

Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en relación con el suelo y el clima: Una revisión

Description of saponins in quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) with relation to the soil and the climate: a review

Miguel Ángel García-Parra¹
Nubia Zoraida Plazas-Leguizamón^{2*}
Diana Carolina Carvajal Rodríguez³
Shayla Kayeth Ferreira Torrado⁴
Joel David Parra⁵

¹ Colombiano. Ingeniero Agropecuario. Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Tunja, Boyacá, Colombia. Grupo de investigación en Agricultura Organizaciones y frutos.

^{2*} Colombiana. M.Sc. en desarrollo Rural. Docente Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Tunja, Boyacá, Colombia. Grupo de investigación en Agricultura Organizaciones y frutos.
*Autor de correspondencia: nplazas@jdc.edu.co.

³ Colombiana. Ingeniera Agropecuaria. Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Tunja, Boyacá, Colombia. Grupo de investigación en Agricultura Organizaciones y frutos.

⁴ Colombiana. Ingeniera Agropecuario. Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Tunja, Boyacá, Colombia. Grupo de investigación en Agricultura Organizaciones y frutos.

⁵ Colombiano. Ingeniero Agropecuario. Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Tunja, Boyacá, Colombia. Grupo de investigación en Agricultura Organizaciones y frutos.

Recibido: 22-05-2018 Aceptado: 27-08-2018

Resumen

Cada vez, toma mayor importancia la producción de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en diferentes regiones del mundo, debido a que se ha buscado posicionar el cultivo como una alternativa de seguridad alimentaria. Sin embargo, esta planta presenta metabolitos como taninos y saponinas que son sustancias químicas que sirven de barreras de protección a factores bióticos y abióticos. En el caso de las saponinas, se reconocen 31 estructuras químicas, presentes en hojas, tallos, panojas, cascarilla y semillas de diferentes especies y genotipos. Al respecto, esta revisión busca describir características generales de las saponinas presentes en la quinua y su relación con el suelo y el clima. Encontrando que las edafoclimáticas propias de cada lugar, así como las características genéticas de cada variedad son determinantes en el contenido de compuestos saponínicos, estimulados principalmente por estrés de tipo hídrico y salino.

Palabras clave: Edáficas; clima; saponinas; salinidad.

Abstract

Increasingly, the production of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) in different regions of the world becomes more important, due to the fact that it has been sought to position the crop as an alternative to food security. However, this plant has metabolites such as tannins and saponins, which are chemical substances that serve as protective barriers to biotic and abiotic factors. In the case of saponins, 31 chemical structures are recognized, present in leaves, stems, panicles, husk and seeds of different species and genotypes. In this regard, this review seeks to describe general characteristics of the saponins present in quinoa and its relations with soil and climate. Finding that the edaphoclimatics characteristic of each place as

Cómo citar: García-Parra, M. Á., Plazas Leguizamón, N. Z., Carvajal Rodríguez, D. C., Ferreira Torrado, S. K., Parra, J. D. (2018). Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en relación con el suelo y el clima: una revisión. *Informador Técnico*, 82(2), 241-249. doi: <https://doi.org/10.23850/22565035.1451>

well as the genetic characteristics of each variety are determinants in the content of saponin compounds stimulated mainly by water and saline stress.

Keywords: Edaphic; climate; saponins; salinity.

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), también denominada como parca (quechua), supha, jopa, jaira y vocali (aymara) (Cáceres-Ríos, 2016), es una especie perteneciente a la familia *Amaranthaceae*, originaria de la región sur de América, principalmente de países como Perú, Ecuador, Chile, Bolivia y Colombia, caracterizada por ser la base económica, social y alimentaria de pueblos indígenas desde hace 2000 años a.C., siendo símbolo de abundancia, religiosidad y fertilidad (Andrews, 2017), así Bolivia se ha reconocido por ser el principal productor y exportador mundial de quinua real orgánica con un 46 % (Lozano, Ticona, Carrasco, Flores y Almanza, 2012); tomando relevancia durante los últimos años en Norte América, Europa y África (Vilcacundo y Hernández-Ledesma, 2017).

Por tanto, la quinua se ha convertido en una de las principales estrategias agroalimentarias de diferentes regiones del mundo, dado su contenido de proteína de 12-21 % (Comai *et al.*, 2007), grasa de 2-9,5 % (García-Parra, García-Molano y Carvajal-R, 2018) y fibra de 8,8-14,1 % (Navruz-Varli, 2016), así como a la presencia de todos los aminoácidos esenciales y la ausencia de gluten (Nowak, Du y Charrondie, 2016), además de expresar buenos resultados de adaptabilidad a condiciones extremas de clima y suelo, lo que ha permitido colonizar zonas improductivas (Carrasco, 2016), puesto que a raíz de los cruzamientos naturales que se generaron con *C. carnosulum*, *C. petiolare* y *C. pallidicaule*, le confirieron la capacidad de soportar en mayor proporción estrés por salinidad y resistencia a heladas (Mujica y Jabobsen, 2006).

Por otro lado, esta especie se clasifica en cinco grandes grupos agroecológicos, según los requerimientos edáficos y climáticos, correspondiendo a las quinuas del nivel del mar, de los salares, de las junglas, de los valles interandinos y de altiplano (Bazile, Bertero y Nieto, 2014), aspecto que ha fortalecido la expresión de su potencial genético. Sin embargo, el desarrollo agroindustrial de la quinua se ha visto desfavorecido, debido a que las semillas sintetizan compuestos bioactivos como respuesta a la adaptabilidad (Cruces, 2016), lo que ha generado que el consumo cause toxicidad al organismo, por efecto de la irritación en el tracto digestivo y las mucosas intestinales, inhibiendo la absorción de nutrientes y produciendo lisis celular (Costa, Yendo, Fleck, Gosmann y Fett-neto, 2011).

Además, la quinua se ha clasificado en variedades dulces y amargas, de acuerdo al contenido de saponinas (Vega-Gálvez *et al.*, 2010), metabolito secundario que se sintetiza a partir de la biosíntesis de ácido acético que se transforma en ácido mevalónico, tras pasar a farnesil pirofosfato y formar una molécula de escualento que es capaz de convertirse en una sapogenina triterpénica o sapogenina esteroideal (Szakiel, Paczkowsky y Henry, 2011), es así como la estructura de compuestos sapogénicos se encuentra constituido de una molécula de aglicona unida mediante un enlace glucosídico a un azúcar (Ahumada, Ortega, Chito, y Benítez, 2016), generando cerca de treinta diferentes saponinas que son construidas mediante la combinación de azúcares y agliconas presentes en tallos, hojas, semillas, panojas y flores, e influenciadas por las condiciones de suelo y clima, que son determinantes de la cantidad de estos compuestos y que permiten la adaptabilidad a factores bióticos y abióticos (Apaza, Smeltekop, Flores, Almanza, y Salcedo, 2016).

Además, se ha establecido que el cultivo cuenta con una diversidad genética y amplia capacidad de adaptación a diferentes climas y suelos con diversa textura y pH entre 4,5-9, así como su alta resistencia a sequías, heladas y salinidad, (Carrillo, Vilcacundo y Carpio, 2015; Veloza, Romero y Gómez, 2016). Por esta razón, se hace necesario conocer teóricamente las características generales de las saponinas presentes en la quinua y su relación con el suelo y el clima.

Generalidades de saponinas en quinua

Las saponinas son un metabolito secundario, abundante en las plantas del género *Chenopodiaceae*, siendo uno de los principales anti-nutrientes que poseen las plantas de *C. quinoa* y que le dan la característica amarga a sus granos, constituidos

por un amplio grupo de glucósidos presentes en órganos como hojas, tallos y panojas, siendo producidas en el citosol, a partir de la síntesis del escualento y estructurado con una secciones lipofílicas e hidrofílicas (Francis, Kerem, Makkar y Becker, 2002; Rodríguez, 2017). Este glucósido se caracteriza por ser de alto peso molecular, siendo conformado estructuralmente por una aglicona (terpenoide o esteroideal) unida a carbohidratos (azúcares) a través de enlaces glucosídicos (Ahumada *et al.*, 2016), que forman saponinas monoglicosídicas, diglicosídicas o triglicosídicas según el número de sustituciones (Guzmán, Cruz, Alvarado y Mollinedo, 2013).

De acuerdo con lo anterior, la síntesis de las saponinas se da con la mezcla de carbohidratos estructurales principalmente pentosas, hexosas o ácidos urónicos (Moses, Papadopoulou y Osbourn, 2014) y las agliconas pueden ser ácido oleanólico, hederagenina, ácido 3 β ,23,30-trihidroxi olean-12-eno-28-oico, gipsogenina, ácido espergulagénico, ácido 3 β -hidroxi-27-oxoolean-12-eno-28-oico, ácido serjanico y ácido fitolacagénico (Cuadrado, Ayet, Burbano, Muzquiz y Caviaras, 1995) dando como origen a cerca de 31 saponinas, logrando así identificar tipos de agliconas especializadas, según lo descrito por Mizui, Kasai, Ohtani y Tanaka, (1990), quienes encuentran que la hederagenina es la aglicona que predomina en las semillas, pero que sin embargo, esto puede cambiar dependiendo de la variedad, el clima y el suelo

Dentro de las propiedades biológicas de las saponinas se encuentra la capacidad antibacterial, así como su uso para tratamientos del colesterol y del cáncer (Apaza *et al.*, 2016); por otro lado se han hecho investigaciones encaminadas a la sanidad vegetal, donde se le ha reconocido la capacidad del control de plagas y enfermedades principalmente de origen fúngicos, como por ejemplo: *Botrytis sinerea*, *Pomácea canaliculata* Lamarck, *Aspergillus* y *Fusarium* (Guzmán *et al.*, 2015).

Así, las saponinas son caracterizadas como sustancias que las plantas de quinua producen en mayores o menores concentraciones, independiente de que se encuentren en las variedades dulces o amargas según Gómez-Caravaca, Lafelice, Verardo, Marconi y Caboni. (2014), las variedades dulces tienen menos de 0,11 %, mientras que las variedades amargas presentan valores superiores, siendo un factor cambiante y dependiente de la variedad y las condiciones edafoclimáticas.

Relación Saponina – Clima

El clima es un factor indispensable en el desarrollo de las plantas de quinua, dado a que su funcionamiento y respuesta ecofisiológica varía dependiendo de la zona de producción, en tanto que según Bazile *et al.* (2014) las condiciones de clima y suelo son variantes de acuerdo con los grupos agroecológicos en los que se caracterizan las diferentes variedades. Es de esta manera como la disponibilidad de agua se hace indispensable en la disolución de nutrientes presentes en el suelo que son bases del crecimiento y desarrollo de todas las especies vegetales; así mismo la radiación solar actúa sobre las láminas foliares siendo captada en forma de energía lumínica y transformada en energía solar, además la temperatura es una variable influyente en actividades y reacciones químicas, enzimáticas y metabólicas (García-Parra, García-Molano, Melo y Deaquiz-Oyola, 2017), donde encontramos compuesto del metabolismo secundario como ácido fítico y saponinas, que son sintetizados cuando la planta es expuesta a estrés biótico o abiótico.

Sin embargo, las fuertes variaciones climáticas han generado que las plantas logren desarrollar estrategias como respuesta a los efectos del estrés, que principalmente se dan por efecto del déficit hídrico o como respuestas adaptativa a un efecto brusco de las condiciones donde se ha implementado (Delatorre-Herrera, González y Martínez, 2015), lo que ha permitido observar según Szakiel, *et al.* (2011), la síntesis de metabolitos secundarios como la saponina cuando las condiciones de clima no son las adecuadas para el tipo de variedad o ecotipo.

Según lo reportado por Mori (2015), la quinua es una planta que expresa contenidos de saponina de acuerdo con la disponibilidad de agua, debido a que el punto de marchitez permanente o anegamiento estimulan la expresión metabólica de este compuesto, ya que la presencia y disponibilidad de agua en el suelo facilita la absorción y el transporte activo y pasivo de los nutrientes, en tanto que el aumento de la presión osmótica reduce el flujo de moléculas y minerales hacia el interior de la planta, estimulando el estrés y disminuyendo el desarrollo normal de las actividades fisiológicas (Deaquiz-Oyala, 2014).

Otro de los factores influyentes en la síntesis de saponinas es la temperatura ya que incide directamente en la acumulación de compuestos bioactivos en los diferentes órganos de la planta, tolerando así rangos de temperaturas entre

0 y 30 °C (Gómez y Aguilar, 2016), lo que es determinante según la condición térmica en la variación de la síntesis de glucósidos y especialmente de saponinas (Schwarzbach, Scheiner y Knorr, 2005).

Asimismo, el fotoperiodo se reconoce como una de las principales fuentes de energía a partir de la radiación solar, capturada como energía lumínica y transformada en energía química a través de la fotosíntesis, siendo determinante en procesos que logran generar cambios en el comportamiento de las plantas, debido a que la onda de captación de luz debe encontrarse entre 400 y 700 nm, que permite correlacionarse con la presencia de metabolitos en ciertas etapas productivas como la floración para las *Chenopodiaceas* (Janick y Whipkey, 2002). Por su parte, la relación entre la precipitación, la temperatura y el fotoperiodo, evidencian su efecto sobre la expresión metabólica de las plantas y principalmente frente a la síntesis de sustancias que se sintetizan por efectos del estrés (ver Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de la temperatura, precipitación y fotoperiodo en la presencia de saponinas

País	Variedad	Clima			Contenido de Saponina	Autor
		T (°C)	Precipitación (mm)	Fotoperiodo (h/luz)		
Chile	Regalona	20 °C	---	16	0,52 mg.L ⁻¹	(Delatorre-Herrera <i>et al.</i> , 2015)
		30 °C	---	16	0,62 mg.L ⁻¹	
Perú	INIA Salcedo	25 °C	1,15	---	0,168 %	(Mori, 2015)
			0,55	---	0,089 %	
Perú	Blanca de Junin	13 °C	65,3	---	0,0150 %	(Canales, 2016)
		13 °C	54,5	---	0,0210 %	

Fuente: Los autores.

La tabla anterior correlaciona las condiciones climáticas establecidas para variedades de quinua diferentes y su efecto en la presencia de saponina, para el caso de la variedad regalona, es notable el efecto de la temperatura en la concentración de saponina; concordado con lo expuesto por Gómez-Caravaca *et al.* (2014), los extremos térmicos tienen influencia en el aumento de saponina presente en los diferentes órganos de las plantas de quinua. Así mismo, se puede observar el efecto de los niveles de precipitación en los estudios de Perú, en donde el aumento y reducción de la precipitación generan efectos en la concentración de saponina en las semillas de quinua, seguramente siendo inducido por el efecto del estrés por sequía o anegación y las condiciones propias de los subsistemas que permiten evidenciar la respuesta de la planta a las condiciones edafoclimáticas (Motta-Delgado y Ocaño-Martínez, 2018).

Saponina – Suelo

El suelo es el recurso más importante para las plantas al momento de la nutrición, ya que contiene gran parte de los minerales necesarios para desarrollar las actividades fisiológicas y metabólicas, que junto con los microorganismos actúan en correlación y en muchos casos en coevolución para satisfacer las necesidades uno del otro. Sin embargo, a las *Chenopodiaceas* no se les reconocen hasta ahora poblaciones simbióticas a nivel rizosférico que aporten a la nutrición de la planta y que favorezcan el desarrollo de éstas en condiciones edafoclimáticas adversas (Carvajal, 2011). No obstante, las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, generan efectos en la síntesis de sustancias como metabolitos primarios y secundarios que aportan al normal desarrollo de la planta, creando barreras de protección ante agentes bióticos y abióticos, dado que la toma de elementos como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son absorbidos en mayor cantidad y hacen parte de la estructura de algunos compuestos del grupo de los glucósidos dentro de los que se encuentra la saponina (Rosero, Maraunek, Bienova y Lukessova, 2013).

Algunos estudios se han enfocado en el efecto que tiene la salinidad edáfica y la irrigación en el contenido de la saponina, estimulada a través del estrés que estos causan cuando están con déficit de agua o en encharcamiento, sin embargo se afirma que cuando las plantas de quinua son expuestas a estos factores, la presencia de este grupo de metabolitos secundarios se reduce (Troisi *et al.*, 2014), lo que podría influir en el potencial agroindustrial de las semillas. No obstante Janick y Whipkey (2002), determinaron que por el contrario, la quinua aumenta sus contenido de saponina en semilla cuando esta se encuentra

en estrés por déficit hídrico, siendo las condiciones del suelo un factor importante en la concentración de saponina según la variedad y el entorno (ver Tabla 2).

Tabla 2. Contenido de saponinas dependiendo de la variedad y las condiciones de suelo y clima

Variedad	Lugar	Saponina (%)	m.s.n.m	Suelo	Temperatura (°C)	Autor
PEQPC-461 grano negro	Perú	0,91	243	50-69-00	16-24	(Mendoza, 2013)
Quinua variedad Zolapozada	----	1,1	2800	Suelos arcillosos, sin fertilización	25	(Zerraga, 2010)
Ingapirca Blanca opaca	Ecuador	0,07	2600	80-40-30	14	(Nieto, Vimos, Monteros, Caicedo y Rivera, 1992)
INIAP Pata de venado	----	0,27	3058	----	14	(Maggi, 2016)
Real de Bolivia (Amarga)	Bolivia	2,6	27	Suelo	22	(Pappier, Fernández, Larumbe y Vaamonda, 2008)
Piabiru Amarga.	Brasil	3,3	8	Suelo	14	(Nickel, Spanier, Botelho, Gularte y Helbing, 2016)
Regalona Chile (dulce)	Chile	0,002	10	----	25	(Kuljanabagavad, Thongphasuk, Chamulitrat y Wink, 2008)
Blanca de Nariño	Colombia	0,5	2800	Francos arcilloso	12	(Guzmán, 2017)
Regalona	Chile (costa)	2,2	20	Suelos arenosos (salinos)	22	(Orsini <i>et al.</i> , 2011)

Fuente: Los autores

De acuerdo con la tabla anterior, se evidencia que la quinua variedad PEQPC-461 de Perú presenta un porcentaje de saponina alto, lo que seguramente se debe a la temperatura en la que se desarrolló, teniendo en cuenta que a ese nivel del mar los climas son en su gran mayoría secos e influenciados por las corrientes de aguas marinas subterráneas y superficiales, así mismo sucede con la quinua Zolapozada que se desarrolló en un clima cálido sin fertilización y con suelos arcillosos. Además, se puede evidenciar que el estrés hídrico es un factor importante en el comportamiento de la planta, porque al ser escaso, se genera un leve aumento en la producción de sustancias metabólicas secundarias que son expresadas como resultado de los efectos (Santacoloma y Granados, 2012), lo que además sucede en la variedad Real de Bolivia, donde los contenidos de saponina fueron de 2,6 % con temperaturas de 22 °C durante el ensayo (Pappier *et al.*, 2008).

De otra parte, la variedad Piabiru del Brasil es un genotipo cultivado en las condiciones edáficas y climáticas brasileñas, reconocida por la síntesis de altos contenidos de saponinas, dado a que esta zona geográfica no es caracterizada como técnicamente apta para la producción de quinua (Nickel *et al.*, 2016), a lo que se le puede atribuir el aumento de este metabolito, junto con la excesiva presencia de sales a nivel del suelo. Esto como respuesta a la capacidad halófila facultativa que expresan las plantas (De Santis *et al.*, 2016) en tanto que el contenido de humedad edáfico y ambiental son determinantes en la toma, asimilación y eliminación moderada de partículas de sal, que según Ruiz-Carrasco *et al.* (2011) este mecanismo estimula la síntesis de saponinas a nivel foliar por efecto de la prolina. Además, para el caso de las variedades cultivadas en la zona costera de Chile, el aumento permanente de la presión osmótica del suelo es dado por la irrigación natural de aguas marinas que presentan altos contenidos de sal que influyen en el estrés y el posterior aumento de compuestos saponínicos (Orsini *et al.*, 2011).

Conclusiones

La concentración de saponinas en la semilla de quinua se ve influenciada por las características agroclimáticas de la zona de producción, principalmente por los cambios de temperatura, que inciden en la acumulación de bioactivos en los diferentes órganos de la planta, la disponibilidad de agua y el fotoperiodo, ya que tienen un efecto sobre la actividad metabólica de las plantas y la síntesis de estas sustancias que se da por efectos del estrés.

De otra parte, los suelos con contenidos de salinidad afectan el potencial agroindustrial de las semillas de quinua, ya que estimulan la concentración de compuestos saponínicos.

Referencias

- 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. doi: <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>
- Andrews, D. (2017). Race, Status, and Biodiversity: The social Climbing of Quinoa. *Journal of Culture & Agriculture*, 39(1), 15-24. doi: <https://doi.org/10.1111/cuag.12084>
- Apaza, R., Smeltekop, H., Flores, Y., Almanza, G. y Salcedo, L. (2016). Efecto de saponias de *Chenopodium quinoa* Willd contra fitopatógeno *Cercospora*. *Revista de protección vegetal.*, 31(1), 63-69.
- Bazile, D., (Ed.) Bertero, D., (Ed.) y Nieto, C. (Ed.) (2014). *Estado del arte de la quinua en el mundo 2013*. FAO, (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia). 274.
- Canales, C. (2016). *Parcelas de comparación de compuestos de quinua en dos localidades del valle de Mantaro*. (Tesis de investigación), Universidad Nacional del Centro de Perú, Perú.
- Carrasco, F. (2016). Efecto del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli periodo 1997-2014. *Comunicación*, 7(2), 38-47.
- Carrillo Terán, W. I., Vilcacundo, R., y Carpio, C. (2015). Compuestos bioactivos derivados de amaranto y quinua. *Actualización en Nutrición*, 16(1), 18-22.
- Carvajal, R. (2011). La quinua y la necesidad de realizar investigación agroambiental. *T'inkazos. Revista Boliviana de Ciencias Sociales*, (30), 187-190.
- Cáseres Ríos, M. D. (2016). *Evaluación sensorial del sabor amargo de doce accesiones de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) Y su correlación con el contenido de saponinas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
- Comai, S., Bertazzo, A., Bailoni, L., Zancato, M., Costa, C. V., y Allegri, G. (2007). The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. *Food Chemistry*, 100(4), 1350-1355. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.072>
- Costa, F., Yendo, A., Fleck, J., Gosmann, G., Y Fett-neto, G. (2011). Immunoadjuvant and anti-inflammatory plant saponins: Characteristics and biotechnological approaches towards sustainable production. *Journal Medicinal Chemistry*, 11(10), 857-880. doi: <https://doi.org/10.2174/138955711796575470>
- Cruces, L. M. (2016). *Quinua manejo integrado de plagas, estrategias en el cultivo de la quinua para fortalecer el sistema agroalimentario en la zona andina*. Santiago: Organización de las naciones unidas para la alimentación de la agricultura FAO. 198.

- Cuadrado, C., Ayet, G., Burbano, C., Muzquiz, M., y Caviaras, L. (1995.). Occurrence of saponins and sapogenols in Andean crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67(2), 169-172. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740670205>
- De Santis, G., Maddaluno, C., Dambrosio, T., Rascio, A., Rinaldi, M., y Troisi, J. (2016). Characterisation of quinoa accessions of the saponin content in Mediterranean environment. *Italian Journal Of Agronomy*, 11(4), 277-281.
- Deaquiz-Oyola, Y. (2014). Los frutos y su fotosíntesis. *Conexión Agropecuaria*, 4(1), 39-47.
- Delatorre-Herrera, J., Gonzalez, J., y Martinez, E. (2015). Efecto del fotoperiodo y la temperatura sobre la concentración de saponinas en tres variedades de quinua provenientes de tres latitudes. *V Congreso Mundial de Quinua*. Argentina. 1-10.
- Francis, G., Kerem, Z., Makkar, H y Becker, K. (2002). The biological action of saponins in animal systems: A review. *British journal of Nutrition*, 88(6), 587-605. doi: <https://doi.org/10.1079/BJN2002725>
- García-Parra, M., García-Molano, J. F., Melo, D y Deaquiz-Oyola, Y. (2017). Respuesta Agronómica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad dulce de Soracá a la fertilización en Ventaquemada – Boyacá. *Cultura científica*., 66-77.
- García-Parra, M., García-Molano, J., y Carvajal-R, D. (2018). Evaluación del efecto de la fertilización química y orgánica en la composición bromatológica de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Boyacá – Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 1-10. Recuperado de: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2282/2569>
- Gómez, L., y Aguilar, E. (2016). *Guía del cultivo de la quinua*. Lima, Perú: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Universidad Nacional Agraria la Molina. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>
- Gómez-Caravaca, A., Lafelice, G., Verardo, V., Marconi, E., y Caboni, M. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry*., 157, 174-178. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.023>
- Guzmán, A. (2017). *Propiedades de pasta en harina de quinua durante el proceso de lavado*. (Tesis de pregrado). Universidad Perunana Unión, Juliaca.
- Guzmán, B., Cruz, D., Alvarado, J., y Mollinedo, P. (2013). Cuantificación de saponinas en muestras de cañihua *Chenopodium pallidicaule* aellen. *Revista Boliviana de Química*, 30(2), 131-136.
- Guzmán, B., Tenorio, R., Cruz, D., Espinal, C., Alvarado, J., y Mollinedo, P. (2015). Saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. and *Chenopodium pallidicaule* aellen as biocontrollers of Phytopathogen fungi and Hemolysis agents. *Revista Boliviana de química*, 32(1), 8-14.
- Janick, J., y Whipkey, A. (2002). Trends in New Crops and New Uses. *National Symposium NEW CROPS and NEW USES: Strength in Diversity 2001: Atlanta, Ga.*. ASHS Press.
- Kuljanabhadgavad, T., Thongphasuk, P., Chamulitrat, W., y Wink, M. (2008). Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. *Journal Phytochemistry*., 69(9), 1919-1926. doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.03.001>
- Lozano, M., Ticona, E., Carrasco, C., Flores, Y., y Almanzaa, G. R. (2012). Cuantificación de saponinas en residuos de Quinua Real *Chenopodium Quinoa* Willd. *Revista Boliviana de Química*, 29, (2), 131-138.

- Maggi, J. (2016). *Efecto de la escarificación en el contenido de saponina en dos variedades de quinua*. (Tesis de grado). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador.
- Mendoza, V. (2013). *Comparación de accesiones de quinua *Chenopodium quinoa* Willd en condiciones de Costa*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Mizui, F., Kasai, R., Ohtani, K., y Tanaka, O. (1990). Saponins from Bran of quinoa, *Chenopodium quinoa* Willd. *Chemical and pharmaceutical bulletin*, 38(2), 375-377. doi: <https://doi.org/10.1248/cpb.38.375>
- Mori, A. M. (2015). *Efecto de cinco láminas de riego en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) mediante el riego por goteo*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Moses, T., Papadopoulou, K., y Osbourn, A. (2014). Metabolic and functional diversity of saponins, biosynthetic intermediates and semi-synthetic derivatives. *Critical reviews in biochemistry and molecular biology*, 49(6), 439-462. doi: <https://doi.org/10.3109/10409238.2014.953628>
- Motta-Delgado, P., y Ocaña-Martínez, H. (2018). Caracterización de subsistemas de pasturas braquiarias en hatos de tropico húmedo, Caquetá-Colombia. *Ciencia y Agricultura*, 15(1), 81-92.
- Mujica, A., y Jabobsen, S. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y sus parientes silvestres. *Botanica económica de los Andes Centrales*, 32, 449-457.
- Navruz-Varli, S. y Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69, 371-376. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>
- Nickel, J., Spanier, P., Botelho, F., Gularte, M., y Helbing, E. (2016). Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grain. *Food Chemistry*, 209, 139-143. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.031>
- Nieto, C., Vimos, C., Monteros, C., Caicedo, C., y Rivera, M. (1992). INIAP. *Incapirca e Tunkahuan dos variedades de quinua de bajo contenido de saponina*. Boletín Divulgativo no. 228. Quito, EC: INIAP I
- Nowak, V., Du, J., y Charrondie, R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47-54. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>
- Orsini, F., Accorsi, M., Guianquitino, G., Dineli, G., Antognoni, F., y Biondi, S. (2011). Beyond the ionic and osmotic response to salinity in quinoa. *Functional Plant Biology*, 38(10), 818-831. doi: <https://doi.org/10.1071/FP11088>
- Pappier, U., Fernández, P., Larumbe, G., y Vaamonda, G. (2008). Effect of processing for saponin removal on fungal contamination of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd). *International Journal food Microbiological*, 125(2), 153-157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.039>
- Rodríguez, E. A. (2017). *Concentración de saponinas en Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) según la relación suelo-planta-clima*. Tunja, Boyacá, Colombia: Fundación Universitaria Juan de Castellanos .
- Rosero, O., Maraunek, M., Bienova, N., y Lukessova, D. (2013). Phytase activity and comparison of chemical composition, phytic acid P content of four varieties of quinoa grain (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Acta Agronómica*, 62(1), 13-20.
- Ruiz-Carrasco, K., Antognoni, F., Coulibaly, A., Lizardi, S., Covarrubias, A., Martínez, E., . . . Zurita-Silva, A. (2011). Variation in salinity tolerance of four lowland genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as assessed by growth, physiological traits, and sodium transporter gene expression. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(11), 1333-1341. doi: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2011.08.005>

- Santacoloma, L., y Granados, J. (2012). Interrelación entre el contenido de metabolitos secundarios de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* y algunas propiedades fisicoquímicas del suelo. *Revista de investigación Agraria y Ambiental*, 3(1), 53-62. doi: <https://doi.org/10.22490/21456453.934>
- Schwarzbach, A., Scheiner, M., y Knorr, D. (2005). Effect of cultivars and deep freeze storage on saponin content of white sparagus spears (*Asparagus officinalis*). *European Food Research and Technology*, 222(1), 32-35.
- Szakiel, A., Paczkowsky, C., y Henry, M. (2011). Influence of environmental abiotic factors on the content of saponins in plants. *Phytochemistry Reviews*, 10(4), 471-491. doi: <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9164-2>
- Troisi, J., Fiore, R., Pulvento, C., Dandria, R., Vega, A., Miranda, M., . . . Lavini, A. (2014). *Saponinas. Estado del arte de la quinua 2014*. 317-330.
- Vega-Galvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., y Martinez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potencial of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15) 2541-2547. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>
- Veloza Ramírez, C., Romero Guerrero, G., y Gómez Piedras, J. J. (2016). Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) en la sabana Norte de Bogotá. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 19(2), 325-332.
- Vilcacundo, R., y Hernández-Ledesma, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*). *Current Opinion in Food Science*, 14, 1-6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.007>
- Zerraga, G. (2010). *Actividad detergente y acaricida de principios activos de quinuas amargas, aceites esenciales y tarwi*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica de Perú, Perú.