Universidad Nacional Agraria la Molina	46
8	Food Research International	25	Jiangnan University	45
9	Journal of the science of Food and Agriculture	25	Universidad Autónoma de Madrid	44
10	International Journal of Food Science and Technology	24	University of Agriculture	41

4. Conclusiones

La revisión revela una perspectiva aún fragmentada respecto al potencial integral de los granos andinos, con un enfoque predominante en sus propiedades nutricionales, mientras que sus dimensiones socioculturales, ambientales y comerciales continúan siendo abordadas de manera secundaria o aislada. Esta limitación evidencia la necesidad de desarrollar enfoques de investigación más interdisciplinarios, capaces de articular toda la cadena de valor, desde la producción primaria y el procesamiento hasta la comercialización y el consumo, con una visión que contemple también la sostenibilidad y la seguridad alimentaria.

Por otro lado, se observa un crecimiento sostenido en la producción científica a partir del año 2012, con un impulso significativo en los últimos cinco años. Perú se posiciona entre los cuatro países con mayor número de publicaciones, lo que refleja su rol protagónico en la producción y promoción de estos cultivos. Sin embargo, el liderazgo en términos de impacto académico, medido a través de las citas, recae en países como China y Estados Unidos, seguidos por Italia e India, lo que sugiere una mayor proyección internacional de los estudios generados en estos contextos.



Finalmente, se identificaron las universidades de Chengdu y la Universidad de Ciencia y Tecnología de Shanghai (ambas de China) como las instituciones con mayor volumen de publicaciones en este ámbito. En cuanto a los canales de difusión, las revistas Food Chemistry, Foods y Acta Horticulturae se posicionan como las más relevantes por su frecuencia de publicaciones y grado de citación.

Contribución de los autores

M. B. Cunurana: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, recursos, software, validación, visualización, redacción del borrador original, revisión y edición del manuscrito.

Conflictos de interés

La autora informa que no posee conflictos de interés que puedan influir en esta publicación.

5. Referencias bibliográficas

- Afzal, I., Haq, M. Z. U., Ahmed, S., Hirich, A., y Bazile, D. (2023). Challenges and perspectives for integrating quinoa into the agri-food system. *Plants*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/plants12193361>
- Aguilar, R. S. (2023). *Lupinus mutabilis* sweet: una revisión de sus propiedades nutricionales y tecno funcionales, y su aplicación en la elaboración de productos horneados [Trabajo de fin de máster, Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/63502>
- Ahmadzai, H. (2020). Trends in quinoa adoption in marginal areas, economic viability, and policy outlook. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 57(3). <https://doi.org/10.17306/j.jard.2020.01351>
- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., y Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas*, 45(3), 438–469. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>
- Alandia, G., Rodriguez, J. P., Jacobsen, S.-E., Bazile, D., y Condori, B. (2020). Global expansion of quinoa and challenges for the Andean region. *Global Food Security*, 26(100429), 100429. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100429>
- Amit, S., Irfan, A. M., Gaurav, S., Nalini, T., y Sarmad, M. (2021). A review on medicinal and pharmaceutical importance of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14(3), 1779–1784. <https://doi.org/10.5958/0974-360x.2021.00316.4>
- Anaya, R. B., De La Cruz, E., Muñoz-Centeno, L. M., Córdor, R., León, R., y Carhuaz, R. (2022). Food and medicinal uses of ancestral Andean grains in the districts of Quinoa and Acos Vinchos (Ayacucho-Peru). *Agronomy (Basel, Switzerland)*, 12(5), 1014. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051014>
- Andrango, G., Johnson, A., y Bellemare, M. F. (2020). "Quinoa Production and Growth Potential in Bolivia, Ecuador, and Peru" Choices. Quarter 4. <https://goo.su/XgEH8IK>
- Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Hönniger, S., y Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the "golden grain" and Socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(2), 216. <https://doi.org/10.3390/foods9020216>
- Baraniak, J., y Kania-Dobrowolska, M. (2022). The dual nature of amaranth-functional food and potential medicine. *Foods (Basel,*

- Switzerland), 11(4), 618.
<https://doi.org/10.3390/foods11040618>
- Bazile, D., Pulvento, C., Verniau, A., Al-Nusairi, M. S., Ba, D., Breidy, J., Hassan, L., Mohammed, M. I., Mambetov, O., Otambekova, M., Sepahvand, N. A., Shams, A., Souici, D., Miri, K., & Padulosi, S. (2016). Worldwide evaluations of quinoa: Preliminary results from post International Year of quinoa FAO projects in nine countries. *Frontiers in Plant Science*, 7, 850.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00850>
- Boukid, F., y Pasqualone, A. (2022). Lupine (Lupinus spp.) proteins: characteristics, safety and food applications. *European Food Research and Technology*, 248(2), 345–356.
<https://doi.org/10.1007/s00217-021-03909-5>
- Calizaya, F., Gómez, L., Zegarra, J., Pozo, M., Mindani, C., Caira, C., y Calizaya, E. (2023). Unveiling ancestral sustainability: A comprehensive study of economic, environmental, and social factors in potato and quinoa cultivation in the highland aynokas of Puno, Peru. *Sustainability*, 15(17), 13163.
<https://doi.org/10.3390/su151713163>
- Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K., y Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinoa (Chenopodium quinoa): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination. *Scientia agropecuaria*, 13(3), 209–220.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>
- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., y van Boekel, M. A. J. S. (2016). Lupinus mutabilis: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1454–1487.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>
- Chevarria-Lazo, M., Bazile, D., Dessauw, D., Louafi, S., Trommether, M., y Hocde, H. (2015). Quinoa and the exchange of genetic resources: improving the regulation systems. Capítulo 1.6. En FAO y CIRAD. (Eds.). *State of the art report of quinoa in the world in 2013* (pp. 83-105).
<https://goo.su/ihwmo>
- Coțovanu, I., Stroe, S.-G., Ursachi, F., y Mironeasa, S. (2022). Addition of amaranth flour of different particle sizes at established doses in wheat flour to achieve a nutritional improved wheat bread. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(1), 133.
<https://doi.org/10.3390/foods12010133>
- Dehghanian, Z., Ahmadabadi, M., Asgari Lajayer, B., Gougardchi, V., Hamedpour-Darabi, M., Bagheri, N., Sharma, R., Vetukuri, R. R., Astatkie, T., y Dell, B. (2024). Quinoa: A promising crop for resolving the bottleneck of cultivation in soils affected by multiple environmental abiotic stresses. *Plants*, 13(15), 2117.
<https://doi.org/10.3390/plants13152117>
- Ebert, A. (2014). Potential of underutilized traditional vegetables and legume crops to contribute to food and nutritional security, income and more sustainable production systems. *Sustainability*, 6(1), 319–335.
<https://doi.org/10.3390/su6010319>
- Elsahaimy, S. A., Refaay, T. M., y Zaytoun, M. A. M. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Annals of Agricultural Science*, 60(2), 297–305.
<https://doi.org/10.1016/j.aos.2015.10.007>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2003). *Food energy - methods of analysis and conversion factors*.
<https://www.fao.org/4/y5022e/y5022e00.htm#Contents>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2011). *Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security*.



- <https://www.fao.org/4/aq287e/aq287e.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2013). *The International Year of Quinoa*. <https://goo.su/75Go3i>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2018). *Sustainable food systems Concept and framework*. <https://goo.su/HBBI>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2022). *Dynamically conserved Indigenous Peoples' agricultural knowledge of resilience and adaptation for over 5 000 years*. <https://goo.su/DU2iNWO>
- Garvin Suero, A., Goldstein, P. S., d'Alpoim Guedes, J., y Sitek, M. J. (2024). Homeland food traditions in the Tiwanaku colonies: Quinoa and Amaranthaceae cultivation in the middle horizon (AD 600–1100) Locumba Valley, Peru. *Latin American Antiquity*, 35(4), 927–945. <https://doi.org/10.1017/laq.2023.46>
- Graf, B. L., Rojas-Silva, P., Rojo, L. E., Delatorre-Herrera, J., Baldeón, M. E., y Raskin, I. (2015). Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Quinoa health value and functional foods.... *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(4), 431–445. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12135>
- Gross, R., Koch, F., Malaga, I., de Miranda, A. F., Schoeneberger, H., y Trugo, L. C. (1989). Chemical composition and protein quality of some local Andean food sources. *Food Chemistry*, 34(1), 25–34. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(89\)90030-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(89)90030-7)
- Hiywotu, A. M. (2025). Advancing sustainable agriculture for goal 2: zero hunger - a comprehensive overview of practices, policies, and technologies. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 1–29. <https://doi.org/10.1080/21683565.2025.2451344>
- Jaikishun, S., Li, W., Yang, Z., y Song, S. (2019). Quinoa: In perspective of global challenges. *Agronomy (Basel, Switzerland)*, 9(4), 176. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040176>
- Jan, N., Hussain, S. Z., Naseer, B., y Bhat, T. A. (2023). Amaranth and quinoa as potential nutraceuticals: A review of anti-nutritional factors, health benefits and their applications in food, medicinal and cosmetic sectors. *Food Chemistry: X*, 18(100687), 100687. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100687>
- Jarvis, D. E., Ho, Y. S., Lightfoot, D. J., Schmöckel, S. M., Li, B., Borm, T. J. A., Ohyanagi, H., Mineta, K., Michell, C. T., Saber, N., Kharbatia, N. M., Rupper, R. R., Sharp, A. R., Dally, N., Boughton, B. A., Woo, Y. H., Gao, G., Schijlen, E. G. W. M., Guo, X., ... Tester, M. (2017). The genome of *Chenopodium quinoa*. *Nature*, 542(7641), 307–312. <https://doi.org/10.1038/nature21370>
- Karovičová, J., Kohajdová, Z., Lauková, M., Minarovičová, L., Greifová, M., Hojerová, J., y Greif, G. (2020). Utilisation of Quinoa for development of fermented beverages. *Potravinárstvo*, 14, 465–472. <https://doi.org/10.5219/1323>
- Lacatusu, I., Arsenie, L. V., Badea, G., Popa, O., Oprea, O., y Badea, N. (2018). New cosmetic formulations with broad photoprotective and antioxidative activities designed by amaranth and pumpkin seed oils nanocarriers. *Industrial Crops and Products*, 123, 424–433. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.083>
- Ludena Urquizo, F. E., García Torres, S. M., Tolonen, T., Jaakkola, M., Pena-Niebuhr, M. G., von Wright, A., Repo-Carrasco-Valencia, R., Korhonen, H., y Plumed-Ferrer, C. (2017). Development of a fermented quinoa-based beverage. *Food Science & Nutrition*, 5(3), 602–608. <https://doi.org/10.1002/fsn3.436>

- Marak, N. R., Das, P., Das Purkayastha, M., y Baruah, L. D. (2024). Effect of quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) flour supplementation in breads on the lipid profile and glycemic index: an in vivo study. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1341539. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1341539>
- Martinez-Lopez, A., Millan-Linares, M. C., Rodriguez-Martin, N. M., Millan, F., y Montserrat-de la Paz, S. (2020). Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Journal of Functional Foods*, 65(103735), 103735. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI (2023, 30 de junio). *Los granos andinos son superalimentos por su calidad nutritiva y Perú es líder mundial en quinoa*. <https://goo.su/SKmxcvz>
- Moscoso-Mujica, G., Mujica, Á., Chura, E., Begazo, N., Jayo-Silva, K., y Oliva, M. (2024). Kañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), an ancestral Inca seed and optimal functional food and nutraceutical for the industry: Review. *Heliyon*, 10(14), e34589. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34589>
- Mukuwapasi, B., Mavengahama, S., y Gerrano, A. S. (2024). Grain amaranth: A versatile untapped climate-smart crop for enhancing food and nutritional security. *Discover Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00057-8>
- Ng, C. Y., y Wang, M. (2021). The functional ingredients of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and physiological effects of consuming quinoa: A review. *Food Frontiers*, 2(3), 329–356. <https://doi.org/10.1002/fft2.109>
- Olivera, L., Best, I., Paredes, P., Perez, N., Chong, L., y Marzano, A. (2022). Nutritional value, methods for extraction and bioactive compounds of quinoa. En *Pseudocereals* [Working Title]. IntechOpen.
- Parra-Gallardo, G., Salas-Sanjuán, M. del C., del Moral, F., y Valenzuela, J. L. (2024). Characterising the nutritional and alkaloid profiles of tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) pods and seeds at different stages of ripening. *Agriculture*, 14(10), 1812. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101812>
- Pascual-Chagman, G., Santa-Cruz-Olivos, J., Hidalgo, A., Benavente, F., Pérez-Camino, M. C., Sotelo-Mendez, A., Paucar-Menacho, L. M., y Encina-Zelada, C. R. (2021). *Lupinus mutabilis* soil obtained by expeller press: Yield, physicochemical characterization, antioxidant capacity, fatty acids and oxidative stability analyses. *Scientia agropecuaria*, 12(2), 219–227. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.025>
- Ponce de León Saavedra, P., y Valdez-Arana, J. del C. (2021). Nutritional and functional evaluation of 17 quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) accessions cultivated in the Andean area of Peru. *Scientia agropecuaria*, 12(1), 15–23. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.002>
- Ramos-Sandoval, R., y Mendiburu Díaz, C. (2024). Why do small farmers have less access to credit? A microdata analysis of the Peruvian case. *Nativa*, 12(2), 215–225. <https://doi.org/10.31413/nat.v12i2.16758>
- Rastogi, A., y Shukla, S. (2013). Amaranth: a new millennium crop of nutraceutical values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2), 109–125. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.517876>
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., y Jacobsen, S.-E. (2003). Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews*



- international*, 19(1–2), 179–189.
<https://doi.org/10.1081/fri-120018884>
- Repo-Carrasco-Valencia, R. (2011). *Andean indigenous food crops: nutritional value and bioactive compounds* [Tesis doctoral, University of Turku].
<https://www.utupub.fi/handle/10024/74762>
- Repo-Carrasco-Valencia, R. (2020). Nutritional value and bioactive compounds in Andean ancient grains. *Proceedings (MPDI)*, 53(1), 1.
<https://doi.org/10.3390/proceedings2020053001>
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Basilio-Atencio, J., Luna-Mercado, G. I., Pilco-Quesada, S., y Vidaurre-Ruiz, J. (2022). Andean ancient grains: Nutritional value and novel uses. *Biology and Life Sciences Forum*, 8(1), 15.
<https://doi.org/10.3390/blsf2021008015>
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J.-M., y Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1), 128–133.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>
- Rodríguez-Ortega, D., Zambrano, J. L., Pereira-Lorenzo, S., Torres, A., y Murillo, Á. (2023). *Lupinus mutabilis* breeding in the Andes of Ecuador, Peru, and Bolivia: A review. *Agronomy (Basel, Switzerland)*, 14(1), 94.
<https://doi.org/10.3390/agronomy14010094>
- Sanchez, K. A. (2012). *Observations Regarding Consumption Of Peruvian Native Grains (Quinoa, Amaranth And Kañiwa), Weight Status, And Perceptions Of Potential Risk Factors, Warning Signs And Symptoms Of Type 2 Diabetes Among Peruvian Adults: A Case Study* [Tesis de maestría, University of Maryland].
<https://goo-su/zzbLav>
- Sayed-Ahmad, B., Urrutigoity, M., Hijazi, A., Saad, Z., Cerny, M., Evon, P., Talou, T., y Merah, O. (2022). Amaranth Oilseed composition and cosmetic applications. *Separations*, 9(7), 181.
<https://doi.org/10.3390/separations9070181>
- Simioniuc, D. P., Simioniuc, V., Topa, D., van den Berg, M., Prins, U., Bebeli, P. J., y Gabur, I. (2021). Assessment of Andean lupin (*Lupinus mutabilis*) Genotypes for Improved Frost Tolerance. *Agriculture*, 11(2), 155.
<https://doi.org/10.3390/agriculture11020155>
- Taco-Taype, N., y Zúñiga-Dávila, D. (2020). Efecto de la inoculación de plantas de Tarwi con cepas de *Bradyrhizobium* spp. aisladas de un lupino silvestre, en condiciones de invernadero. *Revista peruana de biología*, 27(1), 035–042.
<https://doi.org/10.15381/rpb.v27i1.17577>
- Torres Vargas, O. L., Lema González, M., y Galeano Loaiza, Y. V. (2021). Optimization study of pasta extruded with quinoa flour (*Chenopodium quinoa* willd.). *CyTA - Journal of Food*, 19(1), 220–227.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2021.1883116>
- Villacrés, E., Quelal, M., Galarza, S., Iza, D., y Silva, E. (2022). Nutritional value and bioactive compounds of leaves and grains from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Plants*, 11(2), 213.
<https://doi.org/10.3390/plants11020213>
- Wolosik, K., Zareba, I., Surazynski, A., y Markowska, A. (2017). The possible pre- and post-UVA radiation protective effect of Amaranth Oil on human skin fibroblast cells. *Pharmacognosy Magazine*, 13(Suppl 2), S339–S343.
<https://doi.org/10.4103/pm.pm.522.15>