

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN LA COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DE SEMILLAS DE QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA WILLD*) EN BOYACÁ – COLOMBIA

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ADUBAÇÃO QUÍMICA E ORGÂNICA NA COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE SEMENTES DE QUINOA (*CHENOPODIUM QUINOA WILLD*) EM BOYACÁ – COLÔMBIA

Miguel Ángel García-Parra¹
José Francisco García-Molano²
Diana Carolina Carvajal-Rodríguez³

¹Est. Doctorado en Ciencias Agrarias y Agroindustriales. Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja - Colombia

²Ph.D Biología Vegetal. Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja - Colombia ³Ingeniera Agropecuaria

¹mangelgarcia@jdc.edu.co

²jfgm29@hotmail.com

³dcarvajal@jdc.edu.co

Resumen

El consumo de semillas de quinua en el mundo, tiene importancia por su composición nutricional, que se encuentra influenciada por las condiciones edafoclimáticas. Se realizó un experimento con el objetivo de estudiar el efecto de la fertilización en el contenido de nitrógeno orgánico, carbohidratos, extracto etéreo y lignina detergente ácida en semillas de quinua variedad Soracá, desarrollando prácticas agronómicas propias del departamento de Boyacá. El experimento se desarrolló en el municipio de Oicatá durante el transcurso del año 2017, utilizando un diseño completamente al azar con cuatro

tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas en el contenido de extracto etéreo y lignina detergente ácida, mientras que el contenido de nitrógeno orgánico no presentó diferencias, al igual que el contenido de carbohidratos. Concluyendo que el tratamiento con mejores resultados de calidad de grano se presentó en el tratamiento T₂, mientras que el tratamiento T₁ y T₃ desempeñaron el mejor rendimiento por hectárea.

Palabras clave: Clima; extracto etéreo; lignina; nitrógeno orgánico.

Resumo

O consumo de sementes de quinoa no mundo é importante devido à sua composição nutricional, que é influenciada pelas condições edafoclimáticas. Uma expericia foi conduzida para estudar o efeito da adubação sobre o teor de azoto orgânico, hidratos de carbono, extracto de éter e ácido variedade detergente lignina sementes Soracá quinoa, desenvolvendo próprio do Departamento de práticas agronómicas. O experimento foi realizado no município de Oicatá durante o ano de 2017, com delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições.

Os resultados mostraram diferenças estatísticas significativas no teor de extrato etéreo e lignina em detergente ácido, enquanto o teor de nitrogênio orgânico não apresentou diferenças, como no teor de carboidratos. Conclui-se que o tratamento com os melhores resultados de qualidade de grãos foi apresentado no tratamento T₂, enquanto o tratamento T₁ e T₃ apresentou o melhor rendimento por hectare.

Palavras chave: Clima; extrato etéreo; lignina; nevitrogênio.

Introducción

La planta de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) pertenece a la familia Amaranthaceae y es originaria de América del Sur, cultivada desde los años 2000 a. C.; principalmente en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia, caracterizada por las comunidades ancestrales como símbolo de cultura, religiosidad y abundancia (Andrews, 2017). Además, de hacer parte de la gastronomía mediante la elaboración de sopas, coladas, amasijos y bebidas alcohólicas, debido a las características adquiridas al establecerse en diferentes condiciones agroecológicas que van desde los 0 hasta los 4000 metros de altura, lo que determina su expresión fenotípica (Calvo, 2014).

A raíz de la colonización española en América en el siglo XV, este cultivo nativo fue desplazado por especies vegetales introducidas como trigo (*Triticum vulgare* L), cebada (*Hordeum vulgare* L.), avena (*Avena sativa* L.) y otras especies de la familia de las rosaceae (Carvajal et al., 2018), ya que la quinua fue confundida como una especie arvense para los cultivos de maíz (*Zea mays* L.) principalmente, como consecuencia de su similitud fenotípica con la

especie *Chenopodium berlandieri* (Jarvis et al., 2017), lo que generó pérdida del conocimiento tradicional de esta planta y reducción en el área de producción (Kerssen, 2015).

Sin embargo, durante las últimas décadas, instituciones públicas y privadas nacionales e internacionales han aunado esfuerzos para rescatar este cultivar. Razón por la cual, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) declaró al 2013, el año internacional de la quinua tras reconocer que es la principal alternativa de seguridad y soberanía alimentaria en diferentes regiones del mundo, ya que según lo encontrado por Miranda y Colaboradores (2013), esta semilla presenta potenciales características nutricionales como altos contenidos de proteína, carbohidratos, fibra, aminoácidos, extracto etéreo, vitaminas, minerales y es libre de gluten.

De acuerdo con lo anterior, existen factores como el suelo y el clima influyentes en la composición bromatológica y funcional del grano de quinua, determinadas por las propiedades

físicas, químicas y microbiológicas del suelo, que disponen de los minerales absorbidos por la raíz, así como la temperatura, precipitación y humedad relativa, que determinan el comportamiento fisiológico de las plantas (González et al., 2017). De esta manera, la aplicación de fertilizantes en la quinua según Conde (2016), es una de las principales prácticas agronómicas que permite darle a la planta los elementos necesarios para el crecimiento y desarrollo, expresando su máximo potencial genético, que se verá reflejado en semillas de buena calidad.

Es por eso, que uno de los principales compuestos nutricionales de la quinua es el extracto etéreo que se encuentra en el embrión de la semilla siendo objeto de investigación, ya que durante los últimos años, el hombre ha buscado en diferentes especies la síntesis y producción lipídica de origen vegetal, que le permita ser aprovechada para el consumo humano (Bernal et al., 2011).

Además, el contenido de nitrógeno en las semillas permite conocer la dinámica de absorción de este elemento, desde el suelo y a través de la planta, para conformar estructuras de aminoácidos, proteínas y demás moléculas nutricionales y funcionales (El-murtada, 2011). Así como, el contenido de lignina, que es determinante en la palatabilidad de la quinua juega un papel importante en la digestibilidad del grano (Bergesse et al., 2015), y la presencia de carbohidratos principalmente amilasa y amilopectina que se encuentran en el perisperma, son la principal fuente de almidón para el consumo humano (Li & Zhu, 2017).

Una de las brechas del conocimiento del cultivo de la quinua y la relación entre el suelo, la planta y el clima, es la evaluación del efecto de las condiciones del medio en la composición de las semillas, que resultan determinantes en el

valor nutricional y económico de éste pseudo-cereal, por lo que el objetivo ésta investigación fue evaluar la fertilización química y orgánico-mineral en el contenido de nitrógeno orgánico total, carbohidratos, lignina detergente acida y extracto etéreo en semillas de quinua, variedad Soracá en Boyacá.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la finca San Miguel en el municipio de Oicatá (Colombia) 5°37'18" N – 73°18'33" O a 2748 msnm, con una temperatura media de 12°C y precipitación de 12 meses (enero a diciembre de 2017) de 356.2 mm, y humedad relativa media de 75%. Datos obtenidos de la estación climática IDEAM (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC).

Se utilizaron semillas de quinua variedad Soracá suministradas por el grupo de investigación Abonos Orgánicos Fermentados (AOF) de la Fundación universitaria Juan de Castellanos (Tunja). Los fertilizantes utilizados fueron escorias thomas (et), urea (u), abono orgánico – mineral victoria (aomv). El abono aomv fue elaborado a partir del compostaje de bovinaza, equinaza, gallinaza y la adición de roca fosfórica; minerales como sulfatos de cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), magnesio (Mg) y ácido bórico (H_3Bo_3). Los días a floración y ciclos productivos fueron determinantes del plan de fertilización con rendimientos por hectárea que difieren de las condiciones del clima y suelo (Figura 1).

De esta manera, se realizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, cada uno con 25m². Los tratamientos se elaboraron de acuerdo con el análisis de suelos. T₀: correspondió al testigo, T₁: 6 Kg de aomv, T₂: 3 Kg de aomv + 100g de U y 50 g de st y T₃: 200g de u y 100g de st. Las variables evaluadas fueron: contenido de nitrógeno

orgánico total (Kjeldahl), Carbohidratos (Fehling), Lignina detergente ácida (Van Soest H_2SO_4) y extracto etéreo (Soxhlet SM 5520D),

el muestreo para el análisis de la semilla de realizó cosechando plantas al azar de cada unidad experimental.

Tabla 1. Resultados del ciclo vegetativo de los días al 50% de la floración y el rendimiento de semillas por hectáreas de plantas de quinua cultivadas en el municipio de Oicatá.

Tratamiento	Ciclo productivo (días)	Días a 50% floración	Producción (Kg. ha ⁻¹)
T ₀	171	119	2,4
T ₁	173	118	3,8
T ₂	188	118	2,9
T ₃	202	124	3,7

Elaborado: Autores

Los datos fueron colectados y tabulados en Excel®, posteriormente se realizó prueba de homogeneidad de varianza (Batlett), prueba de normalidad (Shapiro – Wilk), análisis de varianza con ANOVA y prueba de comparación de promedios de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0.05$, utilizando el programa R versión 3.3.0® mediante el paquete *agricolae*.

Resultados

Contenido de nitrógeno orgánico

El contenido de nitrógeno orgánico presente en semillas de quinua variedad Soracá respecto al plan de fertilización, no presentó diferencias significativas entre tratamiento (T0: 2.2 ± 0.1 ; T1: 2.3 ± 0.04 ; T2: 2.5 ± 0.2 ; T3: 2.0 ± 0.04), sin embargo, el tratamiento 2 mostró el mejor promedio en contenido nitrogenado con una amplia distribución de los datos respecto de la media (Figura 2).

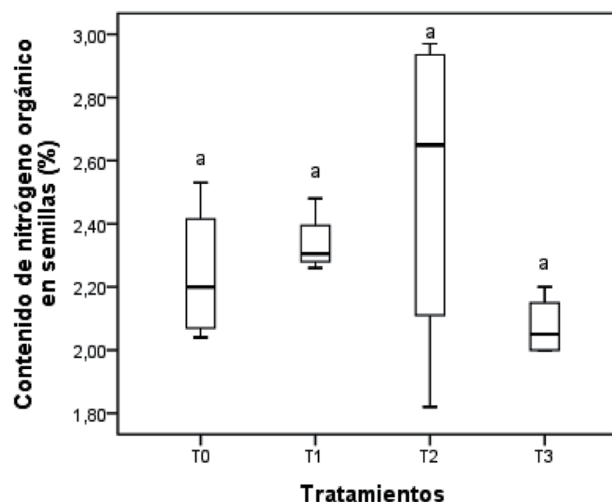


Figura 1. Contenido de nitrógeno orgánico en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), respecto del plan de fertilización. Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), $n=16$. \pm Error estándar

Fuente: Autores

Carbohidratos

La presencia de carbohidratos en los pseudocereales es un componente agroindustrial de gran importancia. En la figura 2, se evidencia que no hay diferencias estadísticas significativas ($T_0:46.9\pm3.2$, $T_1:48.6\pm3.6$, $T_2:48.5\pm3.7$, $T_3:47.2\pm1$), en tanto que los planes de fertilización no incidieron en el contenido de amilasa y amilopectina presente en la semilla de quinua, sin embargo el tratamiento T_2 presentó la media más alta.

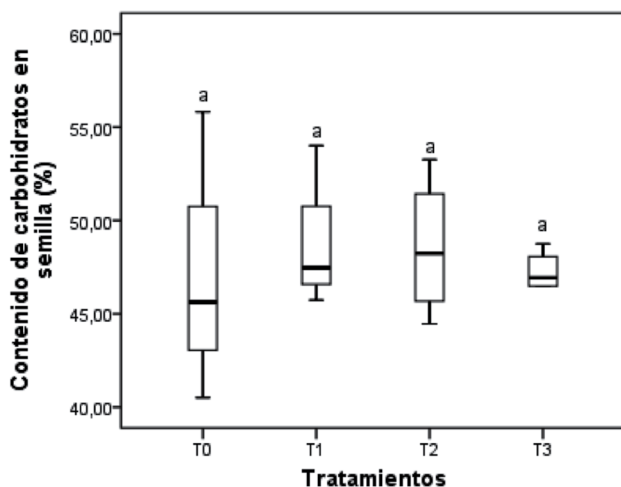


Figura 2. Contenido de carbohidratos en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), respecto del plan de fertilización. Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) $n=16$. \pm Error estándar. Fuente: Autores

Contenido de extracto etéreo

Los tratamientos presentaron diferencias significativas, respecto al contenido de extracto etéreo en semillas de quinua, observando en la figura 3 que el T_2 (6.5 ± 0.4) y T_3 (6.7 ± 0.3) presentaron el promedio más alto en comparación al tratamiento T_0 (3.7 ± 1.1) y al tratamiento T_1 (4.1 ± 1.1), esto como respuesta de la influencia del plan de fertilización y el efecto de la translocación de elementos y minerales desde el suelo hacia las semillas.

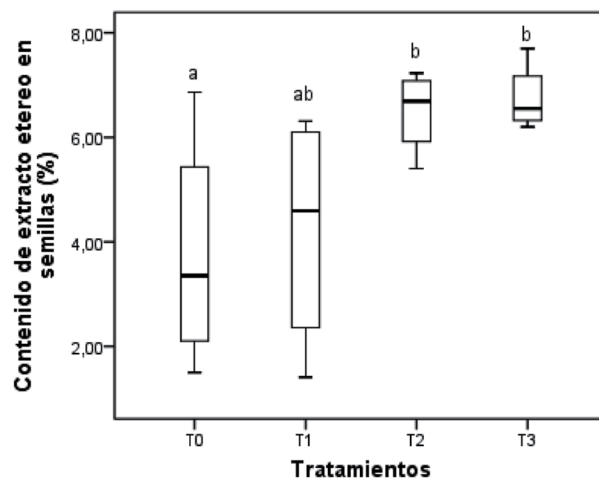


Figura 3. Contenido de extracto etéreo en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), respecto del plan de fertilización. Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), $n=16$. \pm Error estándar. Fuente: Autores

Lignina detergente ácida

Los contenidos de lignina detergente ácida presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, evidenciando que el tratamiento testigo expresó el mayor porcentaje ($4.05\pm0.1\%$) en comparación a los tratamientos T_1 (3.05 ± 0.4 , T_2 (3.1 ± 0.2) y T_3 ($2.3\pm0,4$).

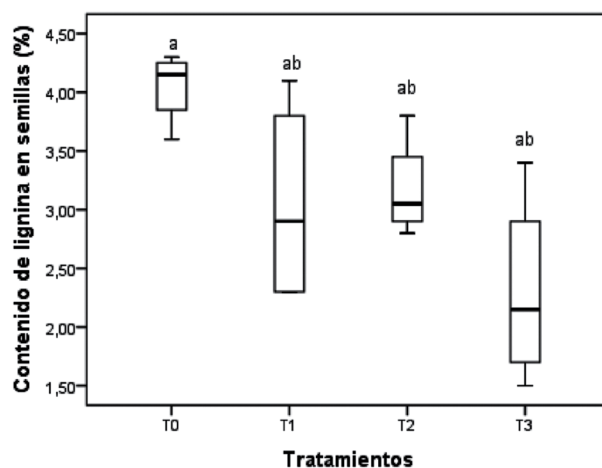


Figura 4. Contenido de lignina detergente ácida en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), respecto del plan de fertilización. Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) $n=16$. \pm Error estándar. Fuente: Autores

Discusión

El contenido proteico de semillas de quinua se encuentra en promedio en 15% (Elsohaimy *et al.*, 2015), siendo determinado por la presencia de nitrógeno total multiplicado por el factor de conversión general (6.25) (Greenfield & Southgate, 2006), siendo este influenciado por la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, dado a la presencia de materia orgánica a nivel rizosférico que facilita la absorción de minerales por parte de las raíces (Bello *et al.*, 2016), lo anterior concuerda con Bilalis y colaboradores (2012), quienes afirman que la producción orgánica de quinua favorece la síntesis de sustancias nutricionales y funcionales presentes en las semillas. Del mismo modo, Thanapornponpong (2004) reconoce que el suministro de fertilizante nitrogenado en conjunto con las condiciones climáticas influye en el contenido de nitrógeno presente en la quinua, sin embargo, las elevadas aplicaciones de este elemento se reflejan en plantas grandes y vigorosas, que no necesariamente representa alta productividad y calidad de semilla (García *et al.* 2017), como fue el caso del tratamiento T₃.

Por otro lado, aunque no se reconocen poblaciones simbióticas para plantas de grupo Chenopodiaceae, la presencia de microorganismos de vida libre que se encuentran presentes en el fertilizante orgánico – mineral victoria, y que es aplicado en los tratamientos T₁ y T₂, facilitan la disponibilidad de elementos como Nitrógeno y Fósforo, que son indispensables en actividades fisiológicas, metabólicas y energéticas de la planta de quinua (Ortuño *et al.* 2013).

De otra parte, el contenido de carbohidratos en semillas de quinua según Navruz-Varli & Sandier (2016), están constituido entre un 52 y 69% del peso total, donde predominan moléculas de amilasa y amilopectina, lo que determina el valor de viscosidad y el potencial agroindustrial; sin embargo, en el presente

estudio se observó que los contenidos de carbohidratos fueron inferiores a lo reportado por este autor. Así mismo, Taylor (2009) determina que la presencia de este componente puede variar del 32 y 69%, lo que puede estar influenciado por el diámetro del pericarpio de la semilla como consecuencia del estatus nutricional de la planta; Así según Marschner (2014), los cereales y pseudocereales transportan entre el 80 y el 85% del total de las moléculas y minerales absorbidos desde el suelo y los transforman, influyendo en el rendimiento y calidad de la semilla.

Por otro lado, Melo (2016) reporta que el contenido de extracto etéreo en semillas de quinua se encuentra en promedio en 5,6%, encontrándose en mayor proporción en comparación con cereales como avena, maíz y trigo. Aunque el ensayo mostró que los contenidos estuvieron en un amplio rango (3.7±1.1 y 6.7±0.3), seguramente se debió a la influencia de las características edafoclimáticas de zona de producción y la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos que logran variar el contenido de grasa entre 1.1 y 10.7% según lo reportado por Hudson (2012), lo que permite determinar que los tratamientos con fertilización de la mezcla *aomv* más *u* y *st* (T₂) y *u* más *st* (T₃), son recomendables para la obtención de altos contenidos de grasa.

Así mismo, el alto contenido de grasa presente en las semillas del tratamiento T₂, pudo deberse a la influencia que generó la aplicación de materia orgánica disponible en el fertilizante *aomv* que actuó como hidrorretenedor del agua (García, 2006), facilitando la disolución de los demás minerales aplicados (*u* y *et*) y la absorción de elementos minerales que son constituyentes de carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y metabolitos secundarios. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Wu y colaboradores (2016).

Una de las potencialidades nutricionales de la semilla de quinua es la presencia de ácidos grasos no saturados, con contenidos de ácido oleico entre 23.3 – 24.8; ácido linoleico 53.1–52.3 y ácido linolenico entre 6.2–3.9 (Jacobsen & Sherwood 2002; Vega-Gálvez et al. 2010), presentes principalmente en los plastidios de los frutos, con la capacidad de aumentar a medida que se genera la maduración (García, 2012). De ahí, que es fundamental para el consumo en la dieta humana, ya que se le reconocen propiedades nutricionales y medicinales.

El contenido de lignina, representa un valor importante a la hora de determinar la digestibilidad de semillas de quinua, sin embargo, la presencia de la LDA es variable de acuerdo con factores como el grado de maduración y las condiciones en las que se desarrolló la planta respecto de suelo y el clima (Frei, 2013). Por esta razón el contenido es variable, ya que el nitrógeno estimula la producción de tejidos nuevos, inhibiendo la producción de lignina y retardando la madurez de las semillas (Zapata, 2013), lo que se puede evidenciar en el tratamiento T_3 (2.3 ± 0.4), sin embargo, estos datos concuerdan con lo establecido por Ligarda y colaboradores (2012), quienes reportan contenidos de LDA en semillas de quinua entre 2.7% y 4.3%, mientras que Marmouzi *et al.* (2015) encontraron contenidos de 4.44%.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos en el presente experimento, se puede afirmar que los planes de fertilización no influyen en gran medida en el contenido de nitrógeno orgánico y carbohidratos presentes en la semilla, a excepción del contenido de extracto etéreo y lignina detergente ácida, quienes mostraron los mejores resultados de la aplicación de los tratamientos T_2 y T_0 , respectivamente. Otro hallazgo importante fue que la aplicación de fertilizante mezcla entre abono orgánico mineral (*aomv*) y

fertilizantes comerciales (*u* y *st*), representan un potencial productivo en calidad, mientras que la aplicación por separado de fertilizante *aomv* (T_1) y *u+st* (T_3) mostraron la mejor producción por hectárea.

Literatura citada

- Andrews, D. (2017). Race, Status, and Biodiversity: The social climbing of quinoa. *Culture, Agriculture, Food and Environment*. 39(1): 15-24. <https://doi.org/10.1111/cuag.12084>.
- Bello, O., García, F. & Cuervo, W. (2016). Cuantificación de diazotófos en la rizófora del olivo (*Olea europaea* L.) cultivado en Boyacá, Colombia. *Acta Agronómica*. 65(2): 109-115. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.44270>.
- Bergesse, A., Boiocchi, P., Calandri, E., Cervilla, N., Gianna, V., Guzmán, C., Miranda, P., Montoya, P. Y Mufari, J. (2015). Aprovechamiento integral del grano de quinua. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. 262pp.
- Bernal, C., Leal, A Y Garzón, J. (2011). Obtención a escala de laboratorio de octenilsuccinato aluminico de almidón de quinua, con miras a la utilización de un producto cosmético. *RECITEIA*. 11(1): 47-56.
- Bilalis, D., Kakabouki, I., Karkanis, A., Travlos, I., Triantafyllidis, V. & Hela, D. (2012). Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) for different tillage and fertilization. *Not. Bot. Horti. Agrobo*. 40(1): 42-46. <http://dx.doi.org/10.15835/nbha4017400>.
- Calvo, S. (2014). Variabilidad del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Castilla y León. Congreso Nacional de Medio Ambiente. Universidad Católica de Avila. Disponible en: <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2014/CT%202014/1896711510.pdf>
- Conde, F. (2016). Aplicación de tres dosis de solución de humus de lombriz en dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la estación experimental de la Patacamaya – la Paz. Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 138pp.
- Carvajal Rodríguez, D., Tombesi, S. & García Parra, M. (2018). Evaluation of *corylus avellana* L Cvs propagated by rooted suckers and grafting. *Revista logos ciencia & tecnología*. 10(3). 126-133. <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v10i3.631>

- El-Murtada, M. (2011). Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.) Journal of the Saudi society of agricultural sciences. 10(1): 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2010.06.003>.
- Elsouhaimy, S., Rafaay, T. & Zaytoun, M. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. Annals of agricultural science. 60(2):297-305. <https://doi.org/10.1016/j.aas.2015.10.007>.
- Frei, M. (2013). Lignin: Characterization of a multifaceted crop component. The scientific world journal <http://dx.doi.org/10.1155/2013/436517>
- García, J. (2012). La biodiversidad del olivo (*Olea europea* L.) en Colombia: estudio molecular, morfológico y fenológico del germoplasma local. Tesis de doctorado. Università degli studi di Parma. Dottorato di ricerca in Biologia vegetale. 90pp.
- García Parra, M., García Molano, J. Melo Ortiz, D. & Deaquiz Oyola, Y. (2017). Respuesta agronómica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad dulce de Soracá a la fertilización en Ventanquema - Boyacá. Cultura científica, JDC. 15: 66-77. https://www.jdc.edu.co/revistas/index.php/Cult_cient/article/view/28/134
- González, J., Buedo, S., Bruno, M. & Prado, F. (2017). Quantifying cardinal temperatures in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivars. Lilloa. 54(2): 179-194.
- Greenfield, H. & Southgate, D. (2006). Datos de composición de alimentos, obtención, gestión y utilización. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Segunda edición. Ed. FAO. 312p.
- Hudson, B. J. (2012). New and developing sources of food plants. Department of food science and technology, University of Reading. Ed. Springer-science+business media, B.V. 369p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2652-0>.
- Jacobsen, S. & Sherwood, S. (2002). Cultivo de granos andinos en Ecuador. FAO, Centro internacional de la papa, Catholic relief services. 90pp.
- Jarvis, D., Shwen, Y., Lightfoot, D., Schmöckel, S., Li, B., Borm, T., et al. (2017). The genome of *Chenopodium quinoa*. Nature. 542: 307-312. <https://doi.org/10.1038/nature21370>.
- Kerssen, T. (2015). La soberanía alimentaria y el boom de la quinua: retos para la recampesinización sostenible en el altiplano Sur de Bolivia. Cuestión Agraria. 2: 87-117.
- Li, G. & Zhu, F. (2017). Amylopectin molecular structure in relation to physicochemical properties of quinoa starch. Carbohydr. Polym. 15(164): 396-402. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.02.014>
- Ligarda, C., Repo-Carrasco, R., Encina, C., Herrera, I. & Quinde-Axtell, Z. (2012). Extracción con soluciones neutra y alcalina para el aislamiento de fibra soluble e insoluble a partir de salvado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.). Rev. Soc. Quím. Perú. 78(1): 53-64.
- Marmouzi, I., Madami, Charouf, Y., Cherrah, M. & Foauzi, A. (2015). Proximate analysis, fatty acids and mineral composition of processed Moroccan *Chenopodium quinoa* Willd. And antioxidant properties according to the polarity. Phytothérapie. <https://doi.org/10.1007/s10298-015-0931-5>.
- Marschner, P (2014). Mineral nutrition of higher plants. Ed. Elsevier. 678p. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>
- Melo, D. (2016). Studio di adattabilità colturale della quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) in Italia Settentrionale. Tesis de doctorado sistema agro-alimentari. Università Cattolica del Sacro Cuore. 147pp.
- Miranda, M., Vega, A., Martínez, E., López, J., Marín, R., Aranda, M. & Fuentes, F. (2013). Influence of contrasting environment on seed composition of two quinoa genotypes: nutritional and functional properties. Chilean journal of agricultural research. 73(2): 108-116. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392013000200004>.
- Navruz-Varli, S & Sandier, N (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Cereal science. 69:371-376. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>
- Ortuño, N., Castillo, J., Claros, M., Navia, O., Angulo, M., Barja, D., Gutierrez, C. & Angulo, V. (2013). Enhancing the sustainability of quinoa production and soil resilience by using bioproducts made with native microorganisms. Agronomy. 3: 732-746. <https://doi.org/10.3390/agronomy3040732>.
- Thanapornpoonpong, S. (2004). Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen assimilation and seed quality

- of amaranth (*Amaranthus* spp.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Thesis of doctorate. Georg-August-University of Göttingen. 87pp.
- Taylor, S (2009) Advances in food and nutrition research. Ed. Elsevier. 270p [https://doi.org/10.1016/s1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/s1043-4526(09)58001-1)
- Vega-Galvez (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. J. Sci. Food. Agric. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>.
- Wu, G., Peterson, A., Morris, C. & Murphy, K. (2016). Quinoa seed quality response to Sodium Chloride and Sodium sulfate Salinity. 7(790): 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00790>
- Zapata, Y. (2013). Efecto de la concentración de nitrógeno y agentes inductores sobre la producción de lacasas. Trabajo de investigación de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana. 59p.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

