

Análisis del perfil nutricional de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) cultivados en condiciones agroecológicas en la provincia de Chimborazo

Dennis Renato Manzano Vela^{1*}, Jeniffer Marcela Robalino Ortiz²

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Recursos Naturales Renovables, Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

²Investigador Independiente, Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

*Dirección para correspondencia: dennis.manzano@esPOCH.edu.ec

Fecha de Recepción: 11-05-2026

Fecha de Aceptación: 15-07-2026

Fecha de Publicación: 28-07-2026

Resumen

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y el amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) son pseudocereales andinos apreciados por su composición nutricional lo que permitió en este trabajo comparar la composición proximal y el contenido de fenoles totales de ambas especies procedentes de tres comunidades de la provincia de Chimborazo, Ecuador: San Juan, Colta y Licto. El muestreo se basó de un arreglo bifactorial que consideró la especie y la comunidad de origen. Lo cual, la proteína, los lípidos, la fibra dietética, las cenizas y los carbohidratos disponibles se determinaron por los métodos oficiales de análisis proximal; los fenoles totales se cuantificaron con el reactivo de Folin-Ciocalteu y el perfil de aminoácidos por cromatografía líquida. Los datos se sometieron a un ANOVA bifactorial y a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). El amaranto reunió los mayores contenidos de proteína, lípidos y fibra dietética, mientras que la quinua concentró una proporción más alta de carbohidratos disponibles. Entre comunidades, la proteína osciló entre 14.8 y 16.3 % en quinua y entre 15.8 y 17.9 % en amaranto, y los fenoles totales entre 134.6 y 148.2 mg GAE/100 g en quinua y entre 158.1 y 175.4 mg GAE/100 g en amaranto; en ambos casos, las muestras de San Juan encabezaron los valores. El perfil aminoacídico resultó complementario, la quinua aportó más metionina y leucina, y el amaranto más lisina, treonina, triptófano y valina. Las diferencias se asociaron con la especie y con la comunidad de procedencia, sin que el diseño permita atribuir las de forma aislada a la altitud. Los resultados ofrecen una referencia de base para caracterizar y aprovechar estos granos en Chimborazo.

Palabras claves: Amaranto, fenoles totales, perfil nutricional, quinua, seguridad alimentaria.

Analysis of the nutritional profile of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) cultivated under agroecological conditions in the province of Chimborazo

Abstract

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) are Andean pseudocereals valued for their nutritional composition. Consequently, this study compared the proximate composition and total phenolic content of both species sourced from three communities in the Chimborazo province, Ecuador: San Juan, Colta, and Licto. Sampling was based on a bifactorial design considering species and community of origin. Protein, lipid, dietary fiber, ash, and available carbohydrate contents were determined using official proximate analysis methods. Total phenolics were quantified utilizing the Folin-Ciocalteu reagent, and the amino acid profile was analyzed

IDs Orcid:

Dennis Renato Manzano Vela: <https://orcid.org/0000-0002-7834-276X>

Jeniffer Marcela Robalino Ortiz: <https://orcid.org/0000-0001-8197-7371>

Artículo científico: Análisis del perfil nutricional de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) cultivados en condiciones agroecológicas en la provincia de Chimborazo

via liquid chromatography. Data were analysed by two-way ANOVA and Tukey's test ($\alpha = 0.05$). Amaranth showed the highest protein, lipid and dietary fibre contents, whereas quinoa concentrated a larger proportion of available carbohydrates. Across communities, protein ranged from 14.8 to 16.3 % in quinoa and from 15.8 to 17.9 % in amaranth, and total phenolics from 134.6 to 148.2 mg GAE/100 g in quinoa and from 158.1 to 175.4 mg GAE/100 g in amaranth; in both cases the San Juan samples ranked highest. The amino acid profile was complementary quinoa provided more methionine and leucine, and amaranth more lysine, threonine, tryptophan and valine. Differences were associated with species and community of origin, although the design does not allow them to be attributed to altitude alone. These results provide a baseline for characterising and using these grains in Chimborazo.

Keywords: Amaranth, total phenols, nutritional profile, quinoa, food security.

1. INTRODUCCIÓN

La inseguridad alimentaria y la malnutrición siguen figurando entre los problemas de salud pública más difíciles de revertir (Hajri et al., 2020; Attia et al., 2021). El informe El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo estimó que en 2023 alrededor de 733 millones de personas pasaron hambre y que más de un tercio de la población mundial no podía costear una dieta saludable (FAO et al., 2024; Jan et al., 2023).

En Ecuador el panorama es especialmente delicado en la sierra central. De acuerdo con la segunda ronda de la Encuesta Nacional sobre Desnutrición Infantil, la desnutrición crónica en menores de dos años llegó al 40.1% en Chimborazo durante 2023–2024, muy por encima del promedio nacional de 19.3% y en ascenso respecto a la ronda previa (INEC, 2024; Attia et al., 2021). Ante cifras de esa magnitud, ampliar la oferta de alimentos locales con buena densidad nutricional deja de ser una aspiración académica para volverse una necesidad concreta (Jan et al., 2023; Xi et al., 2024). La quinua y el amaranto ocupan un lugar destacado entre esos alimentos (Jan et al., 2023; Hussain et al., 2021).

Frente al arroz, el maíz o el trigo, ambos pseudocereales suelen aportar más proteína, fibra dietética y lípidos insaturados, junto con un balance de aminoácidos esenciales poco común en los cereales (Carrillo et al., 2015; López-Mejía & Arias-Giraldo, 2021; Xi et al., 2024; Li et al., 2021). La quinua presenta un contenido proteico que, según la variedad y el manejo, se ubica entre 13 y 22% en base seca (Hu et al., 2023; Y. Liu et al., 2020; Medina Martínez et al., 2020; Ren et al., 2023), con una concentración de lisina superior a la de la mayoría de los granos convencionales; el amaranto supera con frecuencia el 16% de proteína (Liu et al., 2020; Nandan et al., 2024) y se distingue por su fracción lipídica y su contenido de escualeno (Jacobsen et al., 2010; Hussain et al., 2021; Pedrali et al., 2023). El amaranto supera con frecuencia el 16% de proteína y se distingue por su fracción lipídica y su contenido de escualeno (Jacobsen et al., 2010; Gupta et al., 2023). A ello se suma un aporte apreciable de fibra y de minerales como el magnesio, cuya biodisponibilidad se ve favorecida por la baja concentración de fitatos (Li et al., 2021; Zhang et al.,

2024). Ninguna de estas cualidades es fija, el genotipo, la fertilidad del suelo, la disponibilidad de agua y la temperatura del sitio de cultivo modifican la composición final del grano (Pedrali et al., 2023; Zhang et al., 2024; Wang et al., 2020).

Chimborazo, situada en la sierra central del Ecuador entre los 2 500 y 3 500 msnm, reúne condiciones edafoclimáticas favorables para los granos andinos (Monroy-Pedroza et al., 2021; Hussain et al., 2021). Aun así, y pese a que el país figura entre los principales productores regionales de quinua con variedades locales como INIAP Tunkahuan e INIAP Alegría, la caracterización de estos granos bajo un mismo esquema de muestreo dentro de la provincia es todavía escasa (Jan et al., 2023; Xi et al., 2024). Esa carencia dificulta comparar el comportamiento de ambas especies entre ambientes productivos distintos y vincularlo con las variables edafoclimáticas y de manejo de cada comunidad (Pedrali et al., 2023; J. Liu et al., 2022).

En este trabajo, las condiciones agroecológicas se entienden como el conjunto de rasgos altitudinales, climáticos, edáficos y de manejo que caracterizan a cada sitio; documentarlas importa porque esas variables actúan de manera simultánea y pueden asociarse con cambios en la composición del grano (Li et al., 2021; Zhang et al., 2024). Con ese marco, y en articulación con la cadena productiva local coordinada por la empresa IQ Alimentos (Riobamba, Ecuador), el objetivo del estudio fue comparar la composición proximal, el contenido de fenoles totales y el perfil de aminoácidos esenciales de quinua y amaranto cultivados en San Juan, Colta y Licto (Jan et al., 2023; Gupta et al., 2023; Zhang et al., 2024).

2. METODOLOGÍA

2.1 Área de estudio y caracterización de los sitios

El estudio se desarrolló en la provincia de Chimborazo, sierra central del Ecuador (1°41' S, 78°38' O), entre junio y agosto de 2024. Se seleccionaron tres comunidades con altitudes contrastantes: San Juan (3 200 msnm), Colta (3 100 msnm) y Licto (2 850 msnm). La elección respondió a la representatividad del gradiente altitudinal de la zona y al vínculo productivo

de estas comunidades con la empresa IQ Alimentos, articulándose a las asociaciones de productores con la cadena agroindustrial. Cada sitio se caracterizó para disponer de covariables ambientales que ayudaran a interpretar las diferencias de composición observadas entre comunidades (Tabla 1).

Los parámetros edáficos se determinaron sobre muestras compuestas de suelo tomadas a 0–20 cm de

profundidad, con cinco submuestras por sitio. pH (potenciométrico, relación suelo: agua 1:2.5), materia orgánica (Walkley–Black), nitrógeno total (Kjeldahl), fósforo disponible (Olsen) y potasio intercambiable (extracción con acetato de amonio 1 N) (Manzano et al., 2025; Martín, 2022). Los datos se obtuvieron de los boletines meteorológicos mensuales del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2024) correspondientes al periodo de estudio.

Tabla 1. Características geográficas, climáticas y edáficas de las comunidades de estudio.

Comunidad	Altitud (msnm)	T media (°C)	Precipitación (mm)	pH	M.O. (%)	N total (%)
San Juan	3 200	9.5	780	5.8	4.6	0.25
Colta	3 100	10.8	715	6.2	3.6	0.20
Licto	2 850	13.0	520	6.7	2.6	0.15

2.2 Material vegetal y muestreo

Se trabajó con quinua (*C. quinoa* var. INIAP Tunkahuan) y amaranto (*A. caudatus* var. INIAP Alegría), variedades mejoradas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador y de amplio cultivo en la sierra (INIAP, 2010). La cosecha se realizó en madurez fisiológica, las fechas difirieron entre comunidades por las siembras escalonadas de cada asociación.

Dentro de la parcela de cada comunidad se aplicó muestreo sistemático en cuadrícula, con puntos separados 10 m, y en cada punto se recolectaron las panojas de 15 plantas. El material de cada combinación de especie y comunidad se trilló y homogeneizó por cuarteo de forma independiente, sin mezclar granos de orígenes distintos, hasta reunir un lote de 20 kg por combinación. Así se obtuvieron seis lotes de quinua y amaranto por cada una de las tres comunidades que sumaron 120 kg de cada lote se separaron alícuotas de trabajo de 500 g (Zabala Vizúete et al., 2022).

2.3 Pretratamiento de las muestras

La quinua se desaponificó por vía húmeda mediante lavados sucesivos con agua hasta reducir las saponinas residuales por debajo de 0.11 %. El contenido residual se controló con el método afrosimétrico de la espuma, que relaciona la altura de la espuma con la concentración de saponinas según el procedimiento descrito por Koziol (1991). Concluidos los lavados, los granos se secaron en estufa a 40 °C hasta masa constante. El amaranto, que no contiene saponinas en concentraciones relevantes, se limpió por tamizado y selección manual para retirar impurezas, restos vegetales y granos dañados. Antes del análisis, ambos granos se acondicionaron a una humedad de 11–12 %

y se molieron para asegurar la homogeneidad de la muestra (Moposita et al., 2023).

2.4 Análisis proximal

Todos los análisis se llevaron a cabo en los laboratorios OSP de la Universidad Central del Ecuador. La composición se determinó por el sistema de análisis proximal de Weende. La humedad se cuantificó por secado en estufa a 105 °C hasta masa constante, el nitrógeno total, por el método Kjeldahl con digestión en H₂SO₄ concentrado y catálisis de CuSO₄–K₂SO₄. El extracto etéreo se obtuvo por Soxhlet con éter de petróleo (40°C), la fibra dietética total por el método enzimático-gravimétrico de Prosky y las cenizas por incineración en mufla a 550 ± 10 °C. Los carbohidratos disponibles se calcularon por diferencia (Dussán-Sarria et al., 2019; Rodríguez-González et al., 2023). El nitrógeno se convirtió en proteína cruda con el factor 6.25. Conviene precisar que en pseudocereales este factor general puede sobrestimar ligeramente el contenido proteico por la fracción de nitrógeno no proteico, de modo que los valores en el presente estudio corresponden a proteína cruda y no a proteína verdadera.

2.5 Fenoles totales

Para la extracción se pesó la muestra desengrasada y se mezcló con metanol acuoso (relación disolvente: muestra e intervalo de agitación estandarizados en el laboratorio) la suspensión se centrifugó y el sobrenadante se recuperó para el análisis. El contenido de fenoles totales se estimó por el método de Folin–Ciocalteu, midiendo la absorbancia frente a una curva de calibración de ácido gálico en el intervalo 0–800 µg/mL ($R^2 > 0.999$). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de

Artículo científico: Análisis del perfil nutricional de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) cultivados en condiciones agroecológicas en la provincia de Chimborazo

muestra en base seca (mg GAE/100 g) (Ivanova et al., 2015).

2.6 Perfil de aminoácidos

El perfil de aminoácidos se determinó por cromatografía líquida de alta resolución tras hidrólisis ácida de la proteína y el triptófano se cuantificó por hidrólisis alcalina independiente, a su vez la metionina previa oxidación según los procedimientos habituales para estos aminoácidos. Los resultados se expresaron en g de aminoácido por 100 g de proteína.

2.7 Análisis estadístico

El procesamiento se realizó en SPSS v26.0 y R v4.3.0. Cada lote sobre la combinación de especie y comunidad se analizó por triplicado y los resultados se expresaron como media $\pm$ desviación estándar. La normalidad de los residuos se verificó con Shapiro–Wilk y la homogeneidad de varianzas con Levene.

Se aplicó un ANOVA bifactorial con la especie, la comunidad de origen y su interacción como efectos fijos cuando se detectaron diferencias, las medias se compararon con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Para describir el comportamiento dentro de cada especie se emplearon análisis de efectos simples por comunidad. Las variables ambientales de cada sitio se incorporaron de forma descriptiva y su relación con las respuestas nutricionales se exploró mediante correlación, sin asumir causalidad. Dado que la réplica a nivel de

comunidad se basó en muestras compuestas analizadas por triplicado, las diferencias entre comunidades se interpretan como asociaciones de carácter exploratorio y no como efectos causales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Composición proximal

La composición proximal expresada en base seca mostró perfiles diferenciados entre las dos especies (Tabla 2). El amaranto reunió los mayores contenidos de proteína, lípidos, fibra dietética y cenizas, mientras que la quinua concentró una proporción más alta de carbohidratos disponibles. Este contraste es coherente con lo descrito para los pseudocereales cuya composición depende de la especie, el genotipo y el ambiente de producción (Carrillo et al., 2015).

La mayor densidad proteico-lipídica del amaranto resulta de interés para el desarrollo de harinas compuestas y formulaciones dirigidas a mejorar dietas basadas en cereales convencionales y la mayor proporción de carbohidratos de la quinua, ligada a su contenido de almidón, la hace más apropiada como base energética (López-Mejía & Arias-Giraldo, 2021).

Frente a arroz, maíz y trigo ambos granos destacan por su densidad proteica y por una distribución más favorable de aminoácidos, aunque esta comparación es bibliográfica y en este trabajo no se analizaron cereales convencionales bajo las mismas condiciones.

Tabla 2. Composición proximal comparativa de quinua y amaranto en base seca.

Componente	Quinua (media $\pm$ DE)	Amaranto (media $\pm$ DE)	Unidad
Proteína cruda	15.6 $\pm$ 0.4	16.8 $\pm$ 0.5	g/100 g b.s.
Lípidos	6.2 $\pm$ 0.3	7.7 $\pm$ 0.4	g/100 g b.s.
Fibra dietética total	8.7 $\pm$ 0.5	9.1 $\pm$ 0.6	g/100 g b.s.
Cenizas	2.9 $\pm$ 0.2	3.2 $\pm$ 0.2	g/100 g b.s.
Carbohidratos disponibles	66.4 $\pm$ 1.2	63.2 $\pm$ 1.0	g/100 g b.s.

3.2 Proteína cruda y comunidad de origen

El contenido de proteína varió con la especie y con la comunidad (Tabla 3). En quinua y en amaranto el patrón fue el mismo. San Juan encabezó los valores, Colta ocupó una posición intermedia y Licto registró los menores contenidos. El análisis de efectos simples confirmó diferencias entre comunidades en ambas

especies (quinua: $F_{2,6} = 8.43$; $p = 0.018$; amaranto: $F_{2,6} = 7.91$; $p = 0.021$), y la prueba de Tukey ubicó las diferencias más nítidas entre San Juan y Licto, con Colta sin separarse con claridad de los extremos. La interacción especie $\times$ comunidad no resultó significativa ($F_{2,12} = 1.04$; $p = 0.383$), lo que indica que ambas especies respondieron de manera paralela a lo largo de las comunidades.

Tabla 3. Contenido de proteína cruda por comunidad y especie.

Comunidad	Altitud (msnm)	Quinua (% b.s.)	Amaranto (% b.s.)
San Juan	3 200	16.3 $\pm$ 0.25 a	17.9 $\pm$ 0.40 a
Colta	3 100	15.6 $\pm$ 0.35 ab	16.8 $\pm$ 0.35 ab
Licto	2 850	14.8 $\pm$ 0.50 b	15.8 $\pm$ 0.30 b

El patrón sugiere una asociación entre el ambiente de producción y la acumulación de proteína, pero no es posible atribuir el resultado únicamente a la altitud. Varios factores pueden actuar a la vez ya que una temperatura media más baja durante el llenado del grano, la disponibilidad relativa de nitrógeno en el suelo, la duración del ciclo y el propio genotipo. En términos fisiológicos, el estrés térmico y la mayor irradiancia de los sitios altos pueden alterar la eficiencia en el uso del nitrógeno y favorecer la deposición de proteínas de reserva, lo que ofrece una explicación para los valores más altos de San Juan.

Estudios en quinua cultivada en ambientes contrastantes han descrito variaciones apreciables de proteína en respuesta a la combinación de altitud, suelo

y clima (Peralta et al., 2014). Por ello las diferencias observadas deben comprenderse como un efecto del sitio de origen y no como una demostración del efecto de la altitud por sí sola (Peralta et al., 2015).

3.3 Fenoles totales

Los fenoles totales siguieron el mismo orden que la proteína. San Juan por delante, seguida de Colta y Licto, con el amaranto por encima de la quinua en las tres comunidades (Tabla 4). La diferencia entre especies puede vincularse con su composición fitoquímica particular y con distinta capacidad para acumular metabolitos secundarios frente a las condiciones del sitio (Them et al., 2019).

Tabla 4. Contenido de fenoles totales por comunidad y especie.

Comunidad	Altitud (msnm)	Quinua (mg GAE/100 g b.s.)	Amaranto (mg GAE/100 g b.s.)
San Juan	3 200	148.2 ± 8.5 a	175.4 ± 10.0 a
Colta	3 100	142.3 ± 8.0 ab	168.7 ± 9.5 ab
Licto	2 850	134.6 ± 6.5 b	158.1 ± 8.0 b

Los mayores valores de San Juan combina la altitud con una radiación ultravioleta más intensa, temperaturas más bajas y una amplitud térmica marcada. Bajo ese estrés abiótico, las plantas tienden a reforzar la ruta de los fenilpropanoides, la enzima fenilalanina amonio liasa incrementa su actividad y canaliza la fenilalanina hacia la síntesis de ácidos fenólicos y flavonoides, que funcionan como pantalla frente a la radiación UV y como antioxidantes celulares. Respuestas de este tipo se han descrito en quinua y amaranto expuestos a mayor irradiancia.

En el presente trabajo no se midió la radiación UV efectiva sobre el cultivo, ni la actividad de la enzima, ni los compuestos fenólicos individuales por eso el

mecanismo se plantea como una hipótesis fisiológica y no como una relación demostrada. Como el método de Folin-Ciocalteu ofrece una medida global, estos valores son una aproximación al contenido fenólico total y no como evidencia de moléculas bioactivas específicas (Salik et al., 2025).

3.4 Perfil de aminoácidos esenciales

El perfil aminoacídico confirmó el carácter complementario de ambas especies (Tabla 5). La quinua presentó mayores proporciones de metionina y leucina, mientras que el amaranto superó a la quinua en lisina, treonina, triptófano, isoleucina, fenilalanina y valina.

Tabla 5. Perfil de aminoácidos esenciales de quinua y amaranto (g/100 g de proteína).

Aminoácido esencial	Quinua	Amaranto	Mayor en
Lisina	6.1	6.4	Amaranto
Metionina	2.8	2.1	Quinua
Treonina	3.5	3.8	Amaranto
Triptófano	1.2	1.6	Amaranto
Isoleucina	3.8	4.1	Amaranto
Leucina	6.6	5.9	Quinua
Fenilalanina	3.9	4.2	Amaranto
Valina	4.5	4.7	Amaranto

Artículo científico: Análisis del perfil nutricional de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y amaranto (*Amaranthus caudatus L.*) cultivados en condiciones agroecológicas en la provincia de Chimborazo

Esta complementariedad respalda la idea de combinar ambos granos en formulaciones destinadas a población infantil, escolar o rural. No obstante, la sola comparación de aminoácidos no demuestra una mayor calidad proteica de la mezcla el sostener esa afirmación exigiría calcular el cómputo aminoacídico y contar con datos de digestibilidad, (Dussán-Sarria et al., 2019).

3.5 Compuestos bioactivos y potencial funcional

Para los compuestos bioactivos y su potencial funcional Hajri et al., 2020 describe que la quinua y amaranto presentan ácidos fenólicos, flavonoides, betalaínas, así como en el caso del amaranto y otros metabolitos asociados a su capacidad antioxidante, un ejemplo es el escualeno ligado a la fracción lipídica. Este trabajo, sin embargo, se limitó a estimar el contenido fenólico total (Peña et al., 2015). Identificar los compuestos individuales y ponderar su aporte real a la actividad antioxidante requerirá técnicas cromatográficas (HPLC-DAD, HPLC-MS o LC-MS/MS) y ensayos complementarios. En consecuencia, las diferencias halladas entre especies y comunidades deben entenderse como variaciones en la respuesta global del método de Folin-Ciocalteu, y no como prueba de la presencia diferencial de moléculas concretas

4. CONCLUSIÓN

La quinua y el amaranto evaluados presentaron composiciones nutricionales diferenciadas y en varios rasgos complementarias. El amaranto se perfiló como la especie de mayor densidad proteico-lipídica, mayor contenido de fibra y de fenoles totales; mientras que, la quinua aportó una base energética más rica en carbohidratos disponibles y una fracción de metionina que equilibra el perfil aminoacídico conjunto. En el contexto de la elevada desnutrición crónica infantil que afecta a la provincia de Chimborazo estos rasgos sitúan a ambos granos como materias primas locales con capacidad para diversificar y densificar nutricionalmente la dieta, más que como una solución en sí mismos.

En las tres comunidades, las muestras tomadas de San Juan concentraron los mayores valores de proteína y de fenoles totales, ese comportamiento revela una asociación entre la composición del grano y la comunidad de procedencia, pero el diseño no permite aislar el papel de la altitud ni establecer relaciones causales con las variables climáticas o edáficas; la lectura correcta es que el origen territorial se comporta como un descriptor útil de la calidad, no como su causa demostrada. Esta diferenciación por origen resulta pertinente para la trazabilidad y la valorización de los granos dentro de la cadena articulada por IQ Alimentos.

Los resultados constituyen una línea de base para el estudio de los granos andinos producidos en la provincia. Traducir estas cualidades en alimentos dirigidos a las poblaciones locales exigirá avanzar hacia la digestibilidad proteica, la biodisponibilidad mineral, la identificación de los compuestos fenólicos por vía cromatográfica y el desempeño de estos granos en formulaciones concretas. En ese sentido, el trabajo no demuestra un efecto directo sobre la desnutrición infantil, pero aporta la información técnica de partida para diseñar productos y estrategias de valorización con anclaje regional.

Contribución de los autores.- Ambos autores contribuyeron a la concepción y al diseño del estudio. La preparación del material, el muestreo, los análisis de laboratorio y el procesamiento de los datos estuvieron a cargo de D.R.M.V. y J.M.R.O. El primer borrador del manuscrito fue redactado por D.R.M.V., y J.M.R.O. revisó de forma crítica las versiones sucesivas. Ambos autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.

Financiación.- No se recibieron fondos, subvenciones u otro tipo de apoyo.

Conflicto de intereses.- Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

5. REFERENCIAS

- Attia, S. L., Schmidt, W.-P., Ceballos Osorio, J., Young, T., Schadler, A., & Plasencia, J. (2021). Identifying targets for the prevention of childhood undernutrition in a resource-limited peri-urban Ecuadorian community. *Food and Nutrition Bulletin*, 42(2), 1–15. <https://doi.org/10.1177/0379572120982500>
- Dussán-Sarria, S., Cruz-Noguera, R. E. D. de la, & Godoy, S. P. (2019). Estudio del perfil de aminoácidos y análisis proximal de pastas secas extruidas a base de harina de quinua y harina de chontaduro. *Información Tecnológica*, 30(6), 93–100. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600093>
- FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2024). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2024: Financiación para acabar con el hambre, la inseguridad alimentaria y la malnutrición en todas sus formas*. Roma: FAO. <https://doi.org/10.4060/cd1254es>
- González, A. F. M., Aguirre, C. A. C., Salgado, A. P. C., & Congo, B. J. P. (2024). Análisis de la desnutrición infantil desde la etapa prenatal hasta los 2 años en las comunidades de La Esperanza-Imbabura y Guamate-

- Chimborazo, período 2020-2023. *Práctica Familiar Rural*, 9(2).
<https://doi.org/10.16921/PFR.V9I2.317>
- Gupta, A., Singh, G. D., Gautam, A., Tripathi, T., Taneja, A. K., Singh, B. N., Roy, R., Sidhu, O. P., Panda, S. K., & Bhatt, A. (2023). Unraveling compositional study, chemometric analysis, and cell-based antioxidant potential of selective high nutraceutical value amaranth cultivars using a GC-MS and NMR-based metabolomics approach. *ACS Omega*, 8(50), 47573–47584.
<https://doi.org/10.1021/acsomega.3c05597>
- Hajri, T., Angamarca-Armijos, V., & Caceres, L. (2020). Prevalence of stunting and obesity in Ecuador: A systematic review. *Public Health Nutrition*, 24(8), 2259–2272.
<https://doi.org/10.1017/S1368980020002049>
- Hayat, J., Akodad, M., Moumen, A., Baghour, M., Skalli, A., Ezrari, S., & Belmalha, S. (2020). Phytochemical screening, polyphenols, flavonoids and tannin content, antioxidant activities and FTIR characterization of *Marrubium vulgare* L. from 2 different localities of Northeast of Morocco. *Heliyon*, 6(11), e05609.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05609>
- Hu, Y. C., Hu, J. L., Li, J., Wang, J., Zhang, X. Y., Wu, X. Y., Li, X., Guo, Z. Bin, Zou, L., & Wu, D. T. (2023). Physicochemical characteristics and biological activities of soluble dietary fibers isolated from the leaves of different quinoa cultivars. *Food Research International*, 163.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112166>
- Hussain, M. I., Farooq, M., Syed, Q. A., Ishaq, A., Al-Ghamdi, A. A., & Hatamleh, A. A. (2021). Botany, nutritional value, phytochemical composition and biological activities of quinoa. *Plants*, 10(11), 2258.
<https://doi.org/10.3390/plants10112258>
- INIAP. (2009). *Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: chocho, quinua y amaranto, para la sierra de Ecuador*.
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=INIAP.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001629>
- INIAP. (2010). *INIAP TUNKAHUAN variedad mejorada de quinua*. 345, 35.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/4100/2639/1/iniapscpl345.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2024). *Boletín técnico N.º 02-2024-ENDI: Desnutrición crónica infantil se ubica en el 19,3% para menores de 2 años*. Quito, Ecuador: INEC.
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/ENDI/R2/Boletin_tecnico_%20ENDI_R2.pdf
- Ivanova, A. V., Gerasimova, E. L., & Brainina, K. Z. (2015). Potentiometric study of antioxidant activity: development and prospects. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45(4), 311–322.
<https://doi.org/10.1080/10408347.2014.910443>
- Jacobsen, S.-E., & Sherwood, S. (2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador: informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto*. Editorial Abya-Yala; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Centro Internacional de la Papa; Catholic Relief Services.
<https://books.google.com.ec/books?id=s73gc3GcptcC>
- Jan, N., Hussain, S. Z., Naseer, B., & 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.
<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100687>
- Li, L., Lietz, G., & Seal, C. J. (2021). Phenolic, apparent antioxidant and nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(7), 3245–3254.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.14962>
- Liu, J., Wang, Z., Wang, Z., Hao, Y., Wang, Y., Yang, Z., Li, W., & Wang, J. (2020). Physicochemical and functional properties of soluble dietary fiber from different colored quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 95, 103045.
<https://doi.org/10.1016/J.JCS.2020.103045>

Artículo científico: Análisis del perfil nutricional de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) cultivados en condiciones agroecológicas en la provincia de Chimborazo

- Liu, Y., Kong, Z., Liu, J., Zhang, P., Wang, Q., Huan, X., Li, L., & Qin, P. (2020). Non-targeted metabolomics of quinoa seed filling period based on liquid chromatography-mass spectrometry. *Food Research International*, 137, 109743. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109743>
- López-Mejía, M., & Arias-Giraldo, S. (2021). Usos, propiedades nutricionales y evaluación sensorial del amaranto, quinua y subproductos de uva y café. *Ingeniería y Competitividad*, 24(1). <https://doi.org/10.25100/IYC.V24I1.11000>
- Manzano, D., Parra, V., Zurita, S., & Pico, M. (2025). Physicochemical evaluation of humus and compost as a strategy to strengthen sustainable agriculture. *Revista de La Facultad de Agronomía, Universidad Del Zulia*, 42(3), e254236. [https://doi.org/10.47280/revfacagron\(luz\).v42.n3.vii](https://doi.org/10.47280/revfacagron(luz).v42.n3.vii)
- Martín Herrero, A. (2022). *Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de amaranto* [Trabajo de fin de máster, Universidad Politécnica de València]. Repositorio Institucional RiuNet. <https://riunet.upv.es/handle/10251/185390>
- Medina Martinez, O. D., Lopes Toledo, R. C., Vieira Queiroz, V. A., Pirozi, M. R., Duarte Martino, H. S., & Ribeiro de Barros, F. A. (2020). Mixed sorghum and quinoa flour improves protein quality and increases antioxidant capacity in vivo. *LWT*, 129, 109597. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.109597>
- Monroy-Pedroza, D., Martínez-Hernández, J. de J., Gavi-Reyes, F., Torres-Aquino, M., Hernández-Ríos, I., Monroy-Pedroza, D., Martínez-Hernández, J. de J., Gavi-Reyes, F., Torres-Aquino, M., & Hernández-Ríos, I. (2021). Crecimiento, acumulación y distribución de materia seca en dos variedades de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* y *A. cruentus*) bajo fertilización. *Biotechnia*, 23(3), 14–21. <https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V23I3.1399>
- Moposita, D., Moposita, D., Mejía, B., Dávalos, G., & Godoy, M. (2023). Pastas alimenticias enriquecidas con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus*). *Polo Del Conocimiento*, 8(5), 1404–1417. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i5.5652>
- Nandan, A., Koirala, P., Dutt Tripathi, A., Vikranta, U., Shah, K., Gupta, A. J., Agarwal, A., & Nirmal, N. (2024). Nutritional and functional perspectives of pseudocereals. *Food Chemistry*, 448. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139072>
- Pedrali, D., Giupponi, L., De la Peña-Armada, R., Villanueva-Suárez, M. J., & Mateos-Aparicio, I. (2023). The quinoa variety influences the nutritional and antioxidant profile rather than the geographic factors. *Food Chemistry*, 402, 133531. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133531>
- Peña, M. A., Méndez, O., Guerra, M. A., & Peña, S. A. (2015). *Desarrollo de productos cárnicos funcionales: utilización de harina de quinua* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/11028>
- Peralta I., E., Mazón, N., Murillo I., A., & Rodríguez Ortega, D. G. (2014). *Manual agrícola de granos andinos: Chocho, quinua, amaranto y ataco. Cultivos, variedades, costos de producción* (Manual No. 69) [Manual]. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2418>
- Peralta I., E., Murillo I., A., & Mazón, N. (2015). *Línea del tiempo. Mejoramiento genético de los granos andinos en Ecuador: Quinua, chocho, amaranto y ataco* (Publicación Miscelánea No. 420). INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2726>
- Ren, G., Teng, C., Fan, X., Guo, S., Zhao, G., Zhang, L., Liang, Z., & Qin, P. (2023). Nutrient composition, functional activity and industrial applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 410. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135290>
- Rodríguez-González, I., Benavides-Guevara, R. M., Jurado, B. K., Marulanda, M., Zuluaga-Domínguez, C. M., Rodríguez-González, I., Benavides-Guevara, R. M., Jurado, B. K., Marulanda, M., & Zuluaga-Domínguez, C. M. (2023). Propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales en galletas elaboradas

- con trigo, avena y quinoa. *Ingeniería y Competitividad*, 25(2). <https://doi.org/10.25100/IYC.V25I2.11242>
- Salık, M. A., Çakmakçı, S., & Çakmakçı, R. (2025). Effects of extraction methods on the phenolic, flavonoid and antioxidant compounds of selected medicinal–aromatic spices: a comparative study. *Chemical Papers*, 79(11), 7447–7463. <https://doi.org/10.1007/S11696-025-04263-6/METRICS>
- Them, L. T., Tuong Nguyen Dung, P., Thi Nhat Trinh, P., Tong Hung, Q., Tuong, L. N., Trong Tuan, N., Duc Lam, T., Thuy Nguyen, V., & Dung, L. T. (2019). Saponin, Polyphenol, Flavonoid content and α -glucosidase Inhibitory Activity, Antioxidant Potential of *Launaea sarmentosa* Leaves grown in Ben Tre province, Vietnam. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 542(1), 0–5. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/542/1/012036>
- Vela, D. R. M., Mancheno, A. C. F., & Castro, J. O. O. (2025). Valorisation of Agroforestry Waste for Optimised Biole Formulation Through Diversified Inputs for Nutrient Recovery. *Proceedings* 2025, 131(1), 52. <https://doi.org/10.3390/PROCEEDINGS2025131052>
- Wang, X., Zhao, R., & Yuan, W. (2020). Composition and secondary structure of proteins isolated from six different quinoa varieties from China. *Journal of Cereal Science*, 95, 103036. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2020.103036>
- Xi, X., Fan, G., Xue, H., Peng, S., Huang, W., & Zhan, J. (2024). Harnessing the potential of quinoa: Nutritional profiling, bioactive components, and implications for health promotion. *Antioxidants*, 13(7), 829. <https://doi.org/10.3390/antiox13070829>
- Zabala Vizuete, R. F., Manzano Vela, D. R., & Salazar Luisataxi, J. M. (2022). Evaluation of Protein Levels in the Production of Granola from Amaranth and Agroecological Quinoa. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 2(2), 519–535. <https://doi.org/10.18502/ESPOCH.V2I2.11414>
- Zhang, L., Dang, B., Lan, Y., Zheng, W., Kuang, J., Zhang, J., & Zhang, W. (2024). Metabolomics characterization of phenolic compounds in colored quinoa and their relationship with in vitro antioxidant and hypoglycemic activities. *Molecules*, 29(7), 1509. <https://doi.org/10.3390/molecules29071509>

Artículo científico: Análisis del perfil nutricional de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) y amaranto (*Amaranthus caudatus L.*) cultivados en condiciones agroecológicas en la provincia de Chimborazo