

**ESTUDIO DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA PARA IDENTIFICAR EL
POTENCIAL AGROINDUSTRIAL DE LAS SAPONINAS PROVENIENTES
DE LA QUINUA *Chenopodium quinoa* Willd.**

MARIA JULIANA HURTADO MEJÍA

SONIA INOCENCIA MANRIQUE MÉNDEZ

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

POPAYÁN 2022

**ESTUDIO DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA PARA IDENTIFICAR EL
POTENCIAL AGROINDUSTRIAL DE LAS SAPONINAS PROVENIENTES DE LA
QUINUA *Chenopodium quinoa* Willd.**

**MARIA JULIANA HURTADO MEJÍA
SONIA INOCENCIA MANRIQUE MÉNDEZ**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Agroindustrial

Directores

Ph.D. JOSE FERNANDO SOLANILLA DUQUE

Ph.D. JHON EDINSON NIETO CALVACHE

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

POPAYÁN 2022

Nota de aceptación

Firma del director

Firma del director

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, Cauca. Septiembre 27 de 2022

DEDICATORIA

A Dios por bendecirnos la vida. A nuestros padres, que son pilares fundamentales en nuestro camino. A nuestros directores por su ayuda y conocimientos aportados. A los profesores que hicieron parte de nuestra formación

CONTENIDO

	<i>Pág.</i>
Lista de tablas	6
Lista de figuras	8
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO REFERENCIAL	15
1.1 LOCALIZACIÓN	15
1.2 MARCO TEÓRICO	15
1.2.1 Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).	15
1.2.2 Mojuelo	16
1.2.3 Saponinas	16
1.2.4 Clasificación y localización de saponinas	17
1.2.5 Saponinas de quinoa	18
1.2.6 Análisis bibliométrico	20
1.2.7 Indicadores bibliométricos	20
1.2.8 Tipos de indicadores bibliométricos	20
1.2.9 Herramientas de software SciMAT	21
2. METODOLOGÍA	22
2.1 Fase I: Análisis bases de datos	23
2.2 Fase II: Síntesis de las propiedades de las saponinas	26

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1 Distribución temporal de los documentos	29
3.2 Revistas con mayor número de publicaciones	30
3.3 Documentos más citados sobre las propiedades de las saponinas	35
3.4 Mapeo científico	50
3.4.1 Gráfico superpuesto	50
3.5 Evolución temática	51
3.5.1 Mapa de evolución temática	52
3.5.2 Clasificación de los siete periodos por clúster temático y documentos básicos detectados por Scimat	54
3.5.2.1 Análisis del comportamiento de los datos del primer periodo (1990 – 1994)	54
3.5.2.2 Análisis del comportamiento de los datos del segundo periodo (1995 – 1999)	57
3.5.2.3 Análisis del comportamiento del tercer periodo (2000 – 2004)	60
3.5.2.4 Análisis del comportamiento de los datos del cuarto periodo (2005 – 2009)	63
3.5.2.5 Análisis del comportamiento de los datos del quinto periodo (2010 - 2014)	67
3.5.2.6 Análisis del comportamiento de los datos del sexto periodo (2015 - 2019)	71
3.5.2.7 Análisis del comportamiento de los datos del séptimo periodo (2020 – 2023)	77
3.6 Análisis de las propiedades de las saponinas que provienen de la quinua.	84

<i>In vivo</i> acute toxicity and mutagenic analysis of crude saponins from <i>Chenopodium quinoa</i> Willd husks	87
Characterization of Chenopodin Isoforms from Quinoa Seeds and Assessment of Their Potential Anti-Inflammatory Activity in Caco-2 Cells	87
Safety assessment of crude saponins from <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. husks: 90-day oral toxicity and gut microbiota & metabonomics study in rats.	88
Optimization of the ultrasound-assisted extraction of saponins from quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) using response surface methodology	89
Analysis of saponin composition and comparison of the antioxidant activity of various parts of the quinoa plant (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	89
<i>Chenopodium quinoa</i> —An Indian perspective	91
Micellar aggregates of saponins from <i>Chenopodium quinoa</i> : characterization by dynamic light scattering and transmission electron microscopy	92
4. CONCLUSIONES	98
5. RECOMENDACIONES	100
6. BIBLIOGRAFÍA	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los parámetros seleccionados para el análisis en SciMAT.

Tabla 2. Revista con mayor número de publicaciones relacionadas con el estudio.

Tabla 3. Artículos más citados sobre las propiedades de las saponinas de la quinua.

Tabla 4. Tabla 4. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT en el periodo de 1990 a 1994.

Tabla 5. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT. Periodo de 1995 a 1999.

Tabla 6. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT. Periodo de 2000 a 2004.

Tabla 7. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT. Periodo de 2005 a 2009.

Tabla 8. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT. Periodo de 2010 a 2014.

Tabla 9. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT. Periodo de 2015 a 2019.

Tabla 10. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT. Periodo de 2020 a 2023.

Tabla 11. Propiedades de las saponinas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Estructuras de sapogeninas: un esteroide (a) y un triterpenoide (b)
- Figura 2. Diagramas de salida de SciMAT a) gráfica de superpuesto b) Mapa de evolución temática c) diagrama estratégicos d) red temática.
- Figura 3. Diagrama estratégico, tomado de Cobo et al. 2011.
- Figura 4. Publicaciones científicas en el periodo 1990 - 2023.
- Figura 5. Gráfico de superpuesto obtenido por SciMAT con la matriz de búsqueda de este estudio.
- Figura 6. Mapa de evolución temática por periodos.
- Figura 7. Diagrama estratégico que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos en el periodo 1990 a 1994.
- Figura 8. Red temática asociada a la palabra animal en el periodo 1990 - 1994.
- Figura 9. Diagrama estratégico que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos en el periodo 1995 a 1999.
- Figura 10. Red temática asociada a la palabra animal en el periodo 1995 - 1999.
- Figura 11. Matriz que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos, del periodo 2000 a 2004.
- Figura 12. Red temática asociada a la palabra animal en el periodo 2000 - 2004.
- Figura 13. Diagrama estratégico que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos en el periodo 2005 a 2009.

Figura 14. Red temática asociada a las saikosaponina-a en el periodo 2005 - 2009.

Figura 15. Diagrama estratégico que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos en el periodo 2010 a 2014.

Figura 16. Red temática asociada a la palabra antioxidante en el periodo 2010 - 2014.

Figura 17. Diagrama estratégico que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos en el periodo 2015 a 2019.

Figura 18. Red temática asociada al clúster efecto de la droga en el período 2015 - 2019.

Figura 19. Matriz que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos, del periodo 2020 a 2023.

Figura 20. Red temática asociada a la palabra terpenoide en el último periodo 2020 - 2023.

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) tiene al menos 30 saponinas triterpénicas distribuidas en todas las partes de la planta, donde su función natural es defender la planta del medio externo. Las saponinas son el principal factor antinutricional presente en la cubierta de la semilla excepto en las variedades dulces, sin saponina o con menos del 11%. Este estudio de vigilancia tecnológica utilizó la colección principal de la base de datos Scopus, obtenida desde el año de 1990 hasta el 2023, donde se analizaron las publicaciones encontradas con la ecuación de búsqueda "quinoa and saponin and properties", empleando una metodología que corresponde a un análisis bibliométrico que se realizó mediante el uso de la herramienta de software SciMAT (Science Mapping Analysis Software Tool) v1.1.04, con el fin de investigar las propiedades agroindustriales de las saponinas debido a que en los últimos años este pseudocereal ha tenido un crecimiento explosivo en distintos campos. Este software, permitió obtener diagramas de salida explícitos que facilitaron la comprensión de la evolución temática por periodos establecidos previamente. Entre los resultados de esta revisión se destacó un elevado número de aplicaciones debido a las diversas propiedades que se evidenciaron de las saponinas provenientes de la quinua, en las cuales se mencionan propiedades farmacéuticas, insecticidas, fungicidas, molusquicidas, emulsionantes, espumantes, astringentes, tóxicas, entre muchas otras.

PALABRAS CLAVE: Saponina, quinua, propiedades, análisis bibliométrico, revisión.

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) has at least 30 triterpene saponins distributed in all parts of the plant, where its natural function is to defend the plant from the external environment. Saponins are the main antinutritional factor present in the seed coat except in sweet varieties, without saponin or with less than 11%. This technological surveillance study used the main collection of the Scopus database, obtained from the year 1990 to 2023, where the publications found with the search equation "quinoa and saponin and properties" were analyzed, using a methodology that corresponds to a bibliometric analysis that was carried out using the software tool SciMAT (Science Mapping Analysis Software Tool) v1.1.04, in order to investigate the agro-industrial properties of saponins due to the fact that in recent years this pseudocereal has had an explosive growth in different fields. This software allowed obtaining explicit output diagrams that facilitated the understanding of the thematic evolution for previously established periods. Among the results of this review, a high number of applications stood out due to the various properties that were evidenced from saponins from quinoa, in which are mentioned prop pharmaceutical agents, insecticides, fungicides, molluscicides, emulsifiers, foaming agents, astringents, toxic agents, among many others.

KEY WORDS: Saponin, quinoa, properties, bibliometric analysis, review.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal consumido tradicionalmente por las culturas sudamericanas desde hace miles de años y hoy en día es una planta notable a nivel mundial como alimento funcional. Además de su alto contenido en proteínas, lípidos, fibra, vitaminas y minerales, también tiene un excelente equilibrio de aminoácidos esenciales (Osmanlioglu Dag, 2019), en Colombia, el cultivo ha ido ganando importancia económica (Manjarres-Hernandez, 2021), las variedades de quinua más cultivadas son Piartal y Tunkahuan que provienen de Ecuador, SL47 de Nariño, Blanca de Jericó y Blanca de Soracá y Boyacá. Estos genotipos de quinua tienen una productividad promedio de 1.5 y 2.6 $t\ ha^{-1}$ dependiendo de la variedad, el plan de fertilización y las condiciones ambientales. Además, la quinua se siembra a pequeña escala en los departamentos de Nariño, Cundinamarca, Cauca y Boyacá (Garcia-Parra2019). La Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) seleccionó a la quina como el cultivo más imperativo para ofrecer la seguridad alimentaria en el siglo XXI (OsmanliogluDag, 2019; Ali, 2020), además la quinua ha llamado la atención no solo por su alto valor nutricional, sino también por sus compuestos terapéuticos esenciales, como saponinas, fitoesteroles, escualeno y polifenoles (Lim, 2020); en las industrias quinueras la saponina corresponde con una sustancia presente en la biomasa que se produce luego de los procesos de desaponificación, y que gracias a sus propiedades tecnofuncionales podría constituir un producto con potencial económico para las mismas (ElHazzam, 2020), muchos agricultores han priorizado el desarrollo de cultivares "dulces" bajos en saponina sin preocuparse mucho por los beneficios ecológicos que estos compuestos pueden conferir, pues se cree que las saponinas de quinua brindan protección contra herbívoros y patógenos microbianos (McCartney, 2019). No obstante, debido a la necesidad de retirar las

saponinas del grano al inicio de su transformación agroindustrial por el sabor amargo que le confieren a los productos, éstas al estar localizadas en el pericarpio y al ser solubles en agua, pueden eliminarse parcialmente lavando el grano con agua o alternativamente se pueden usar métodos secos para descascarillar las semillas por abrasión del pericarpio, lo cual, tiene las ventajas de reducir el uso de agua y producir como subproducto un polvo seco en una proporción de 3 a 8% por peso. Este subproducto, denominado salvado o “mojuelo”, es cada vez más utilizado por la industria por su contenido de saponina, que puede estar entre el 17 y el 35% (McCartney, 2019). Este estudio de vigilancia tecnológica proporcionará información general sobre la actualidad científica y los avances en las investigaciones sobre el tema de las saponinas, identificando las tendencias y cambios en la literatura a través del tiempo y las perspectivas futuras para la industria. Así mismo, se podrá determinar el potencial agroindustrial de las saponinas de la quinua mediante la documentación sistemática de sus propiedades químicas y tecno funcionales para ser usadas en otras industrias.

1.MARCO REFERENCIAL

1.1 LOCALIZACIÓN

Este proyecto desarrollará un análisis de recolección de datos a nivel mundial con el propósito de realizar un mapeo de los mismos en función del potencial agroindustrial a base de las saponinas de quinua.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es una planta dicotiledónea autopolinizada anual y pertenece a la familia Chenopodiaceae, también conocida como *Chenopodium album*, trigo indio y quinua. Es originaria de la región andina de América del Sur, distribuida principalmente en Bolivia, Ecuador y Perú, con características resistentes al frío, a la sequía, a la esterilidad y a la sal. Es un cultivo fresco de altura y es el principal alimento tradicional de los pueblos indígenas incas (Filho, 2017).

Tiene una historia de plantación de 5000 a 7000 años. Es un tipo de cereal que se usa tanto para medicamentos como para alimentos. Tiene un rico valor nutricional y un valor medicinal. A medida que ha aumentado la comprensión del valor nutricional y las funciones para la salud de la quinua, también ha aumentado su demanda de consumo. Es el único alimento que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) reconoce como una sola planta para satisfacer las necesidades nutricionales básicas de los seres humanos y es llamado "la madre del grano" por los antiguos pueblos incas. La quinua está

catalogada como uno de los diez alimentos más nutritivos del mundo y es una de las opciones de alimentos espaciales ideales de la agencia espacial estadounidense (NASA). La quinua, como "grano integral", no solo es rica en proteínas y calcio, hierro y zinc, sino que también es rica en muchas sustancias bioactivas, como saponinas, flavonoides, polifenoles y antocianinas. Tiene una buena terapia adyuvante para la prevención de la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y el cáncer, pero también tiene efectos antiinflamatorios, antioxidantes y que mejoran el sistema inmunológico. La quinua es baja en grasas, baja en azúcar y tiene cero colesterol (Filho, 2017).

Los granos de quinua están cubiertos por una fina capa de compuestos glucósidos llamados saponinas que le da un sabor amargo al grano y afecta la aceptación del producto por parte de los nuevos consumidores. Esta clase de compuestos químicos está ampliamente presente en más de 100 familias de plantas tanto silvestres como cultivadas (Oleszek, 2020).

1.2.2 Mojuelo

El mojuelo es el subproducto que queda después de realizar la escarificación de la quinua, el cual es un método en seco que se utiliza para la eliminación de las saponinas las cuales dan un sabor amargo a la semilla de la quinua (ElHazzam, 2020).

1.2.3 Saponinas

Las saponinas son heterósidos que constan de una parte glucídica (con uno o más azúcares) y de una genina (parte no glucídica) denominada sapogenina, que puede ser de naturaleza esteroide o triterpénica. Los azúcares más frecuentes constituyentes de los dos tipos de saponinas son la glucosa, arabinosa, ramnosa,

galactosa y xilosa, y en las saponinas triterpénicas también es frecuente el ácido glucurónico (Lopez L, 2013).

Cuando se agita cualquier solución acuosa que contenga saponinas, estas tienen la capacidad de producir espuma. La espuma se forma debido a que las saponinas disminuyen la tensión superficial del agua, es decir, son tensioactivos naturales. (Lopez L, 2013). Las saponinas tienen un elevado peso molecular y se hidrolizan mediante ácidos (como todos los heterósidos) o, mediante enzimas, dando la genina y los diversos azúcares y ácidos urónicos relacionados. Su aislamiento en estado puro es difícil. Se extraen con alcoholes o soluciones hidroalcohólicas, tras una deslipidación previa. La concentración de las soluciones se dificulta por la tendencia que tienen éstas a formar espuma (Lopez L, 2013).

1.2.4 Clasificación y localización de saponinas

Según el número de posiciones de sustitución de los azúcares de las saponinas, se pueden clasificar en monodesmosídicos (el azúcar o azúcares se unen por una única posición a la genina) y bidesmosídicos (el azúcar o azúcares se unen por dos puntos a la genina) (Lopez L, 2013).

Aunque la clasificación más corriente es la que se hace según la naturaleza de la genina. Así, se distinguen entre saponinas triterpénicas y saponinas esteroídicas. Ambas tienen un origen biogénico común, vía ácido mevalónico y unidades isoprenoides. (Lopez L, 2013). Las saponinas se pueden encontrar en órganos vegetales muy diversos. Las de carácter monodesmosídico se dan con preferencia en raíces, cortezas y semillas, mientras que las bidesmosídicas, más hidrosolubles, muestran preferencia por los tejidos de asimilación como las hojas y ramas tiernas (Lopez L, 2013).

En cuanto a su distribución taxonómica, las esteroídicas están menos distribuidas en la naturaleza que las saponinas triterpénicas, y se dan preferentemente en las

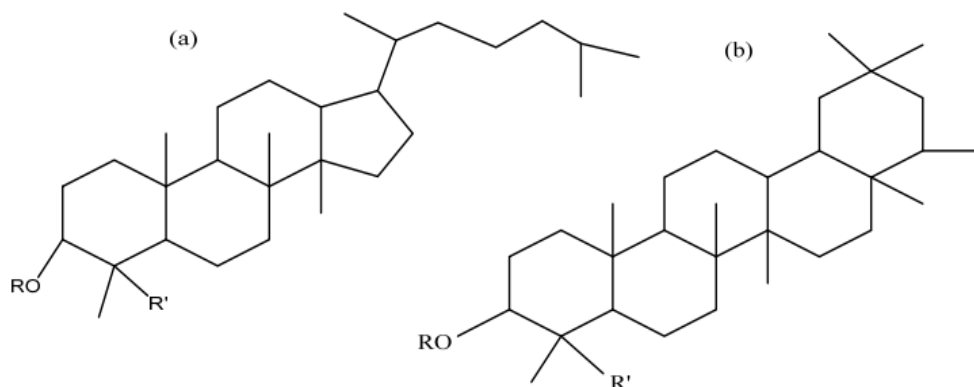
familias de monocotiledóneas, como por ejemplo en Liliaceae y Dioscoreaceae. Sin embargo, las saponinas triterpénicas son raras en las monocotiledóneas, mientras que son abundantes en muchas familias de dicotiledóneas, como en Caryophyllaceae, Polygalaceae, Fabaceae, Apiaceae y Araliaceae, entre otras. Su principal propiedad física es que en solución acuosa son agentes tensioactivos, es decir, son capaces de formar espuma (poder afrógeno) y formar emulsiones. Son difíciles de cristalizar (Lopez L, 2013).

1.2.5 Saponinas de quinoa

Las saponinas son una familia diversa de metabolitos secundarios y, debido a sus actividades biológicas, podrían representar una nueva fuente sostenible para obtener diversos subproductos de estos compuestos en altas cantidades debido a la creciente producción y expansión mundial del cultivo (Ruiz, 2017). Estas saponinas son consideradas como un factor antinutricional, que debe eliminarse antes del consumo de semillas. Con este fin, se ha informado de varios métodos para lavar saponinas de semillas, incluidos métodos húmedos, métodos secos y combinaciones de ambos (ElHazzam, 2020).

Las saponinas constituyen un gran grupo de glucósidos que se encuentran en varias plantas. Son moléculas polares que consisten en un esteroide o aglicona triterpénica con una o más cadenas de azúcar y se caracterizan por sus propiedades tensioactivas, que los diferencian de otros glucósidos. De acuerdo a su estructura, las saponinas se clasifican en dos tipos. Las saponinas esteroides dominan en las angiospermas plantas monocotiledóneas (Figura 1a), y las saponinas triterpénicas generalmente están presentes en las angiospermas plantas dicotiledóneas, el grupo al que pertenece la quinoa (Figura 1b) (ElHazzam, 2020).

Figura 1. Estructuras de sapogeninas: un esteroide (a) y un triterpenoide (b)



Las saponinas son los principales metabolitos secundarios presentes en la quinua, que se encuentran principalmente en la capa externa de las semillas. Químicamente, las saponinas de quinua son glucósidos triterpénicos compuestos de un oligosacárido unido en C-3 y C-28 a una aglicona hidrófoba. Glucosa, galactosa, arabinosa, ácido glucurónico y la xilosa son los azúcares oligosacáridos más comunes. La aglicona generalmente se deriva del ácido oleanólico, hederagenina, ácido fitolacagénico, ácido serjanico, ácido espergulagénico, gipsogenina, 3 β -hidroxi-27-oxo-olean-12-en-28- ácido oico y 3 β , 23 α , 30 β -trihidroxi-olean-12-en-28-ácido oico (ElHazzam, 2020).

La biosíntesis de las saponinas de la quinua tiene lugar a través de la vía del mevalonato a través del farnesil difosfato (FPP), una estructura de 15 C. Pares de moléculas de FPP se enlazan para dar escualeno (30 C). Este último se oxida a oxidoescualeno, seguida de la formación de β -amirina (el precursor de todas las saponinas de quinua) bajo la acción de la β -amirina sintasa. La primera aglicona es el ácido oleanólico, que luego se somete a varias modificaciones (oxidación, glicosilación y esterificación) produciendo las otras siete agliconas (ElHazzam, 2020).

1.2.6 Análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico es un método documental que ha alcanzado un importante desarrollo durante las últimas décadas. «Sus objetivos fundamentales son, por una parte, el estudio del tamaño, crecimiento y distribución de los documentos científicos y, por otra, la indagación de la estructura y dinámica de los grupos que producen y consumen dichos documentos y la información que contienen (Delfin, 2017).

1.2.7 Indicadores bibliométricos

El análisis bibliométrico se realiza a través de los indicadores bibliométricos, que surgen para cuantificar la producción científica e intentar evaluar su impacto en la comunidad. Gracias a este análisis se logra estudiar el tamaño, crecimiento y distribución de documentos científicos y analizar la estructura y dinámica de los grupos que producen y consumen dichos documentos; para expresar cuantitativamente las características bibliográficas de un documento o conjunto de documentos, bibliométrico se utilizan indicadores (BI). Estos indicadores son datos numéricos que representan diferentes características de la actividad científica vinculadas tanto a la producción como al uso de la información. Los BI son calculados de forma objetiva y reproducible a partir de un gran volumen de datos disponibles en referencia internacional en bases de datos. (García Villar, 2021). Las tres principales bases de datos que ofrecen análisis bibliométrico y búsquedas de citas son Scopus, Web of Science y Science Direct. Cada uno tiene sus propias métricas además de ciertas métricas estándar como el índice h. Scopus fue creado por Elsevier en 2004 (García, Villar2021).

1.2.8 Tipos de indicadores bibliométricos

Una de las clasificaciones generales más utilizadas divide BI en cualitativos (relacionados con la calidad de una revista, como factor de impacto) y cuantitativo (se puede medir numéricamente, como el índice h). Sin embargo, para obtener un

índice cualitativo, se deben utilizar criterios cuantitativos, ya que se calcula contando el número de citas (García Villar, 2021).

1.2.9 Herramientas de software SciMAT

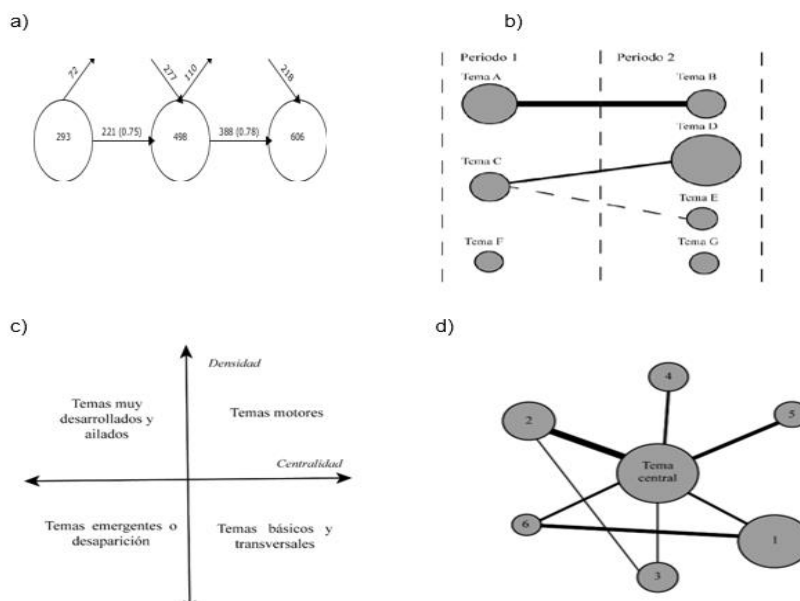
SciMAT es una herramienta que realiza análisis de mapas científicos dentro de un marco longitudinal. Proporciona diferentes módulos que ayudan al analista a realizar todos los pasos del flujo de trabajo del mapeo científico. Además, SciMAT presenta tres características clave que son notables con respecto a otras herramientas de software de mapeo científico: (a) un poderoso módulo de preprocesamiento para limpiar los datos bibliográficos sin procesar, (b) el uso de medidas bibliométricas para estudiar el impacto de cada elemento estudiado. y (c) un asistente para configurar el análisis (Liu, 2013).

2.METODOLOGÍA

Los avances tecnológicos, el crecimiento de las empresas, la innovación y generación de nuevos productos, han llevado a la necesidad de herramientas que permitan sobrevivir en un mundo cada vez más competitivo. En este contexto, es fundamental ser eficiente en la toma de decisiones, proceso que se debe apoyar en la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, de tal forma que se genere una excelente dirección estratégica (Camero Escoba, 2018).

En este estudio de vigilancia tecnológica se determinaron indicadores bibliométricos como: el número de documentos publicados, índice h, documentos y revistas más citadas y para el mapeo científico se realizó mediante el uso de la herramienta SciMAT (Science Mapping Analysis Software Tool) v1.1.04. estableciendo cuatro diagramas de salida: a) gráfica de superpuesto, este gráfico muestra la entrada y salidas de términos de un periodo al otro. b) mapa de evolución temática, en este se indica el desarrollo de los temas de un periodo al siguiente periodo, c) el diagrama estratégico, este un espacio bidimensional construido por la centralidad y densidad, por último, d) red de clústeres son varias palabras claves interconectadas, donde el tamaño del círculo es proporcional al número de documentos correspondiente a cada palabra clave y el grosor de línea es proporcional al índice de equivalencia (Figura 2).

Figura 2. Diagramas de salida de SciMAT a) gráfica de superpuesto b) Mapa de evolución temática c) diagrama estratégicos d) red temática. Adaptado de (Cobo et al. 2011).



2.1 Fase I: Análisis bases de datos

Los datos empleados para este estudio fueron extraídos de la base de datos Scopus el 30 de abril de 2022 con la ecuación de búsqueda “Saponin + Quinoa + Properties”; la información se descargó en formato .RIS.

La ecuación de búsqueda se estableció según las necesidades requeridas, es decir, que contenían la información pertinente para el análisis y que logró arrojar la cantidad necesaria y establecida de documentos en la base de datos. En este caso, para la descarga se hizo en un bloque de 1.572 documentos en un intervalo de tiempo de 1985 al 2023.

La ecuación de búsqueda antes mencionada se usó como único criterio de búsqueda. Se utilizó la herramienta SciMAT que incorpora métodos, algoritmos y medidas para todos los pasos en el flujo de trabajo general del mapeo científico, desde el preprocesamiento hasta la visualización de resultados (Cobo, 2012).

Se llevó a cabo un preprocesamiento de los mismos para garantizar resultados de calidad, se eliminó los artículos duplicados, se corrigió las palabras con errores ortográficos, se juntaron palabras singulares y plurales, se agruparon palabras claves que representaban el mismo tópico de estudio. Se definieron siete períodos de análisis (1990-1994, 1995-1999, 2000-2004, 2005-2009, 2010-2014, 2015-2019, 2020-2023.).

Los criterios que se tomaron en cuenta para el análisis se resumen en la Tabla 1, donde se describen las fases que se llevaron a cabo a lo largo del desarrollo de este trabajo de investigación bajo la modalidad de vigilancia tecnológica:

Tabla 1. Descripción de los parámetros seleccionados para el análisis en SciMAT.

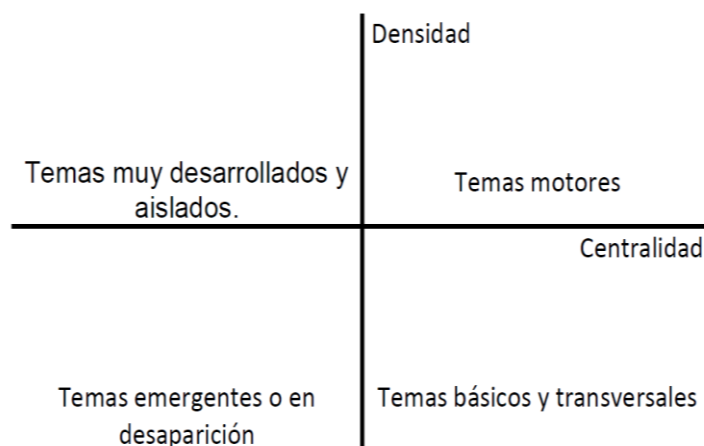
MÓDULO PARA MANEJAR LA BASE DE CONOCIMIENTO	
Construcción de la base de conocimiento	Scopus
Matriz de búsqueda	Saponin and quinoa and properties
Archivos importados	.RIS
Documentos duplicados	Uso del Word SciMAT Word manager Unión de palabras similares o duplicadas Búsqueda manual de documentos duplicados.

Definición de periodos	1990-1994, 1995-1999, 2000-2004, 2005-2009, 2010-2014, 2015-2019, 2020-2023
MÓDULO PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE MAPEO CIENTÍFICO	
Selección de periodos	1990-1994, 1995-1999, 2000-2004, 2005-2009, 2010-2014, 2015-2019, 2020-2023
Selección de unidades de análisis	Words: Author's words, Source's words, Added words
Reducción de datos	Frecuencia mínima para todos los períodos:2
Tipo de redes	Co-ocurrencia
Reducción de red	Valor mínimo: 1
Normalización	Índice de equivalencia.
Algoritmo de agrupamiento	Tamaño máximo de red: 12 Tamaño mínimo de red: 3
Mapeador de documentos	Core mapper.
Calidad de las medidas	h-index, números de citas
Análisis longitudinal	I Mapa de evolución: Índice de Jaccard's Mapa de superpuesto: Índice de inclusión
MÓDULO DE VISUALIZACIÓN	
Visualización	Vista longitudinal Vista de período

2.2 Fase II: Síntesis de las propiedades de las saponinas.

Se evaluó la evolución de las tendencias que hay entre las publicaciones de los diferentes artículos a través del tiempo sobre las saponinas de quinua a partir de la relación existente entre las palabras clave de diversos textos que determinan la tendencia actual de las propiedades específicas del tema en cuestión. En este caso con la ayuda del software SciMAT por medio de los mapas estratégicos, se permitió a través de las medidas de centralidad y densidad realizar un análisis de diagramas estratégicos para el total de los artículos. La Figura 3 muestra la estructura del diagrama estratégico, el cual se divide en cuatro cuadrantes, cada uno representando un tema distinto.

Figura 3. Diagrama estratégico, adaptado de Cobo et al. 2011.



En cada cuadrante se obtuvo información organizada, de manera precisa que da paso al análisis bibliométrico. En el cuadrante superior derecho se encuentran los temas muy desarrollados, es decir, los temas motores del campo científico analizado que representan aquellos temas que son importantes para la construcción del campo científico, dado que presentan una fuerte centralidad y una alta densidad.

En el cuadrante superior- izquierdo se emplazan los temas periféricos que corresponden con aquellos temas bien desarrollados internamente pero que están aislados del resto de los temas y tienen una importancia marginal en el desarrollo del campo científico.

En el cuadrante inferior-izquierdo se sitúan los temas emergentes o decadentes que corresponden con temas muy poco desarrollados y marginales. Finalmente, en el cuadrante inferior derecho se encuentran los temas básicos que son temas importantes para el campo científico, pero no están bien desarrollados (Alvarez y Marin, 2017).

Por otro lado, el criterio de selección para la red temática que se muestra en cada periodo se enfocó en las características más relevantes que arrojó el SciMAT en el respectivo análisis, es decir, que el clúster con la densidad y la centralidad más altos se seleccionó como el diagrama representativo de dicho periodo para el posterior análisis, en el caso de que ambos valores no fuesen lo más altos, se eligió la palabra con más documentos citados.

Teniendo ya identificados los cuadrantes y las características necesarias para el análisis, se da paso a la siguiente fase, en esta fase se logra seleccionar los trabajos que denotan algunas de las principales propiedades y aplicaciones de la saponina de quinua reportadas en la literatura.

2.3 Fase III: Correlacionar los nuevos desarrollos y productos innovadores

SciMAT construye mapas científicos enriquecidos con medidas bibliométricas basadas en citas como la suma, el máximo, el mínimo y el promedio de citas. En esta fase se realizó la revisión sistemática de la literatura, su contexto y clasificación

de diferentes métodos de extracción de saponinas de quinua productos y aplicaciones a partir de las mismas. Se hizo un proceso de agrupamiento y localización de los grupos de autores y palabras claves, que están fuertemente relacionadas entre sí, y que corresponden con los centros de interés o los problemas de investigación, en los que los autores se han centrado (Cobo et al.2011). De esta manera se correlacionó los resultados más relevantes asociados a las aplicaciones industriales de la saponina de la quinua que permiten entender su potencial agroindustrial.

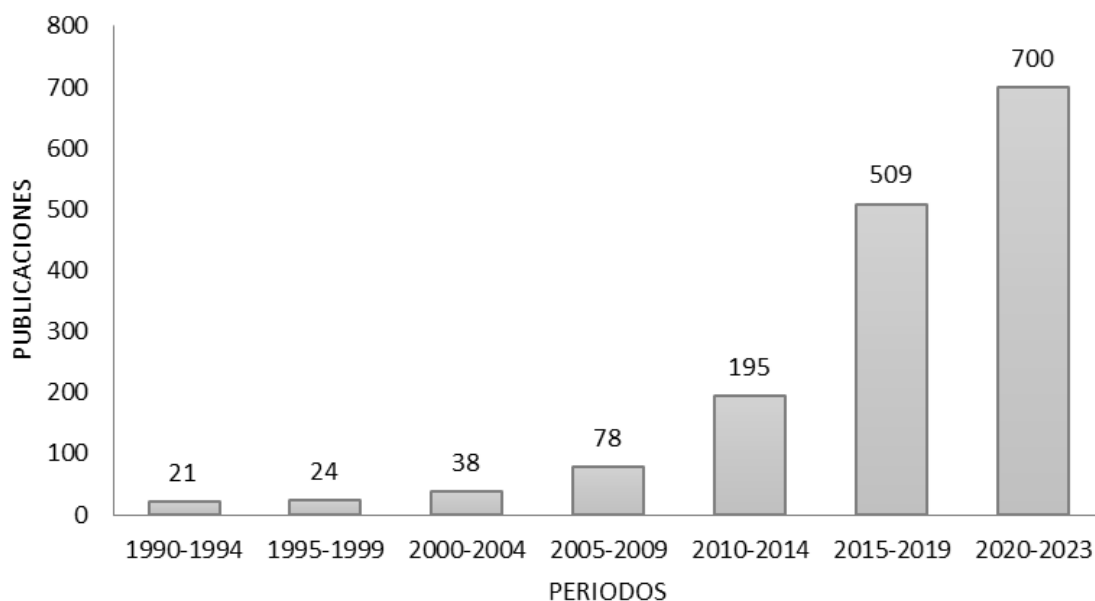
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Distribución temporal de los documentos

La cantidad de documentos publicados durante el periodo de 1990 al 2023 relacionados con las palabras claves de la investigación en la base de datos de Scopus fueron 1572.

En la figura 4, se observa que la producción científica es creciente, teniendo como periodo dominante el último (2020-2023) con 700 documentos y aclarando que la búsqueda se registró en abril del 2022. Esta figura, evidencia de manera general el interés que ha generado este tema de investigación en los últimos años.

Figura 4. Publicaciones científicas en el periodo 1990 – 2023



3.2 Revistas con mayor número de publicaciones

Las revistas más relevantes con su artículo más importante se encuentran en la tabla 2. La revista con más número de artículos es la *Food Chemistry* con un 2.5% de proporción entre todos los artículos, en segundo lugar está *Molecules* (2.0%).

Los bajos porcentajes pueden indicar una alta cantidad de revistas publicando sobre este tema de investigación.

Tabla 2. Revista con mayor número de publicaciones relacionadas con el estudio.

Nombre de la revista	Número de artículos	Nombre del artículo más citado	Autores	Número de citas
Food	40	Characterisation of	Tang, Y.,	195

Chemistry		phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. genotypes	Li, X., Zhang, B., Liu, R., Tsao, R., Chen, P.X.	
Molecules	31	Effects of saponins on lipid metabolism: A review of potential health benefits in the treatment of obesity	Marrelli, M., Conforti, F., Araniti, F., Statti, G.A.	96
Journal of the Science of Food and Agriculture	29	Nutrition facts and functional potential of quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), an ancient Andean grain: A review.	Vega Gálvez, A., Miranda, M., Uribe, E., Martínez, E.A., Vergara, J., Puente, L.	473
LWT	26	Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks	Ramos Diaz, J.M., Jouppila, K., Suuronen,	31

		containing amaranth, quinoa and kañiwa flour	J.-P., Deegan, K.C., Serimaa, R., Tuorila, H.	
Plants	26	Quinoa abiotic stress responses: A review	Hinojosa, L., González, J.A., Murphy, K.M., Barrios-Masias, F.H., Fuentes, F.	83
Industrial Crops and Products	23	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd- An Indian perspective	Bhargava, A., Shukla, S., Ohri, D.	260
Foods	21	Review on natural preservatives for extending fish shelf life	Ma, X., Xie, J., Mei, J.	68
Journal of Cereal Science	19	Agronomical and nutritional evaluation of quinoa	Jacobsen, S.-E., Stikic, R.,	172

		seeds (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) as an ingredient in bread formulations	Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., Milovanovic, M.	
Food Research International	18	Extraction and quantification of saponins: A review	Cheok, C.Y., Salman, H.A.K., Sulaiman, R.	216
International Journal of Food Science and Technology	17	Stability of quinoa flour proteins (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) during storage	Abugoch, L., Tapia, C., Castro, E., Añón, M.C., Gajardo, P., Villarroel,	43

			A.	
Food Hydrocolloids	16	Mechanical, thermal and heat-sealing properties of fish skin gelatin film containing palm oil and basil essential oil with different surfactants	Tongnuanchan, P., Benjakul, S., Prodpran, T., Pisuchpen, S., Osako, K.	78
Journal of the Chinese Cereals and Oils Association	16	Nutritional components, health-promoting effects of quinoa (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) and its application in the food industry	Zhang, W., Dong, J., Shen, R., Xiang, Q.	7
Journal of Food Processing and Preservation	15	Extruded Corn Grits-Quinoa Blends: I. Proximate Composition, Nutritional Properties and Sensory Evaluation	CO ULTER, L.A., LORENZ, K.	21

Journal of Food Science and Technology	14	<i>Chenopodium album</i> Linn: review of nutritive value and biological properties	Poonia, A., Upadhaya, A.	45
Critical Reviews in Food Science and Nutrition	14	Saponins: Properties, applications and processing	Guclu-Ustundag., Mazza, G.	557

3.3 Documentos más citados sobre las propiedades de las saponinas

La tabla 3, muestra los artículos más citados para este análisis, ordenados de forma descendente. Estos artículos se enfocan en las propiedades que se han estudiado acerca de las saponinas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd).

Aunque en algunos estudios las saponinas se consideran tóxicas, también reconocen sus propiedades farmacéuticas, su actividad antifúngica y antimicrobiana, se contempla también como agente quelante que a su vez tiene poder espumante y emulsificante entre otras propiedades mencionadas a continuación.

Tabla 3. Artículos más citados sobre las propiedades de las saponinas de la quinua.

Título	Autores	Revista	Año	Número de citaciones
--------	---------	---------	-----	----------------------

Seeds: Ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination	Baskin, C.C., Baskin, J.M.	Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination	2014	1406
Marine natural products	Faulkner, D.J.	Natural Product Reports	2002	1106
The biological action of saponins in animal systems: A review	Francis, G., Becker, K., Kerem, Z., Makkar, H.P.S.	British Journal of Nutrition	2002	1026
Biological activities and distribution of plant saponins	Sparg, S.G., Light, M.E., Van Staden, J.	Journal of Ethnopharmacology	2004	950

A review on the dietary flavonoid kaempferol	Calderón-Montaña, J.M., Burgos-Morón, E., Pérez-Guerrero, C., López-Lázaro, M.	Mini-Reviews in Medicinal Chemistry	2011	715
New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: What is beyond fibre?	Fardet, A.	Nutrition Research Reviews	2010	671
Techniques for analysis of plant phenolic compounds	Khoddami, A., Wilkes, M.A., Roberts, T.H.	Molecules	2013	636

Saponins: Properties, applications and processing	Guclu- Ustundag., Mazza, G.	Critical Reviews in Food Science and Nutrition	2007	557
The Chemistry and Biological Significance of Saponins in Foods and Feedingstuffs	Price, K.R., Fenwick, G.R., Johnson, I.T.	C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition	1987	538
Yerba mate tea (Ilex paraguariensis): A comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations	Heck, C.I., De Mejia, E.G.	Journal of Food Science	2007	497

Phytate in foods and significance for humans: Food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis	Schlemmer, U., Frálich, W., Prieto, R.M., Grases, F.	Molecular Nutrition and Food Research	2009	486
Nutrition facts and functional potential of quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), an ancient Andean grain: A review	Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Uribe, E., Martínez, E.A., Vergara, J., Puente, L.	Journal of the Science of Food and Agriculture	2010	473
Molecular activities, biosynthesis and evolution of triterpenoid saponins	Bak, S., Augustin, J.M., Kuzina, V., Andersen, S.B.	Phytochemistry	2011	463

Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients	Arendt, E.K., Alvarez-Jubete, L., Gallagher, E.	Trends in Food Science and Technology	2010	376
Nutritional value and use of the andean crops quinoa (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) and kañiwa (<i>Chenopodium pallidicaule</i>)	Jacobsen, S.-E., Repo-Carrasco, R., Espinoza, C.	Food Reviews International	2003	372
Diastereoselective allylation of carbonyl compounds and imines: Application to the synthesis of natural products	Yus, M., González-Gómez, J.C., Foubelo, F.	Chemical Reviews	2013	363

Natural products as sources for new pesticides	Cantrell, C.L., Dayan, F.E., Duke, S.O.	Journal of Natural Products	2012	349
Bioactive Sponge Peptides	Fusetani, N., Matsunaga, S.	Chemical Reviews	1993	313
Antimalarials from nature	Kaur, K., Jain, M., Kaur, T., Jain, R.	Bioorganic and Medicinal Chemistry	2009	301
Advances in saponin-based adjuvants	Sun, H.-X., Xie, Y., Ye, Y.-P.	Vaccine	2009	300

<p>The genome of <i>Chenopodium</i> <i>quinoa</i> Willd</p>	<p>Guo, X., Jarvis, D.E., Tester, M., Roessner, U., Schmöckel, S.M., Jung, C., Murphy, K., Gao, G., Li, B., Ho, Y.S., Lightfoot, D.J., Borm, T.J.A., Ohyanagi, H., Mineta, K., Michell, C.T., Saber, N., Kharbatia, N.M., Rupper, R.R., Sharp, A.R., Dally, N., Boughton, B.A., Woo, Y.H., Schijlen, E.G.W.M., Momin, A.A., Negrão,, S., Al-Babili, S., Gehring, C., Arold, S.T.,</p>	<p>Nature</p>	<p>2017</p>	<p>299</p>
---	---	---------------	-------------	------------

	Gojobori, T., Linden, C.G.V.D., Van Loo, E.N., Jellen, E.N., Maughan, P.J.			
Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties	Abugoch James, L.E. 18	Advances in Food and Nutrition Research	2009	291
Chemical study and medical application of saponins as anti- cancer agents	Zhang, Y., Liu, C., Huang, L., Gao, W., Man, S.	Fitoterapia	2010	282

Purification and identification of antioxidant peptides from grass carp muscle hydrolysates by consecutive chromatography and electrospray ionization-mass spectrometry	Wang, J., Zhao, M., Jiang, Y., Shi, J., Ren, J., Cui, C., Kakuda, Y., Xue, S.J.	Food Chemistry	2008	278
<i>Chenopodium quinoa</i> - An Indian perspective	Bhargava, A., Shukla, S., Ohri, D.	Industrial Crops and Products	2006	260
Biosynthesis and function of polyacetylenes and allied natural products	Minto, R.E., Blacklock, B.J.	Progress in Lipid Research	2008	237

Saponins from Edible Legumes: Chemistry, Processing, and Health Benefits	Jiang, Y., Shi, J., Kakuda, Y., Arunasalam, K., Yeung, D., Mittal, G.	Journal of Medicinal Food	2004	229
Review of progress in sterol oxidations: 1987-1995	Smith, L.L.	Lipids	1996	225
Metabolic and functional diversity of saponins, biosynthetic intermediates and semisynthetic derivatives.	Moses, T., Papadopoulou, K.K., Osbourn, A.	Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology	2014	224

Antioxidant activity of various extracts and fractions of <i>Chenopodium quinoa</i> and <i>Amaranthus</i> spp. seeds	Yawadio Nsimba, R., Kikuzaki, H., Konishi, Y.	Food Chemistry	2008	221
Extraction and quantification of saponins: A review	Cheok, C.Y., Salman, H.A.K., Sulaiman, R.	Food Research International	2014	216
Aminopeptidase-N/CD13 (EC 3.4.11.2) inhibitors: Chemistry, biological evaluations, and therapeutic prospects	Bauvois, B., Dauzonne, D.	Medicinal Research Reviews	2006	215

Bioactive marine natural products	Bhakuni, D.S., Rawat, D.S.	Bioactive Marine Natural Products	2005	214
Advanced analysis of nutraceuticals	Bernal, J., Mendiola, J.Albáñez, E., Cifuentes, A.	Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis	2011	214
Medicinal halophytes: Potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications	Ksouri, R., Ksouri, W.M., Jallali, I., Debez, A., Magne, C., Hiroko, I., Abdelly, C.	Critical Reviews in Biotechnology	2012	211

<p>Marine pharmacology in 2005-6: Marine compounds with anthelmintic, antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the cardiovascular, immune and nervous systems, and other miscellaneous mechanisms of action</p>	<p>Berlinck, R.G.S., Mayer, A.M.S., Rodríguez, A.D., Hamann, M.T.</p>	<p>Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects</p>	<p>2009</p>	<p>200</p>
--	---	---	-------------	------------

Influence of environmental abiotic factors on the content of saponins in plants	Szakiel, A., PÄ...czkowsk i, C., Henry, M.	Phytochemistry Reviews	2011	196
Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. genotypes	Li, X., Zhang, B., Liu, R., Tang, Y., Tsao, R., Chen, P.X.	Food Chemistry	2015	195
Tempe fermentation, innovation and functionality: Update into the third millenium	Nout, M.J.R., Kiers, J.L.	Journal of Applied Microbiology	2005	194

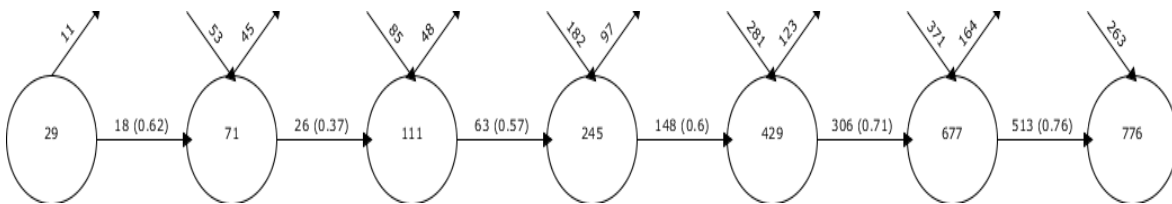
Assessment of the nutritional composition of quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	Nowak, V., Du, J., Charrondière, U.R.	Food Chemistry	2016	192
---	---------------------------------------	----------------	------	-----

3.4 Mapeo científico

3.4.1 Gráfico superpuesto

En el gráfico superpuesto, cada uno de los círculos representa un periodo de producción científica, los números centrales son las palabras claves del periodo, las flechas entrantes de los círculos indican las palabras claves que entran de un periodo al siguiente, los números en las flechas saliente de los círculos representan las palabras claves que desaparece de un periodo al otro, y el valor entre paréntesis en la flecha horizontal, es el índice de estabilidad, que mide los temas compartidos entre dos periodo consecutivos (Cobo et al., 2011).

Figura 5. Gráfico de superpuesto obtenido por SciMAT con la matriz de búsqueda de este estudio.

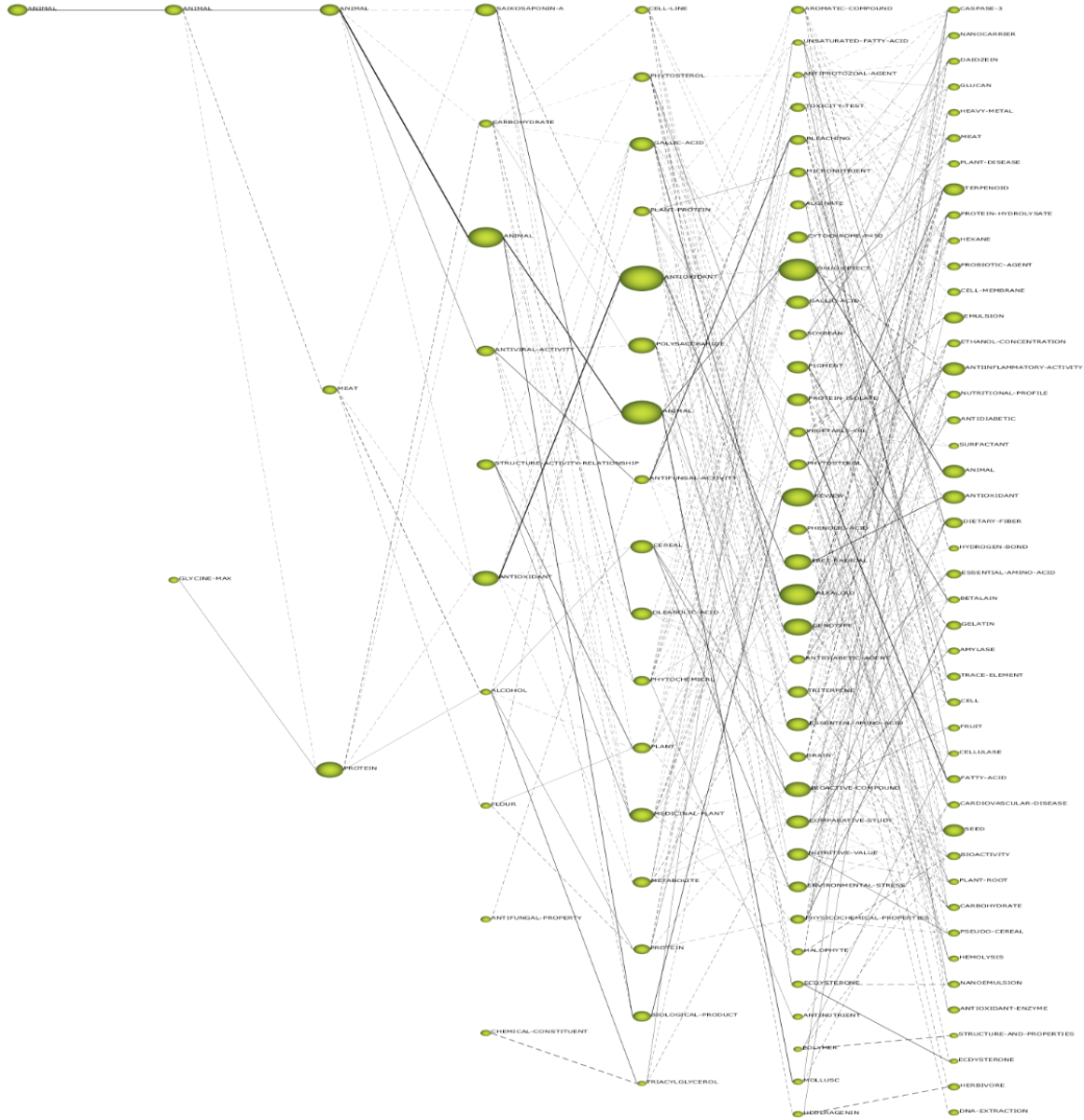


En la figura 5, se observa la evolución de los grupos de palabras en cada periodo; se obtuvo un total de 11914 palabras clave que se redujeron a 1039 mediante la agrupación de términos singulares y plurales o sinónimos, como se indica en el apartado de metodología. Luego de ejecutar el software de cartografía científica SciMAT con la configuración establecida (Tabla 1), se clasificaron 7 periodos: 1990 a 1994, 1995 a 1999, 2000 a 2004, 2005 a 2009, 2010 a 2014, 2015 a 2019, 2020 a 2023.

3.5 Evolución temática

3.5.1 Mapa de evolución temática

Figura 6. Mapa de evolución temática por periodos.



Una forma de ver de manera más clara la evolución de este tema de investigación a lo largo de los años es por medio del mapa de evolución temática (figura 6), donde se muestra el desarrollo de los temas de un periodo al otro al comprender la

correlación entre las palabras claves y, así mismo, al distinguir como la interacción entre ellas a lo largo de los años se intensifica. Lo anterior permite observar de manera más precisa la orientación del tema, y de esta manera se logra identificar las propiedades que arroja el estudio.

Las líneas que conectan cada círculo representa el tipo de enlace, las líneas sólidas significan que los temas comparten mismas palabras claves o que un tema es parte del otro. Las líneas discontinuas significan que los temas comparten elementos que no forman parte del nombre del tema. Por último, el grosor de las líneas es proporcional al índice de inclusión (Cobo et al., 2011; Nalbandian, Carpio y González, 2021).

Ahora bien, el tamaño de cada círculo es proporcional al número de documentos relacionados con la temática correspondiente, la primera columna corresponde al primer periodo 1990-1994 que representa 1.34% de los artículos analizados, en este periodo aparecen temáticas relacionadas con ANIMAL. En el segundo periodo, entre 1995-1999 con el 1.53% de los artículos, aparece otra vez el término ANIMAL. En el tercer periodo 2000-2004 con el 2.42% de los artículos aparecen temas como PROTEÌNA y CARNE. En el cuarto periodo entre 2005-2009 con el 4.96% aparecen de manera más clara algunas propiedades de las saponinas como ANTIOXIDANTE, ACTIVIDAD ANTIVIRAL y PROPIEDAD ANTIFÚNGICA. En el quinto periodo que corresponde a los años 2010-2014 con el 12.4% de los artículos estudiados aparece con más fuerza la palabra ANTIOXIDANTE y ANIMAL. En el sexto y séptimo período que comprenden los años 2015-2019 y 2020-2021 con el 32.38% y 44.53% correspondientemente, se tienen los años con mayor número de publicaciones, en estos periodos aparecen palabras como EFECTO DE LAS DROGAS, ACTIVIDAD ANTI-INFLAMATORIA, TERPENÓIDE entre otras.

3.5.2 Clasificación de los siete periodos por clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT

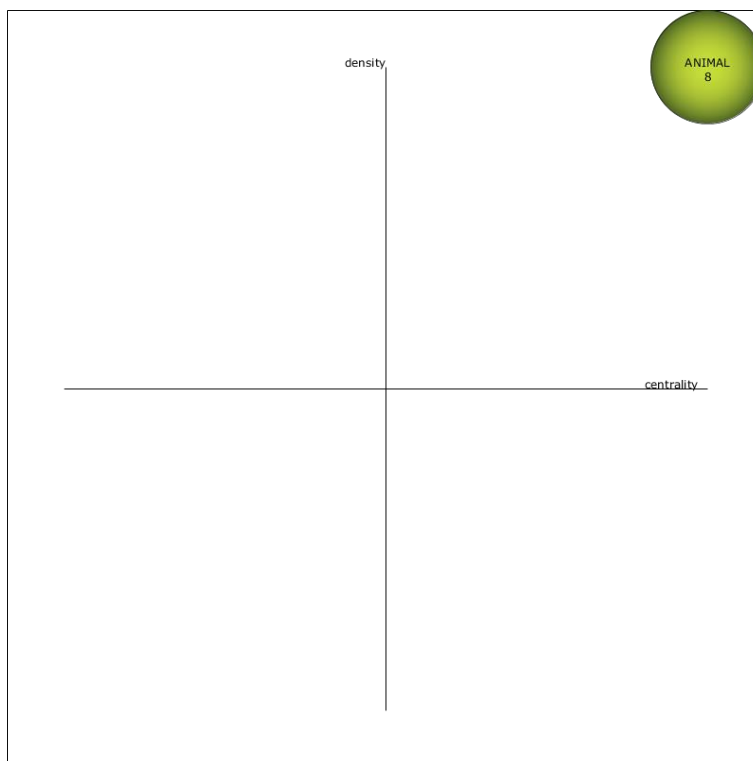
3.5.2.1 Análisis del comportamiento de los datos del primer periodo (1990 – 1994)

Se obtuvo en el primer periodo una palabra clave relevante para este tema, en la tabla 4 se enumeran la centralidad y densidad de este clúster en el primer periodo.

Tabla 4. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT en el periodo de 1990 a 1994.

Clúster	Centralidad	Rango de centralidad	Densidad	Rango de densidad
ANIMAL	0	1	37.59	1

Figura 7. Diagrama estratégico que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos en el periodo 1990 a 1994.

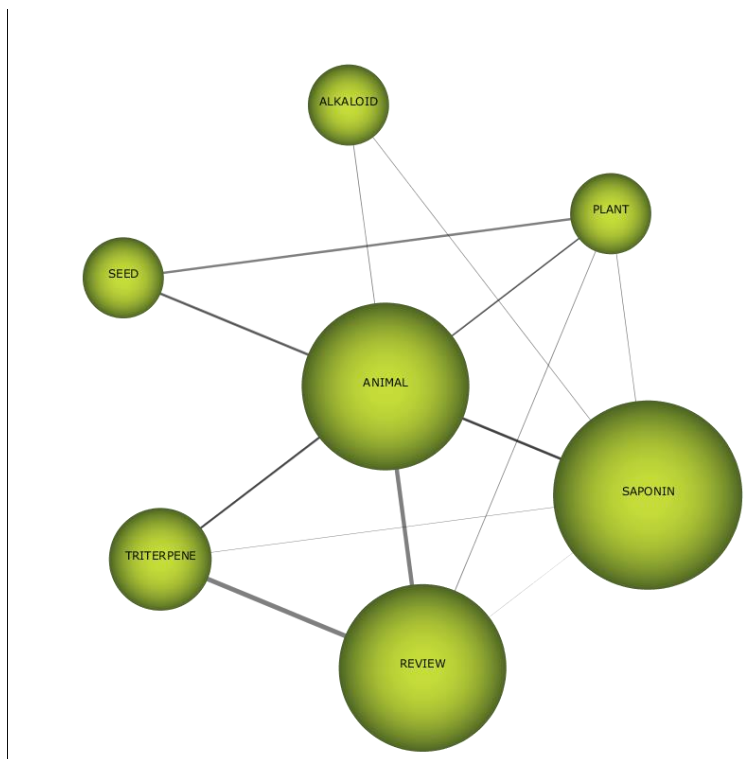


Según Cobo et al. (2011) los temas del cuadrante superior derecho están bien desarrollados y son importantes para la estructuración de un campo de investigación, estos son los temas motores de la especialidad, puesto que presentan una fuerte centralidad y alta densidad. Como se muestra en la figura 7, la palabra de ese cuadrante es animal.

Entre los documentos más relevantes Ruales, J. y Nair, BM, mencionaron que “los experimentos correspondientes realizados con muestras de semillas de quinua, procesadas para eliminar las saponinas no ejercen ningún efecto negativo sobre la calidad nutritiva de la proteína (Ruales et al., 1992), y en general, en este periodo el tema está enfocado en conocer los posibles efectos que tienen las saponinas en

el ámbito nutricional, ya que las industrias sólo buscaban eliminarlas del grano y deshacerse de los residuos.

Figura 8. Red temática asociada a la palabra animal en el periodo 1990 - 1994.



En torno a este tema, las palabras clave y sus interconexiones dibujan un gráfico de red, llamado red temática. Según Cobo et al 2011. “Cada red temática se etiqueta con el nombre de la palabra clave más significativa en el tema asociado”. En este caso, el tema central son los animales, y el volumen de las esferas es proporcional al número de documentos correspondientes a cada palabra clave; el grosor del vínculo entre dos esferas es proporcional al índice de equivalencia (Cobo et al., 2011). En esta red la palabra más citada es saponinas seguida de la palabra animal y revisión, y las palabras que tienen mayor correlación entre ellas es revisión -

triterpeno - animal, es decir, que durante este periodo los estudios sobre las saponinas de la quinua se dirigieron hacia estos enfoques.

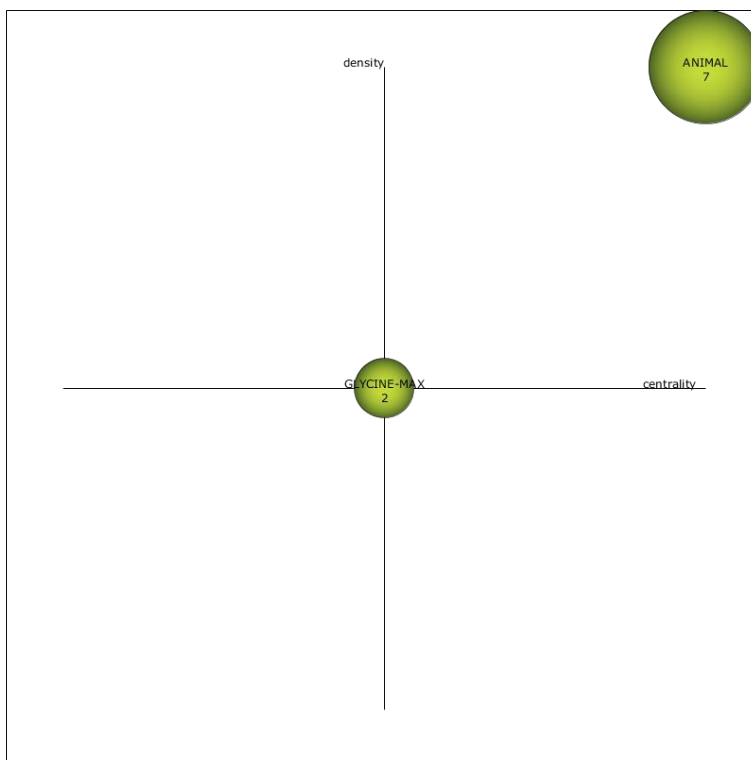
3.5.2.2 Análisis del comportamiento de los datos del segundo periodo (1995 – 1999)

En este periodo se obtienen dos palabras claves que se encuentran en la tabla 5 según los datos que arrojó el SciMAT para este periodo:

Tabla 5. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT en el periodo de 1995 a 1999.

Nombre	centralidad	Rango de centralidad	Densidad	Rango de densidad
ANIMAL	12.02	1	95.54	1
GLYCINE MAX	12.02	0.5	20.83	0.5

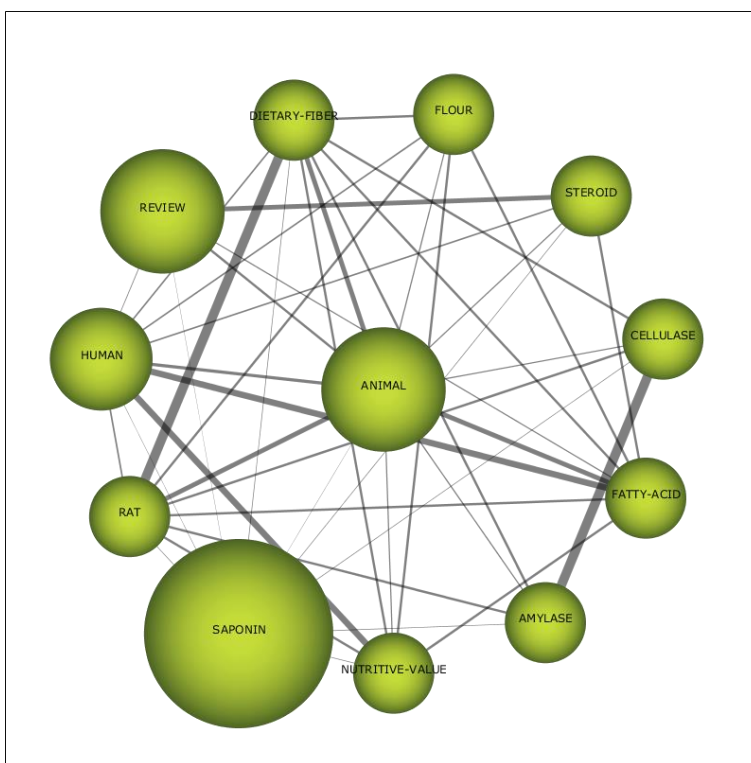
Figura 9. Diagrama estratégico que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos en el periodo 1995 a 1999.



En este periodo sucede algo similar al anterior, con la aparición de un nuevo clúster “glycine max”, estas palabras tienen correlación entre sí y son importantes según la ubicación en la que se encuentran en el cuadrante. Según Chauhan et al (1999), se encontraron estudios más enfocados a las saponinas de la quinua y sus efectos en la industria alimentaria, por ejemplo, se descubrió que la eliminación de saponinas del grano de quinua, aumentó la capacidad de hidratación del agua y disminuyó la capacidad de unión de grasas, también la capacidad de emulsión se redujo en la proteína desaponizada aunque la estabilidad de la emulsión aumentó notablemente. En el mismo estudio, se observó una ligera disminución de la capacidad amortiguadora que se atribuyó a la eliminación de saponinas y la capacidad

espumante junto con la estabilidad de la espuma se vieron afectadas de manera similar a las propiedades emulsionantes, finalmente, se concluyó que la eliminación de saponinas también redujo la solubilidad total del nitrógeno de las proteínas de la quinua. (Chauhan et al., 2009)

Figura 10. Red temática asociada a la palabra animal en el periodo 1995 - 1999.



En esta red temática se evidencia la aparición de varios términos nuevos, pero se resaltan las palabras saponin, review y animal, que concuerdan con el periodo anterior, diferenciándose con la complejidad de las nuevas correlaciones y los nuevos temas de interés en este periodo, como por ejemplo, la correlación entre rat - dietary fiber y amylase - celulase.

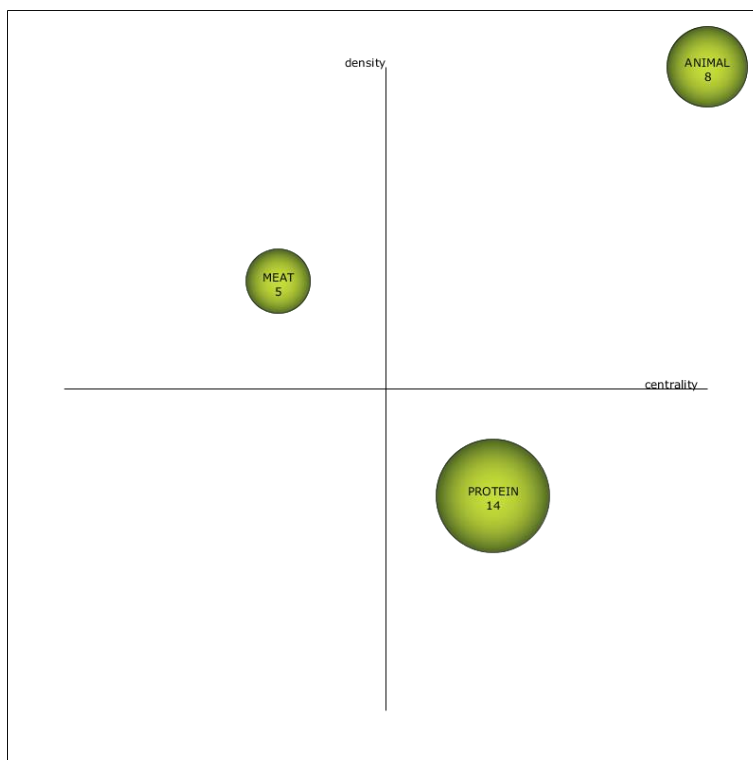
3.5.2.3 Análisis del comportamiento del tercer periodo (2000 – 2004)

Al pasar los años el software de análisis comienza a detectar la aparición de nuevos temas de interés y así mismo las tablas y las figuras demuestran la evolución de la temática.

Tabla 6. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT en el periodo de 2000 a 2004.

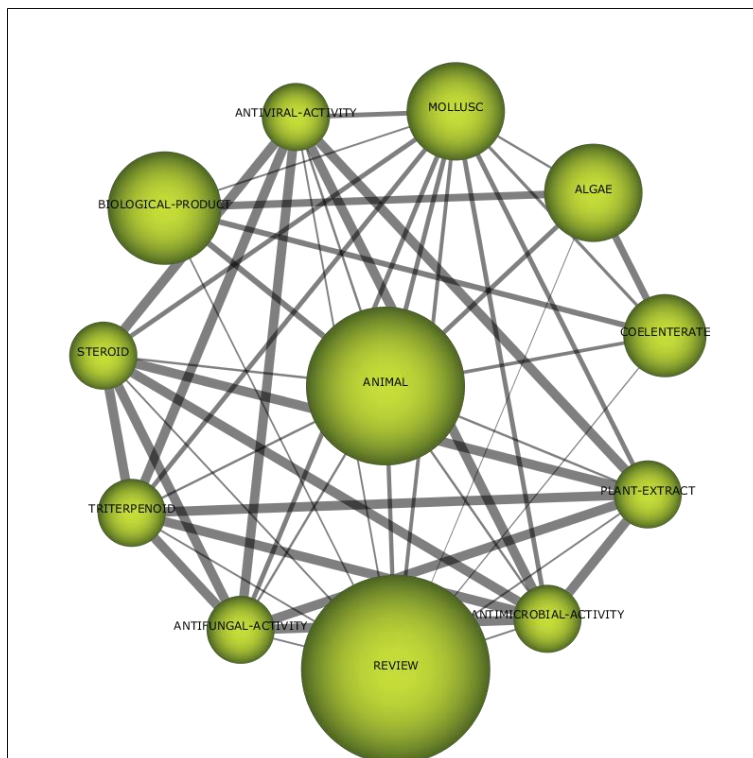
Nombre	centralidad	Rango de centralidad	Densidad	Rango de densidad
ANIMAL	137.09	1	224.14	1
PROTEÍNA	123.6	0,67	47.8	0.33
CARNE	121.72	0.33	199.72	0,67

Figura 11. Diagrama estratégico que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos en el periodo 2000 a 2004.



En la figura 11 se encuentra el mismo tema motor de los anteriores periodos, que se refiere a la palabra ANIMAL, aparece también un tema desarrollado pero aislado que tiene que ver con el clúster MEAT y finalmente para este periodo, aparece un tema transversal que tiene que ver con el clúster PROTEIN.

Figura 12. Red temática asociada a la palabra animal en el periodo 2000 - 2004.



Ahora bien, Francis et al., (2022) reporta que se ha llevado a cabo una amplia investigación sobre las propiedades inmunoestimulantes, hipocolesterolémicas y anticancerígenas de las saponinas que permean la membrana y también se ha descubierto que afectan significativamente el crecimiento, la ingesta de alimentos y la reproducción en los animales. El mismo documento reporta algunos de los efectos beneficiosos que algunas de las saponinas tienen sobre la eficiencia de la utilización de alimentos y el crecimiento en rumiantes, animales de un solo estómago y peces.

En este periodo también se reportó el contenido de saponina del mojuelo de quinua, con un 86% del total de saponina (Ando et al., 2002), es decir, que el material

biológico que se dispone día tras día en esta industria es abundante y rico en estos compuestos que se están analizando.

3.5.2.4 Análisis del comportamiento de los datos del cuarto periodo (2005 – 2009)

A partir de este periodo se evidencia el crecimiento exponencial de documentos reportados a medida que pasan los años demostrando que el interés sobre este tema toma más fuerza.

Tabla 7. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT en el periodo de 2005 a 2009

Nombre	Centralidad	Rango de centralidad	Densidad	Rango de densidad
SAIKOSAPONINA-A	224.99	1	174.29	1
CARBOHIDRATO	146.32	0.6	58.15	0.7
ANIMAL	188.57	0.9	99.57	0.9
ACTIVIDAD ANTIVIRAL	166.11	0.8	73.44	0.8
ESTRUCTURA-ACTIVIDAD-RELACIÓN	162.18	0.7	57.42	0.6

ANTIOXIDANTE	114.81	0.5	37.48	0.5
ALCOHOL	19.01	0.1	25.4	0.4
HARINA	34.29	0.4	25	0.2
PROPIEDAD ANTIFÚNGICA	19.86	0.2	25	0.3
CONSTITUYENTE QUÍMICO	28.84	0.3	12.5	0.1

Figura 13. Diagrama estratégico que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos en el periodo 2005 a 2009.

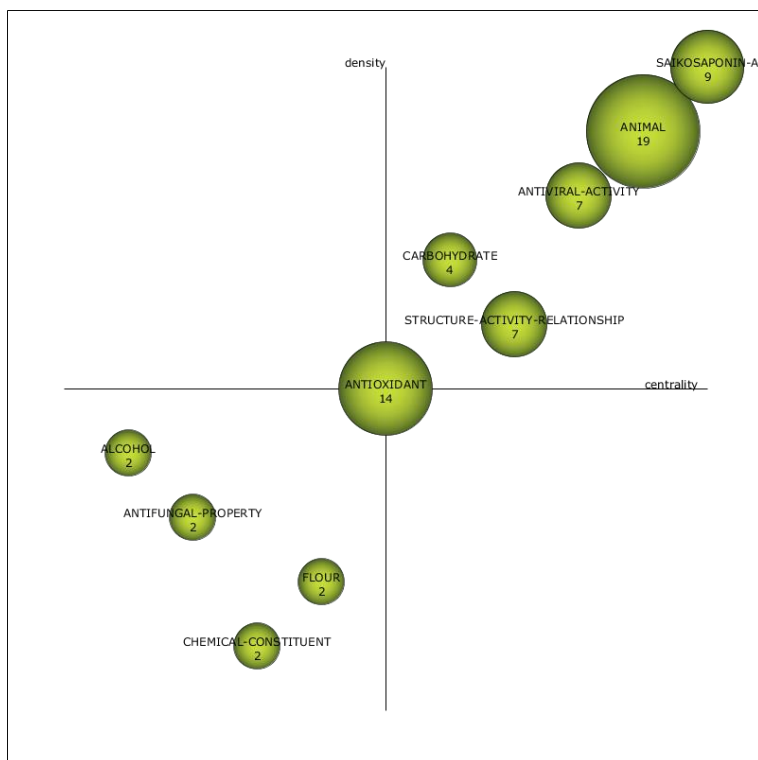
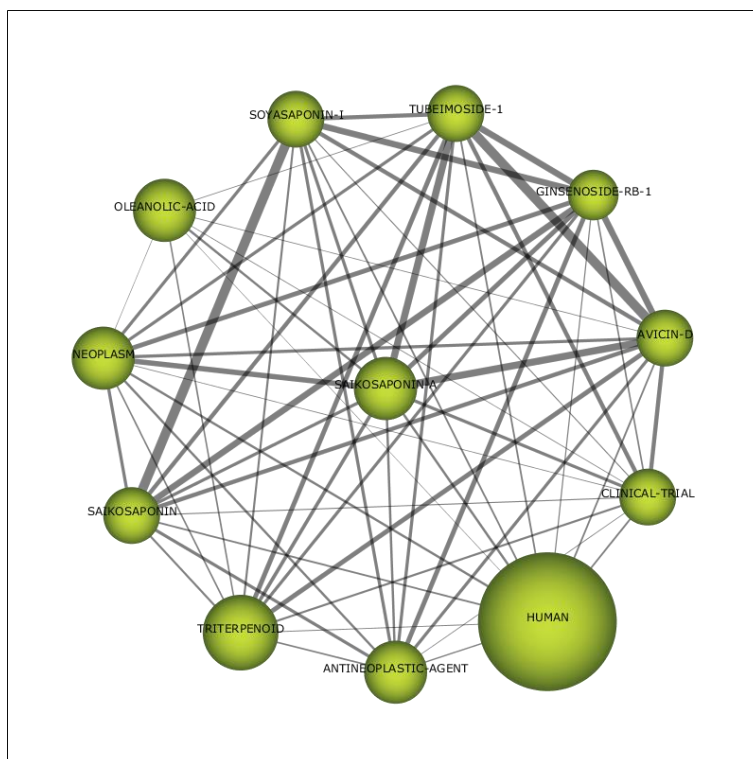


Figura 14. Red temática asociada a las saikosaponina-a en el periodo 2005 - 2009.



En este periodo aparecen temas interesantes y más complejos sobre las saponinas; varios textos reportan propiedades sensoriales y farmacológicas que promueven el aprovechamiento de estos compuestos. Por ejemplo, Fuchs et al., (2009) resalta la gran variabilidad de las estructuras de las saponinas, ya que, se han descrito diversas funciones para distintas saponinas; incluidas las propiedades de formación de espuma y poros, así como la eliminación selectiva de protozoos del rumen. Sin embargo, una de las propiedades más interesantes son los efectos antitumorales favorables, se ha reportado que varias saponinas inhiben el crecimiento de las células tumorales mediante la detención del ciclo celular y la apoptosis con concentraciones inhibitorias máximas medias de hasta 0,2 microM. Sorprendentemente, se identificaron ciertas saponinas que mejoran drásticamente la eficacia de las toxinas quiméricas específicas que llevan la proteína saporina que

inactiva los ribosomas como un resto que mata las células, pero un inconveniente reportado de las saponinas en la terapia de tumores es la propagación no dirigida por todo el cuerpo (Fuchs et al., 2009).

Complementando lo anterior, (Tundis et al., 2009) hablaron de los efectos antiproliferativos de las saponinas, los cuales, en varios tipos de cáncer, incluidos el cáncer de colon, el cáncer de hígado, el cáncer gástrico, el cáncer epitelial de pulmón, el cáncer de ovario, la leucemia mieloide aguda, el cáncer de mama y el cáncer de tiroides, demostraron que la saikosaponina inhibe el crecimiento celular y la síntesis de ADN de la línea celular de hepatoma. Se reportó que las saikosaponinas pertenecen a la familia de las saponinas y tienen muchos efectos bioactivos en varias enfermedades (Ma et al., 2020).

Por otro lado, las saponinas también pueden activar el sistema inmunológico de los mamíferos, lo que ha generado un interés significativo en su potencial como adyuvantes de vacunas (Sun et al., 2009).

Los resultados de este periodo, se direccionan hacia las propiedades funcionales y complementan propiedades farmacológicas.

3.2.3.5 Análisis del comportamiento de los datos del quinto periodo (2010 - 2014)

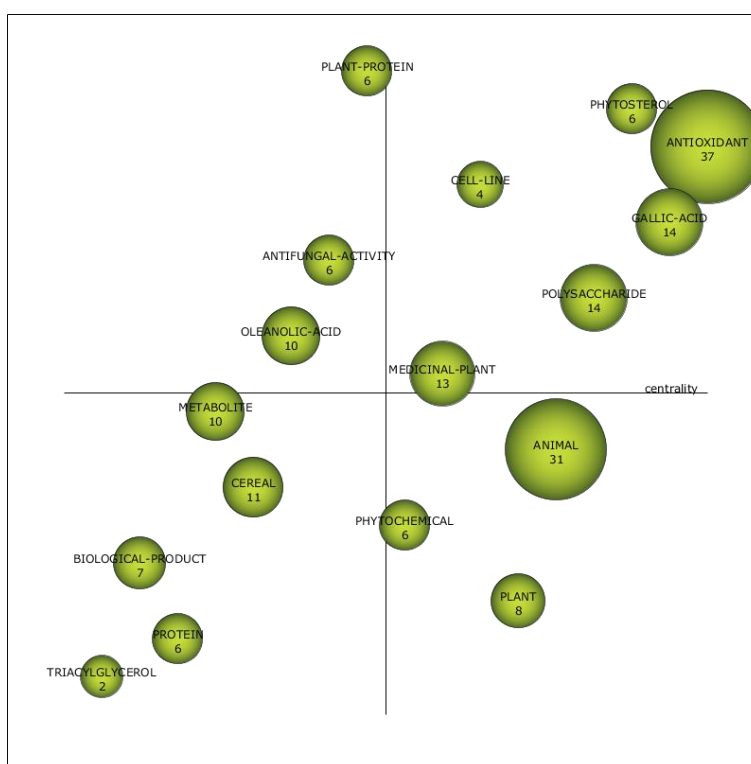
Tabla 8. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT en el periodo de 2010 a 2014.

Nombre	Centralidad	Rango de centralidad	Densidad	Rango de densidad
LÍNEA CELULAR	170.57	0,65	56.25	0.82

FITOSTEROL	273.37	0.88	61.04	0,94
ÁCIDO GÁLICO	276.1	0,94	55.04	0.76
PROTEÍNA VEGETAL	144.87	0.47	76.33	1
ANTIOXIDANTE	340.3	1	57.23	0.88
POLISACÁRIDO	247.1	0.82	42.25	0,65
ANIMAL	180.01	0.76	25,9	0.41
ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA	141.69	0.41	42.4	0.71
CEREAL	120.25	0.29	23.84	0.35
ÁCIDO OLEANÓLICO	125.67	0.35	41.12	0.59
FITOQUÍMICO	163.38	0,53	22.42	0.29
PLANTA	177.04	0.71	12.49	0.18
PLANTA MEDICINAL	166.86	0.59	28.98	0,53
METABOLITO	108.54	0.24	27.3	0.47

PROTEÍNA	101.67	0.18	10.39	0.12
PRODUCTO BIOLÓGICO	48.74	0.12	12.7	0.24
TRIACILGLICEROL	29.75	0.06	6.11	0.06

Figura 15. Diagrama estratégico que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos en el periodo 2010 a 2014.

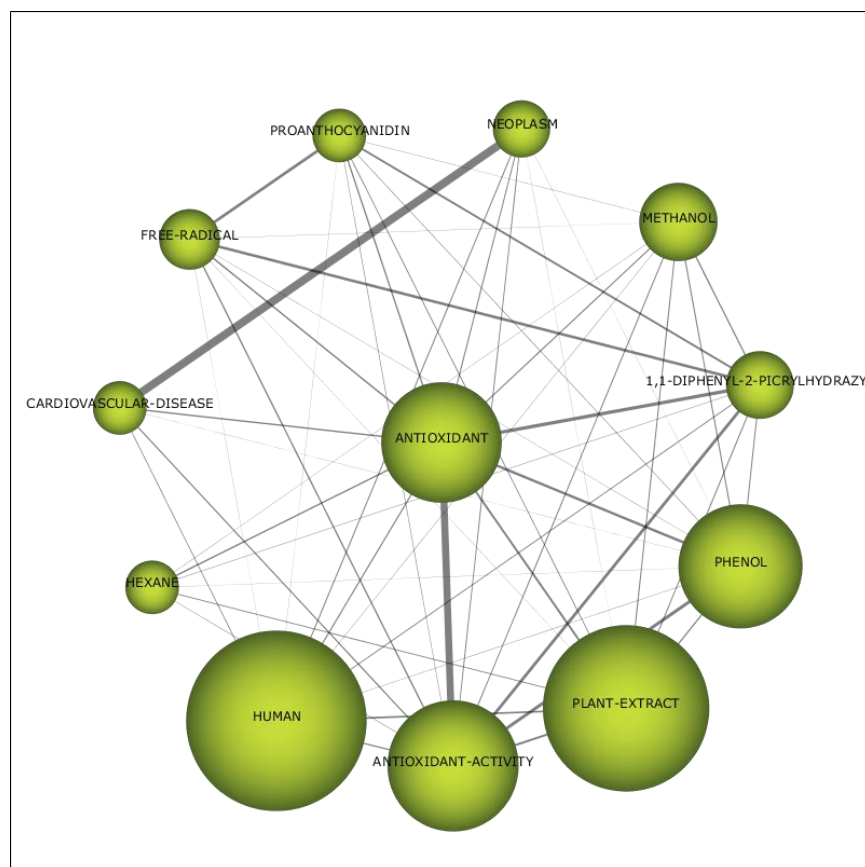


Yao et al., (2014) evaluó la influencia de las saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la diferenciación de los preadipocitos. La fracción aislada de esta

planta fue capaz de inhibir acumulación de triglicéridos en los adipocitos maduros. Los autores demostraron que las saponinas de la quinua regularon significativamente a la baja la expresión de ARNm y proteínas de factores de transcripción adipogénicos clave y también redujeron la expresión de ARNm y proteínas del esteroil SREBP-1c.

Además de sus conocidas actividades biológicas, las saponinas se han investigado recientemente por sus propiedades contra la obesidad, donde sugieren que estos compuestos pueden tener efectos beneficiosos contra la obesidad a través de diferentes mecanismos de acción. Los extractos ricos en saponina se han demostrado, por ejemplo, inhibir la lipasa pancreática o modular la adipogénesis y el apetito. Sin embargo, en la actualidad, no existe suficiente evidencia capaz de apoyar la aplicación clínica de saponinas en el tratamiento de la obesidad.

Figura 16. Red temática asociada a la palabra antioxidante en el periodo 2010 - 2014.



3.5.2.6 Análisis del comportamiento de los datos del sexto periodo (2015 - 2019)

Tabla 9. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT en el periodo de 2015 a 2019.

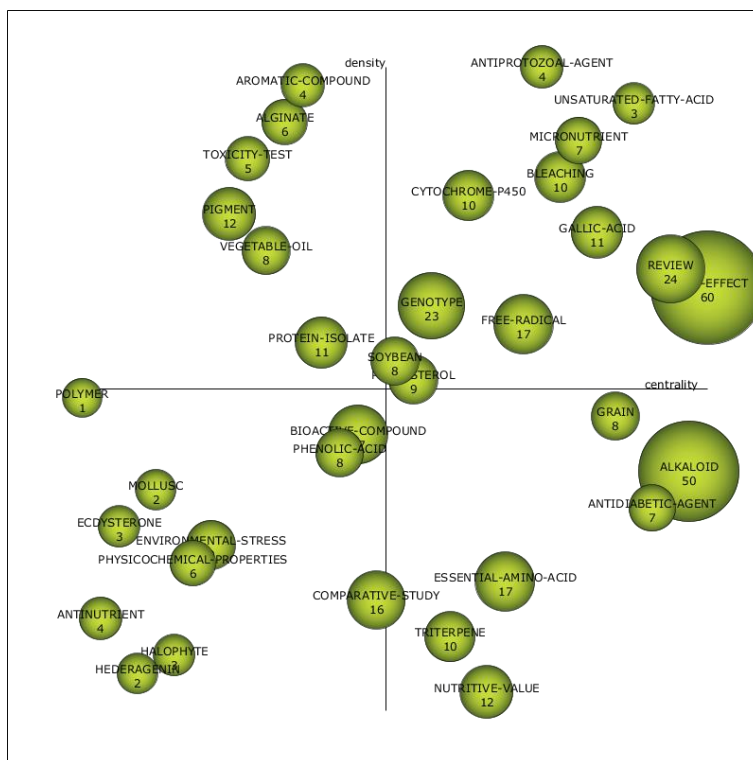
Nombre	Centralidad	Rango de centralidad	Densidad	Rango de densidad
--------	-------------	----------------------	----------	-------------------

COMPUESTO AROMÁTICO	93.87	0.37	65.51	0.97
ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS	156.81	0.89	57.39	0,94
AGENTE ANTIPROTOZOAL	125.64	0.74	68.02	1
PRUEBA DE TOXICIDAD	74.38	0.29	52.07	0.86
DECOLORACIÓN	125.72	0.77	48.15	0.83
MICRONUTRIENTES	131.69	0.8	52.14	0.89
ALGINATO	88.89	0.34	55.14	0.91
CITOCROMO-P450	120.63	0,63	42.08	0.8
EFFECTO DE LA DROGA	197.83	1	29.06	0,66
ÁCIDO GÁLICO	131.7	0.83	36.07	0.74
HABA DE SOJA	110.37	0.51	22.62	0.54
PIGMENTO	74.07	0.26	38.35	0.77

AISLADO DE PROTEÍNA	99.52	0.4	24.64	0.57
ACEITE VEGETAL	80.56	0.31	29.86	0.71
FITOSTEROL	111.81	0.54	20.18	0.51
REVISIÓN	177.31	0,94	29.49	0,69
ÁCIDO FENOLICO	101.95	0.43	15.36	0.4
RADICALES LIBRES	124.82	0.71	25.02	0.6
ALCALOIDE	193.56	0.97	13.76	0.37
GENOTIPO	115.74	0.57	28.39	0,63
AGENTE ANTIDIABÉTICO	162.23	0.91	11.63	0.31
TRITERPENOS	118.51	0.6	7.13	0.11
AMINOÁCIDOS ESENCIALES	123.5	0,69	9.39	0.2
GRANO	153.17	0.86	17.56	0,46
COMPUESTO BIOACTIVO	102.83	0,46	15.62	0.43

ESTUDIO COMPARATIVO	107.2	0.49	9.15	0.17
VALOR NUTRITIVO	123.42	0,66	3.83	0.03
ESTRÉS AMBIENTAL	68.37	0.23	10.9	0.26
PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS	46.5	0.2	9.5	0.23
HALOFITA	40.14	0.17	4.97	0.09
ECDISTERONA	27.99	0.09	11.11	0.29
ANTINUTRIENTE	19.17	0.06	7.5	0.14
POLÍMERO	12.01	0.03	19.44	0.49
MOLUSCO	34.44	0.14	12.5	0.34
HEDERAGENINA	29.3	0.11	3.89	0.06

Figura 17. Diagrama estratégico que representa el comportamiento de los temas de investigación según el número de documentos en el periodo 2015 a 2019.

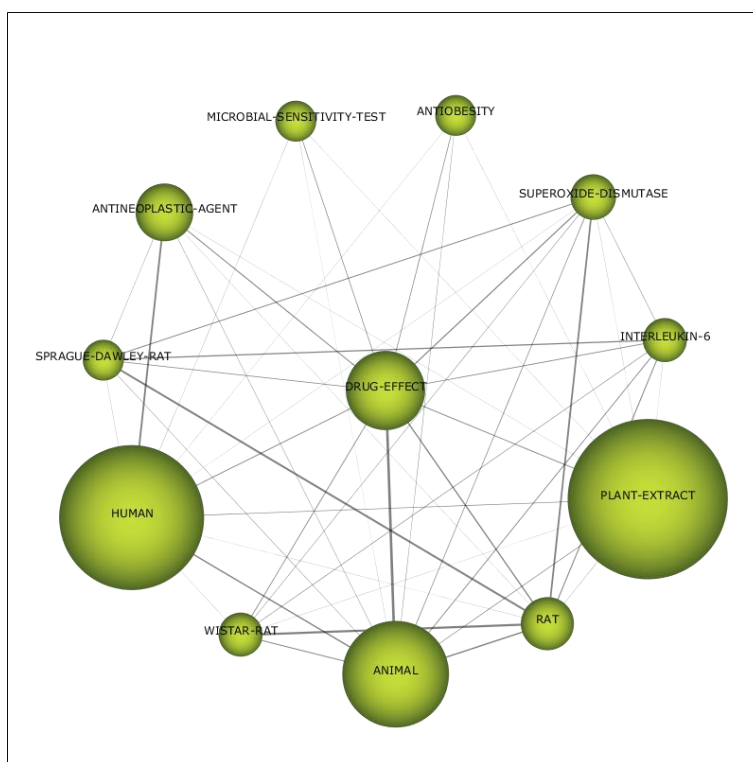


En el sexto periodo aparecen más palabras en cada cuadrante, siendo efecto de la droga y agente protozoal temáticas con alta importancia, se identificó también que el campo gira en torno a artículos que nos indican las actividades biológicas relevantes para la salud humana, incluidas actividades antifúngicas, antivirales, antimicrobianas, diuréticas y antiinflamatorias (Graf et al., 2016).

Sun, X et al., (2019) en su estudio mostró que la saponina derivada de la quinua exhibe actividad antiinflamatoria y antifúngica. Las saponinas transformadas con álcali de la cáscara de quinua, mostraron actividades antibacterianas más altas contra tres bacterias relacionadas con la halitosis que las saponinas de quinua primitivas. Una de las principales razones de este resultado tuvo que ver con que las saponinas pudieron interactuar con las membranas celulares bacterianas y así

dañar y disminuir la integridad y el potencial de la membrana. Una de las conclusiones de este estudio, basado en la actividad antibacteriana superior y los aspectos económicos de cáscara de quinua, las saponinas podrían aplicarse como un agente antibacteriano para tratar la halitosis.

Figura 18. Red temática asociada al clúster efecto de la droga en el período 2015 - 2019.



En esta red temática asociada a la palabra clave más relevante de este periodo, se resalta la importancia de las palabras: extracto de plantas y humano, pero se evidencia una correlación más alta entre las palabras: animal - efecto de la droga y Sprague Dawley Rat - Rata.

3.5.2.7 Análisis del comportamiento de los datos del séptimo periodo (2020 – 2023)

En este periodo, con el mayor número de documentos y así mismo de palabras clave, arroja un material de análisis interesante y completo para este análisis bibliométrico.

Tabla 10. Clúster temático y documentos básicos detectados por SciMAT en el periodo de 2020 a 2023.

Nombre	Centralidad	Rango de centralidad	Densidad	Rango de densidad
CASPASA-3	208.85	0,95	56.06	0,95
NANOPORTADOR	104.89	0,61	33.33	0.84
DAIDZEÍNA	193.01	0,93	42.15	0.91
GLUCAN	128.52	0.82	48.91	0,93
METAL PESADO	85.19	0.34	58.52	1
CARNE	102.05	0.59	28.27	0.75
ENFERMEDAD DE LAS PLANTAS	85.82	0.36	58.33	0.98

TERPENÓIDE	280.92	1	38.84	0.86
PROTEÍNA-HIDROLIZADO	129.17	0.84	25.25	0,68
HEXANO	124.49	0.8	27.75	0.73
AGENTE PROBIÓTICO	107.9	0,64	32.45	0.82
MEMBRANA CELULAR	95.07	0.43	41.82	0.89
EMULSIÓN	111.61	0,68	25.55	0.7
CONCENTRACIÓN DE ETANOL	81.69	0.25	24.95	0,66
ACTIVIDAD ANTIINFLAMATORIA	271.27	0.98	17.8	0,61
PERFIL NUTRICIONAL	99.67	0.5	19.05	0,64
ANTIDIABÉTICO	97.14	0.48	13.92	0,45
SURFACTANTE	73.18	0.2	30.68	0.8
ANIMAL	163.87	0.91	9.61	0.27

ANTIOXIDANTE	144.75	0.89	16.64	0.52
FIBRA DIETÉTICA	121.02	0.75	13.07	0.41
ENLACE DE HIDRÓGENO	75.95	0.23	30.12	0.77
AMINOÁCIDOS ESENCIALES	100.3	0,55	16.88	0,55
BETALINA	96.14	0,45	13.44	0.43
GELATINA	84.76	0.32	11.19	0.34
AMILASA	102	0.57	17.71	0.59
OLIGOELEMENTO	83.4	0.3	12.44	0.36
CELÚLA	120.5	0.73	17.4	0.57
FRUTA	83.31	0.27	8.03	0.2
CELULASA	114.9	0.7	9.71	0.3
ÁCIDO GRASO	131.91	0.86	13.97	0.48

ENFERMEDAD CARDIOVASCULAR	100.16	0.52	9.06	0.25
SEMILLA	122.78	0.77	5.41	0.05
BIOACTIVIDAD	91.88	0.39	6.58	0.11
PLANTA-RAÍZ	109.51	0,66	6.84	0.14
CARBOHIDRATO	93.98	0.41	4.23	0.02
PSEUDO-CEREALES	52.59	0.18	7.18	0.18
HEMOLISIS	47.07	0.16	12.73	0.39
NANOEMULSIÓN	32.88	0.14	8.28	0.23
ENZIMA ANTIOXIDANTE	15.97	0.05	15.97	0.5
ESTRUCTURA Y PROPIEDADES	29.58	0.09	11.11	0.32
ECDISTERONA	14.86	0.02	6.94	0.16
HERBÍVORO	28.59	0.07	5.56	0.07

Se logró evidenciar el cambio de las palabras clave a lo largo de los años, dando un enfoque agroindustrial y de la misma manera destacando las diversas propiedades que se han encontrado a lo largo de los años. Sin embargo, la palabra saponina ya no apareció en la figura 18, en esta aparecieron palabras como actividad antioxidante, emulsión, composición química, actividad antiinflamatoria, emulsión, bioactividad, entre otras, esto se ve relacionado a que con el pasar de los años se han interesado en estudiar las diferentes propiedades de la saponina.

Otra palabra que influye sobre las propiedades de las saponinas en este periodo tiene que ver con los triterpenos o esteroides, que se utilizan como esqueletos glucosídicos y los azúcares se unen a uno o más puntos de la estructura para formar cadenas ramificadas. Este tipo de estructura hace que las saponinas sean lipofílicas e hidrofílicas. Como resultado, el efecto de las saponinas sobre el sistema del biofilm se refleja principalmente en dos aspectos. Primero, debido a las características del surfactante, las saponinas pueden reducir la tensión superficial en solución acuosa y formar micelas. (Zhang, 2020)

(Shixia, 2020) estudió la composición de las saponinas de la quinua y examinó sus posibles modos de acción antimicrobianos contra las bacterias patógenas transmitidas por los alimentos. Todos los compuestos ejercieron efectos antibactericidas contra *S. aureus*, *S. epidermidis* y *B. cereus*. mostró la mayor actividad contra *S. aureus* y *S. epidermidis*. De hecho, se encontró una relación dosis-efecto entre la concentración de todas las saponinas de quinua y sus efectos bacteriostáticos.

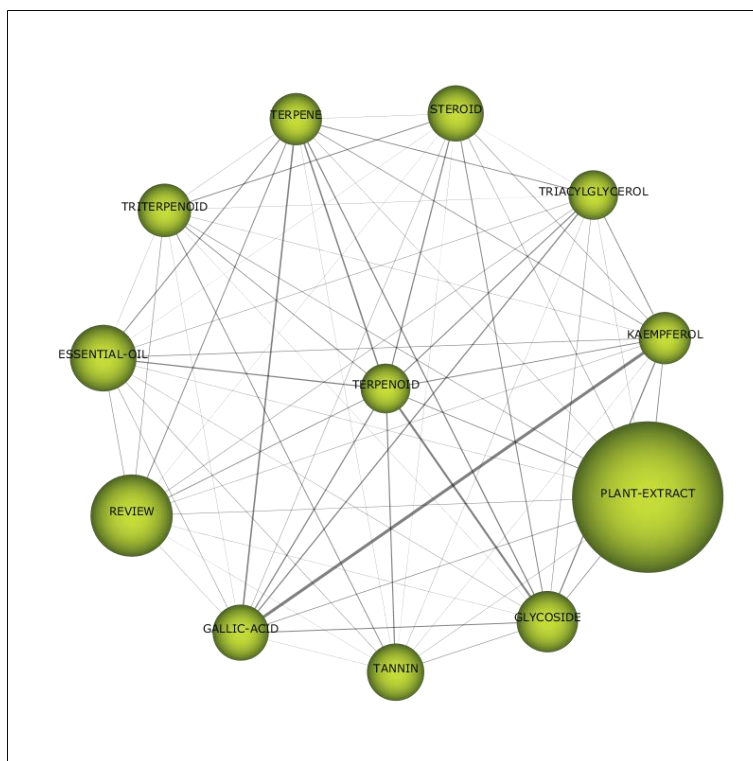
Hasta la fecha se han identificado al menos 20 saponinas triterpenoides en diferentes órganos (principalmente semillas) de quinua. Sus agliconas derivan del ácido oleanólico, hederagenina, ácido serjánico y ácido fitolacagénico. La mayoría de las veces contienen los grupos hidroxilo y carboxilo en las posiciones C-3 y C-28, respectivamente. Los valores más altos de presión superficial se alcanzaron

para la quinua, siendo estas saponinas capaces de producir capas adsorbidas de superficie muy elástica y producir espumas estables. (Goral, 2020)

Norouzpour et al., (2022) realizó unas pruebas de emulsión las cuales mostraron que el surfactante de quinua produjo emulsiones más estables y densas en comparación con los surfactantes comerciales. Por lo tanto, este estudio presentó un surfactante novedoso que no solo es rentable y respetuoso con el medio ambiente, sino que también funciona de manera prometedora para fines de la recuperación mejorada de petróleo.

En cuanto a la actividad antioxidante se encontró un estudio donde se cuantificaba la cantidad de saponina que se encontraba en una planta y el resultado mostró que la raíz de la quinoa contiene la mayor cantidad de saponina total con la mayor capacidad antioxidante, similar a las semillas de quinua. Este estudio es la primera vez que se cuantifica el contenido de saponina de la raíz de quinua. Dado que solo las semillas de quinua se distribuyen comercialmente y otras partes de la planta de quinua se descartan, los brotes, las hojas, el mojuelo y las raíces pueden tener un buen potencial nutracéutico, y es necesario investigar más aplicaciones y usos como fuentes de alimentos en el futuro. (Lim, 2020)

Figura 20. Red temática asociada a la palabra terpenoide en el último periodo 2020 - 2023.



En este periodo final, se destaca la palabra clave con el número de equivalencia, la cantidad de documentos y las citas más altas que corresponde a extracto de plantas.

3.6 Análisis de las propiedades de las saponinas que provienen de la quinua.

Tabla 11. Propiedades de las saponinas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Título	Propiedades de las saponinas de quinua	Referencia
--------	--	------------

<p>Innovations in Health Value and Functional Food Development of Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)</p>	<p>Antivirales Anticancerígenas Antimicrobióticas Diuréticas Antiinflamatorias</p>	<p>(Graf et al., 2015)</p>
<p>Effects of Saponins on Lipid Metabolism: A Review of Potential Health Benefits in the Treatment of Obesity.</p>	<p>Inhibe la acumulación de triglicéridos en los adipocitos maduros.</p>	<p>(Marrelli et al., 2016)</p>
<p>Functional Components and Anti-Nutritional Factors in Gluten-Free Grains: A Focus on Quinoa Seeds.</p>	<p>Anti nutricional Fungi tóxicas</p>	<p>(Melini V, Melini F. 2021)</p>
<p>Impact of germination on phenolic composition, antioxidant properties, antinutritional factors, mineral content and Maillard reaction products of malted quinoa flour.</p>	<p>Mejoran la asimilación de fármacos y alimentos a través de la mucosa intestinal.</p>	<p>(Bhinder et al., 2021)</p>

<p>Integrated process for sequential extraction of saponins, xylan and cellulose from quinoa stalks (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)</p>	<p>Farmacéuticas Inmunoadyuvantes Antifúngicas</p>	<p>(Ramirez et al., 2018)</p>
<p>Quinoa sprouts as potential vegetable source: Nutrient composition and functional contents of different quinoa sprout varieties.</p>	<p>Antibacteriano Anticancerígeno Antiinflamatorio Antidiabético</p>	<p>(Le et al., 2021)</p>
<p>Characterization of betalains, saponins and antioxidant power in differently colored quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) varieties.</p>	<p>Espumante Efecto citostático</p>	<p>(Escribano et al., 2017)</p>
<p>Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods.</p>	<p>Actividad hemolítica Antifúngica</p>	<p>(Maritnez et al., 2020)</p>
<p>Saponin Interactions with Model Membrane Systems - Langmuir Monolayer Studies,</p>	<p>Actividad hemolítica Actividad</p>	<p>(De Groot, Müller, 2016)</p>

Hemolysis and Formation of ISCOMs.	antiinflamatoria	
<i>In vivo</i> acute toxicity and mutagenic analysis of crude saponins from <i>Chenopodium quinoa</i> Willd husks	Pesticida Bactericida Bacteriostático efectos de toxicidad aguda limitados Actividad anfifílica	(Lin et al., 2021)
Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) Seeds Increase Intestinal Protein Uptake	Adyuvante inmunitario Barrera intestinal	(Ballegaard et al., 2021)
Characterization of Chenopodin Isoforms from Quinoa Seeds and Assessment of Their Potential Anti-Inflammatory Activity in Caco-2 Cells	Inhibe la sobreproducción de mediadores inflamatorios.	(Capraro et al., 2020)
Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects.	Permeabilidad. Toxicidad (hemólisis) en especial animales de sangre fría.	(Filho et al., 2017)

Safety assessment of crude saponins from <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. husks: 90-day oral toxicity and gut microbiota & metabonomics study in rats.	Toxicidad	(Zang et al., 2022)
Antibacterial activity and mechanism of action saponins from <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. Husks against foodborne pathogenic bacteria	Reducen la tensión superficial. Antimicrobiana Bacteriostática	(Dong et al., 2020)
Improved antibacterial effects of alkali-transformed saponin from quinoa husks against halitosis-related bacteria	Antibacteriana	(Sun et al., 2019)
Effects of saponin-rich quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) bran and bran extract in diets of adapted and non-adapted quinoa pests in laboratory bioassays	Insecticida	(McCartney et al., 2019)
Surface activity and foaming	Espumante	(Góral, Wojciechowski,

properties of saponin-rich plants extracts.	Actividad superficial	2020)
Optimization of the ultrasound-assisted extraction of saponins from quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) using response surface methodology	Espumante Emulsionante	(Espinoza et al., 2021)
Experimental investigation of the effect of a quinoa-derived saponin-based green natural surfactant on enhanced oil recovery	Surfactante	(Norouzpour et al., 2022)
Analysis of saponin composition and comparison of the antioxidant activity of various parts of the quinoa plant (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	Antioxidante	(Lim et al., 2020)
Quinoa saponins—analysis and preliminary investigations into the effects of reduction by processing.	Astringente	(Ridout et al., 1991)

Triterpenoid saponins discovered between 1987 and 1989	Toxicidad	(Mathao, Nandy, 1991)
Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).	Espumante	(Kazoil, M. 1991)
The potential of quinoa as a multi-purpose crop for agricultural diversification: a review	Amarga Repelente Molusquicida	(Galwey, N. 1992)
The biological action of saponins in animal systems: A review.	Adyuvante Citostática Antifúngica Molusquicida Antiviral Anticolesterol	(Francis, et al., 2002)
A lesser-known grain, <i>Chenopodium quinoa</i> : Review of the chemical composition of its edible part	Espumante Astringente Toxicidad	(Ahamed, et al., 1998)
Effect of saponin on the surface properties of quinoa	Retención de agua Amortiguadora	(Chauhan, et al., 1999)

proteins	Emulsificante	
Nutrition facts and functional potential of quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), an ancient Andean grain: A review	Permeabilidad Adyuvante Antifúngica	(Vega, et al ., 2010)
<i>Chenopodium quinoa</i> —An Indian perspective	Cosmética Farmacéutica Adyuvante	(Bhargava, et al. 2006)
Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients	Anticancerígena. Reductora de colesterol.	(Alvarez, et al., 2010)
<i>In vitro</i> study of the antifungal activity of saponin-rich extracts against prevalent phytopathogenic fungi	Antifúngica	(Chapagain, et al., 2007)
Oral vaccination: where we are?	Adyuvante	(Silin, et al., 2007)
Saponins: Properties, Applications and Processing	Emulsificantes Espumante Adyuvante	(Güçlü O, Mazza G, 2007)
Antifungal properties of quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>	Antifúngica	(Stuardo, M., San Martín, R. 2008).

Willd) alkali treated saponins against <i>Botrytis cinerea</i>		
Biological activities and chemistry of saponins from <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	Emulsionante Antifúngica Antimicrobianas	(Kuljanabhagavad, T., Wink, M. 2009).
Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties	Espumante Toxica Antinutricional Antifúngica	(Abugoch J., 2009)
Naturally Occurring Triterpenoid Saponins	Hemolítica	(Dinda et al., 2010)
Surfactant and antioxidant properties of an extract from <i>Chenopodium quinoa</i> Willd seed coats	Tensoactiva Hemolítica Antioxidante	(Letelier et al., 2011)
Differential Activity of Multiple Saponins Against Omnivorous Insects with Varying Feeding Preferences	Bioplaguicida	(Dowd et al., 2011)
Micellar aggregates of saponins from <i>Chenopodium quinoa</i> : characterization by	Forman agregados micelares en medios acuosos	(Verza et al., 2012)

dynamic light scattering and transmission electron microscopy		
Physiological Effects Associated with Quinoa Consumption and Implications for Research Involving Humans: A Review	permeabilidad	(Simnadis et al., 2015)
Assessment of the Nutritional Composition of Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	Antinutricional Toxico	(Nowak et al., 2016)
Saponins: Occurrence in nature and biological activities	Antifúngica Antinutricional	(Betti et al., 2016)
Quinoa seed coats as an expanding and sustainable source of bioactive compounds: An investigation of genotypic diversity in saponin profiles	Bioplaguicida	(Ruiz et al., 2017)
The gastrointestinal behavior of saponins and its significance for their bioavailability and bioactivities	Permeabilidad	(Navaro et al., 2018)

Novel molluscicide against <i>Pomacea canaliculata</i> based on quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) saponins.	Molusquicida	(San Martin et al., 2008)
Characterization of saponins and phenolic compounds: antioxidant activity and inhibitory effects on α -glucosidase in different varieties of colored quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).	Antioxidante	(Han et al., 2019)
Surface activity and foaming properties of saponin-rich plants extracts	Actividad superficial Espumas estables	(Góral, Wojciechowski., 2020)
In Vitro Colonic Fermentation of Saponin-Rich Extracts from Quinoa, Lentil, and Fenugreek. Effect on Sapogenins Yield and Human Gut Microbiota	Antimicrobiano	(Navarro et al., 2019)
Enhancing the Membranolytic Activity of <i>Chenopodium quinoa</i> Saponins by Fast Microwave Hydrolysis	Hemolítica	(Colson et al., 2020)

Las saponinas se caracterizan por un sabor amargo y se consideran tóxicas en altas concentraciones, estas están presentes en toda la planta de quinua. Su presencia es generalmente considerada un mecanismo de defensa contra los enemigos naturales de la planta.

Para mejorar el rendimiento y las actividades biológicas de las saponinas y sus aplicaciones en la alimentación, en cosmética, en el sector agrícola y en la industria farmacéutica, se han ido desarrollando a lo largo de los años diferentes técnicas de extracción e identificación de las mismas (Espinoza et al., 2021)

Las saponinas tiene varias propiedades fisicoquímicas y biológicas (Tabla 11) incluyendo actividades antioxidantes, adyuvante, inmunoestimulantes, antifúngicas, antivirales y citotóxicas, efectos antiinflamatorios y hemolíticos, también afectan la absorción de algunos minerales y vitaminas.

Para determinar la actividad antioxidante de la quinua, se ha estudiado la concentración requerida para inhibir el 50% de la formación de radicales en la actividad compleja de algunos de ellos, la concentración necesaria para provocar el 50% del efecto antioxidante y el poder reductor de varias partes del extracto de la planta de la quinua, dando como resultado que las partes con mayor cantidad de saponinas y por ende con mayor actividad antioxidante son la semilla y la raíz de la quinua en comparación a la hojas y los tallos de la misma. (Lim et al., 2019).

Verza et al. (2012) evaluaron la actividad adyuvante de las saponinas de la quinua frente a la respuesta inmune humoral y celular de ratones inmunizados por vía subcutánea a ovoalbúmina. En el estudio se demostró que las saponinas de la quinua tienen un efecto positivo sobre la producción de respuestas inmunes celulares y humorales a ovoalbúmina en ratones. Además, las saponinas de quinua

mostraron una alta capacidad para potenciar las respuestas de anticuerpos al causar un aumento de la permeabilidad de la mucosa, lo que permite una mayor absorción del antígeno.

En cuanto a la actividad antifúngica de las saponinas de la quinua, Stuardo & San Martín (2007) realizó un estudio donde la fracción de saponina total de quinua mostró poca actividad antifúngica. Sin embargo, cuando las saponinas de quinua fueron tratadas con álcali, su actividad antifúngica aumentó significativamente. Esto probablemente se deba a la formación de más saponinas hidrofóbicas que tienen una mayor afinidad con los esteroides presentes en las membranas celulares de los hongos.

(Woldemichael, Wink., 2001) también estudio las concentraciones de saponinas de hasta 500 µg/mL en medios de cultivo de acuerdo con los métodos de prueba comúnmente utilizados para evaluar la susceptibilidad antimicrobiana de los hongos. La prueba de microdilución en caldo mostró que, entre las saponinas probadas, solo 5 exhibieron alguna actividad antifúngica.

En otro estudio muestran las propiedades molusquicidas que tienen las saponinas de quinua al ser tratadas con un álcali contra un caracol que ataca las semillas de arroz. Este producto eliminó el 100% de los caracoles en condiciones de laboratorio a las 24 h con aproximadamente 33 ppm de producto. No se observó toxicidad para los peces, como carpas doradas o tilapias, hasta la concentración más alta probada (54 ppm de producto), esta es una ventaja principal en relación con los molusquicidas comerciales disponibles que matan peces en dosis de producto más bajas que las que matan a estos caracoles. (San Martín et al., 2008)

Según Gee et al. (1993), las saponinas de quinua pueden inducir actividad membranolítica contra las células de la mucosa del intestino delgado. Sin embargo, la actividad hemolítica de las saponinas depende de la estructura de las saponinas en cuestión.

Vo et al. (2016), investigaron la actividad hemolítica de 41 saponinas y sapogeninas triterpenoides con tres tipos diferentes de esqueletos estructurales y mostraron una fuerte relación entre la estructura química y la actividad biológica. De hecho, según este estudio, casi todas las sapogeninas exhibieron una actividad hemolítica más fuerte, debido a la presencia de un grupo carboxilo, un grupo α -hidroxilo y un β -hidroxilo. Sin embargo, se observó una reducción del efecto hemolítico con la introducción de metil-hidroxilo y α -OH (vo et al., 2016).

La actividad antiinflamatoria de las saponinas de las semillas de quinua fue estudiada por Yao et al. (2014), quienes evaluaron la actividad antiinflamatoria de cuatro fracciones de saponina extraídas de quinua. Los resultados mostraron que las fracciones de la saponina disminuyeron la respuesta de los mediadores inflamatorios, inhibiendo la liberación de citocinas inflamatorias, incluido el factor de óxido nítrico, necrosis tumoral y la interleucina.

4.CONCLUSIONES

Este estudio identificó el potencial agroindustrial de las saponinas provenientes de la industria de la quinua *Chenopodium quinoa* Willd mediante el análisis de datos por medio del software especializado SciMAT. Se encontró que las saponinas provenientes de la quinua son glucósidos triterpenoides con diversas actividades biológicas en las que resaltan: propiedades emulsificantes donde demuestran que los surfactantes de saponina de quinua producen emulsiones más estables que incluso los surfactantes comerciales, propiedades espumantes en soluciones acuosas y también se destaca su actividad hemolítica cuando están en contacto directo con las células sanguíneas. De igual manera, varios estudios demostraron que la administración intravenosa de saponinas aumenta la permeabilidad de los eritrocitos y la liberación de hemoglobina, siguiendo la línea de farmacéutica, se habló de las propiedades anticancerígenas involucrando efectos citostáticos contra las células cancerosas, generando así un impacto positivo en el tratamiento de varios tipos de cáncer.

Por otro lado, la fracción de saponina cruda de la quinua mostró actividad antiinflamatoria en macrófagos murinos inducidos por lipopolisacáridos, ahora bien, en cuanto a las propiedades inmunoadyuvantes se relacionaron con una mayor permeabilidad intestinal, mientras que, en las propiedades antioxidantes de las saponinas reportaron una reducción del 50% de la formación de radicales libres. Las propiedades reductoras del colesterol y el efecto en el tratamiento de la obesidad jugaron un papel importante en este estudio, debido a la interferencia de las saponinas en la absorción intestinal del colesterol provocada por una combinación compleja de mecanismos.

Finalmente, se encontraron propiedades antimicrobianas contra las bacterias patógenas transmitidas por los alimentos, destacando también propiedades

molusquicidas, insecticidas, antifúngicas que dieron como resultado a un bioplaguicida eficaz contra varias especies de microorganismos reportadas. Es así como se encontraron múltiples usos en la agroindustria farmacéutica, en la industria de los fitoquímicos, en la industria alimentaria y nutricional, en la industria de la cosmética y en la industria no alimentaria.

Como se logró evidenciar, diversos estudios lograron constatar a lo largo de esta revisión bibliográfica la tendencia del potencial tecnológico del mojuelo de quinua, identificando las aplicaciones y usos que se han desarrollado gracias a la articulación de la ingeniería agroindustrial con múltiples campos de investigación, mostrando así la evidencia necesaria para respaldar el aprovechamiento de una biomasa rica en compuestos fenólicos que le confieren propiedades únicas y flexibles.

Ahora bien, es importante destacar los resultados obtenidos a partir del software SciMAT, ya que, mediante los diagramas de salida de este se logró sintetizar toda la información recopilada para dar una perspectiva clara y específica que logre promover el aprovechamiento de un coproducto rico en nutrientes que permite mitigar daños ambientales. Además de eso, el software arrojó datos bibliométricos de interés como, por ejemplo: la revista más productiva: Food Chemistry y el artículo más citado: Seeds: Ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination.

Finalmente, se conectaron nuevos desarrollos y productos innovadores obtenidos a partir de las saponinas como lo son los encapsulamientos para fármacos, agentes espumantes con alta estabilidad, agentes quelantes, agentes antioxidantes, fitoquímicos que combaten bacterias y hongos, además de un agente tensoactivo, entre otros.

5.RECOMENDACIONES

Realizar un estudio de las diferentes variedades de saponina de quinoa que se cultivan en el departamento del Cauca, con el fin de analizar y comprobar de manera experimental las propiedades tecnológicas y funcionales, según la línea de investigación que se requiera seguir, logrando así generar documentos que recopilen información completa sobre la producción local.

Realizar estudios experimentales sobre las propiedades emulsificantes y espumantes de las saponinas para poder determinar la efectividad, resistencia y estabilidad de estos compuestos con el fin de desarrollar productos que la ingeniería agroindustrial requiere actualmente.

Llevar a cabo un análisis bibliométrico que recopile toda la información sobre la toxicidad estudiada tanto en animales como en humanos para poder dar una perspectiva más clara sobre este tema.

Efectuar un estudio experimental que determine la capacidad antioxidante total de una especie de quinua cultivada en el territorio del Cauca para realizar una comparación que permita verificar la información aquí encontrada.

6.BIBLIOGRAFÍA

Abugoch James, L. E. (2009). Chapter 1 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Advances in Food and Nutrition Research*, 1–31. doi:10.1016/s1043-4526(09)58001-1

Ahamed, N. T., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R., & Pal, M. (1998). A Lesser-Known Grain, *Chenopodium Quinoa*: Review of the Chemical Composition of its Edible Parts. *Food and Nutrition Bulletin*, 19(1), 61–70. doi:10.1177/156482659801900110

Ali S, Chattha MU, Hassan MU, et al. Growth, Biomass Production, and Yield Potential of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as Affected by Planting Techniques Under Irrigated Conditions. *Int J Plant Prod*. 2020;14(3):427-441. doi:10.1007/s42106-020-00094-5

Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 21(2), 106–113. doi:10.1016/j.tifs.2009.10.014

Alvarez-Marin A, Castillo-Vergara M, Geldes-González C. Análisis Bibliométrico de la Realidad Aumentada y su Relación con la Administración de Negocios. *Inf Technol*. 2017;28(4):57-66. doi:10.4067/S0718-07642017000400008

ANDO, H., CHEN, Y.-C., TANG, H., SHIMIZU, M., WATANABE, K., & MITSUNAGA, T. (2002). Food Components in Fractions of Quinoa Seed. *Food Science and Technology Research*, 8(1), 80–84. doi:10.3136/fstr.8.80

Aswathanarayan, J. B., & Vittal, R. R. (2019). Nanoemulsions and their potential applications in food industry. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3 doi:10.3389/fsufs.2019.00095

Ballegaard, A. S. R., Larsen, J. M., Rasmussen, P. H., Untersmayr, E., Pilegaard, K., & Bøgh, K. L. (2021). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds Increase Intestinal Protein Uptake. *Molecular Nutrition and Food Research*, 65(13), 1–10. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202100102>

Betti, A. H., Fleck, J. D., & Verza, S. G. (2016). Saponins: Occurrence in nature and biological activities. *Saponins: Types, sources and research* (pp. 1-36)

Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa*—An Indian perspective. *Industrial Crops and Products*, 23(1), 73–87. doi:10.1016/j.indcrop.2005.04.002

Bhinder, S., Kumari, S., Singh, B., Kaur, A., & Singh, N. (2021). Impact of germination on phenolic composition, antioxidant properties, antinutritional factors, mineral content and Maillard reaction products of malted quinoa flour. *Food Chemistry*, 346(October 2020), 128915. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128915>

Bonfiglio G V., Wierna R V., Bonini NA, Armada M, Goldner MC. Study of bitterness perception of quinoa (*Chenopodium quinoa* wild.) saponin extracts. J Cereal Sci. 2020;95(May):103032. <https://doi:10.1016/j.jcs.2020.103032>

Camero-Escoba G, Calderón-Calderón H. Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva para la producción de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*) en el departamento del Huila, Colombia. Rev Investig Desarro E INNOVACIÓN. 2018;9(1):19-31. doi:10.19053/20278306.v9.n1.2018.8504

Capraro J, De Benedetti S, Di Dio M, Bona E, Abate A, Corsetto PA, Scarafoni A. Characterization of Chenopodin Isoforms from Quinoa Seeds and Assessment of Their Potential Anti-Inflammatory Activity in Caco-2 Cells. Biomolecules. 2020; 10(5):795. <https://doi.org/10.3390/biom10050795>

Castillo-Ruiz M, Cañon-Jones H, Schlotterbeck T, Lopez MA, Tomas Á, San Martín R. Safety and efficacy of quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins derived molluscicide to control of *Pomacea maculata* in rice fields in the Ebro Delta, Spain. Crop Prot. 2018;111(April):42-49. <https://doi:10.1016/j.cropro.2018.04.016>

Chapagain, B. P., Wiesman, Z., & Tsrer (Lahkim), L. (2007). In vitro study of the antifungal activity of saponin-rich extracts against prevalent phytopathogenic fungi. Industrial Crops and Products, 26(2), 109–115. doi:10.1016/j.indcrop.2007.02.005

Chauhan, G. S., Cui, W., & Eskin, N. A. M. (1999). Effect of saponin on the surface properties of quinoa proteins. *International Journal of Food Properties*, 2(1), 13–22. doi:10.1080/10942919909524586

Cheok, C. Y., Salman, H. A. K., & Sulaiman, R. (2014). Extraction and quantification of saponins: A review. *Food Research International*, 59, 16-40. doi:10.1016/j.foodres.2014.01.057

Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of Informetrics*, 5(1), 146–166. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002>

Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2012). SciMAT: A new science mapping analysis software tool. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(8), 1609–1630. <https://doi.org/10.1002/asi.22688>

Dakhili, S., Abdolalizadeh, L., Hosseini, S. M., Shojaee-Aliabadi, S., & Mirmoghtadaie, L. (2019). Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. *Food Chemistry*, 299 doi:10.1016/j.foodchem.2019.125161

Delfín, M., & Pirela, G. (2017). Herramienta de software para el análisis bibliométrico y de redes de producción científica. *Códices*, 13(1), 109–125. cnb.gov.co/codices/online/Vol13-2017I/VI.pdf

De Groot, C., & Müller-Goymann, C. C. (2016). Saponin interactions with model membrane systems - langmuir monolayer studies, hemolysis and formation of ISCOMs. *Planta Medica*, 82(18), 1496-1512. doi:10.1055/s-0042-118387

Dinda, B., Debnath, S., Mohanta, B. C., & Harigaya, Y. (2010). Naturally Occurring Triterpenoid Saponins. *Chemistry & Biodiversity*, 7(10), 2327–2580. doi:10.1002/cbdv.200800070

Dong, S., Yang, X., Zhao, L., Zhang, F., Hou, Z., & Xue, P. (2020). Antibacterial activity and mechanism of action saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. husks against foodborne pathogenic bacteria. *Industrial Crops and Products*, 149, 112350.

El Hazzam, K., Hafsa, J., Sobeh, M., Mhada, M., Taourirte, M., Kacimi, K. E. L., & Yasri, A. (2020). An insight into saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A review. *Molecules*, 25(5), 1–22. <https://doi.org/10.3390/molecules25051059>

Escribano, J., Cabanes, J., Jiménez-Atiénzar, M., Ibañez-Tremolada, M., Gómez-Pando, L. R., García-Carmona, F., & Gandía-Herrero, F. (2017). Characterization of betalains, saponins and antioxidant power in differently colored quinoa (*chenopodium quinoa*) varieties. *Food Chemistry*, 234, 285-294. doi:10.1016/j.foodchem.2017.04.187

Espinoza C. R., Jaime Ruiz C. A., Flores Ramos O. P., Quispe Solano M. A., Hinostroza Quiñonez G., Saavedra Mallma N. E. (2021). Optimization of the ultrasoud-assisted extraction of saponins from quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild)

using response surface methodology. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 20 (1), 17-23
<https://doi.org/10.17306/J.AFS.2021.0859>

Filho, A. M. M., Pirozi, M. R., Borges, J. T. D. S., Pinheiro Sant'Ana, H. M., Chaves, J. B. P., & Coimbra, J. S. D. R. (2017). Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8), 1618-1630. doi:10.1080/10408398.2014.1001811

Fiallos-Jurado, J., Pollier, J., Moses, T., Arendt, P., Barriga-Medina, N., Morillo, E., . . . Leon-Reyes, A. (2016). Saponin determination, expression analysis and functional characterization of saponin biosynthetic genes in *chenopodium quinoa* leaves. *Plant Science*, 250, 188-197. doi:10.1016/j.plantsci.2016.05.015

Francis, G., Kerem, Z., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2002). The biological action of saponins in animal systems: a review. *British Journal of Nutrition*, 88(06), 587-605. doi:10.1079/bjn2002725

Fuchs, H., Bachran, D., Panjideh, H., Schellmann, N., Weng, A., Melzig, M. F., Sutherland, M., & Bachran, C. (2009). Saponins as tool for improved targeted tumor therapies. *Current drug targets*, 10(2), 140–151. <https://doi.org/10.2174/138945009787354584>

Galwey, N. W. (1992). The potential of quinoa as a multi-purpose crop for agricultural diversification: a review. *Industrial Crops and Products*, 1(2-4), 101–106. doi:10.1016/0926-6690(92)90006-h

Gan, R. -, Lui, W. -, Wu, K., Chan, C. -, Dai, S. -, Sui, Z. -, & Corke, H. (2017). Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science and Technology*, 59, 1-14. doi:10.1016/j.tifs.2016.11.010

García-Parra M, García-Molano J, Deaquiz-Oyola Y. Physiological performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under agricultural climatic conditions in Boyaca, Colombia. *Agron Colomb*. 2019;37(2):160-168. doi:10.15446/agron.colomb.v37n2.76219

García-Parra MA, Stechauner-Rohringer R, Garcia-Molano JF, Ortiz-Gonzalez D. Analysis of the growth and morpho-physiological performance of three cultivars of Colombian quinoa grown under a greenhouse. *Rev Ciencias Agroveterinarias*. 2020;19(1):73-83 <https://doi:10.5965/223811711912020073>

García-Villar C, García-Santos JM, Indicadores bibliométricos para evaluar la actividad científica. *Radiología*. 2021;63:228–235

Gil-Ramirez, A., Salas-Veizaga, D. M., Grey, C., Karlsson, E. N., Rodriguez-Meizoso, I., & Linares-Pastén, J. A. (2018). Integrated process for sequential extraction of saponins, xylan and cellulose from quinoa stalks (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Industrial Crops and Products*, 121(January), 54–65. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.074>

Gómez-Caravaca, A. M., Iafelice, G., Verardo, V., Marconi, E., & Caboni, M. F. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 157, 174-178. doi:10.1016/j.foodchem.2014.02.023

González-Centeno, M. R., Comas-Serra, F., Femenia, A., Rosselló, C., & Simal, S. (2015). Effect of power ultrasound application on aqueous extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity from grape pomace (*Vitis vinifera* L.): Experimental kinetics and modeling. *Ultrasonics Sonochemistry*, 22, 506-514. doi:10.1016/j.ultsonch.2014.05.027

Góral, I., & Wojciechowski, K. (2020). Surface activity and foaming properties of saponin-rich plants extracts. In *Advances in Colloid and Interface Science* (Vol. 279). <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102145>

Graf, B. L., Poulev, A., Kuhn, P., Grace, M. H., Lila, M. A., & Raskin, I. (2014). Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds with anti-diabetic properties. *Food Chemistry*, 163, 178-185. doi:10.1016/j.foodchem.2014.04.088

Graf, B. L., Rojas-Silva, P., Rojo, L. E., Delatorre-Herrera, J., Baldeón, M. E., & Raskin, I. (2015). Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(4), 431-445. doi:10.1111/1541-4337.12135

Graf, B. L., Rojas-silva, P., Ciencias, F. De, Salud, D., Delatorre-herrera, J., Recursos, F. De, & Renovables, N. (2016). HHS Public Access. 14(4), 431–445. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12135>. Innovations

GS Chauhan, W. Cui y NAM Eskin (1999) Efecto de la saponina en las propiedades superficiales de las proteínas de la quinoa, *International Journal of Food Properties*, 2:1, 13-22, doi: 10.1080/10942919909524586

Güçlü-Üstündağ, Ö., & Mazza, G. (2007). Saponins: Properties, Applications and Processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(3), 231–258. doi:10.1080/10408390600698197

Han, Y., Chi, J., Zhang, M., Zhang, R., Fan, S., Huang, F., ... Liu, L. (2019). Characterization of saponins and phenolic compounds: antioxidant activity and inhibitory effects on α -glucosidase in different varieties of colored quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 1–12. doi:10.1080/09168451.2019.1638756

Hemalatha, P., Bomzan, D. P., Sathyendra Rao, B. V., & Sreerama, Y. N. (2016). Distribution of phenolic antioxidants in whole and milled fractions of quinoa and their inhibitory effects on α -amylase and α -glucosidase activities. *Food Chemistry*, 199, 330-338. doi:10.1016/j.foodchem.2015.12.025

Hinojosa, L., González, J. A., Barrios-Masias, F. H., Fuentes, F., & Murphy, K. M. (2018). Quinoa abiotic stress responses: A review. *Plants*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/plants7040106>

Hsieh, C. -, Martínez-Villaluenga, C., de Lumen, B. O., & Hernández-Ledesma, B. (2018). Updating the research on the chemopreventive and therapeutic role of the

peptide lunasin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(6), 2070-2079.
doi:10.1002/jsfa.8719

Hu Y, Zhang J, Zou L, Fu C, Li P, Zhao G. Chemical characterization, antioxidant, immune-regulating and anticancer activities of a novel bioactive polysaccharide from *Chenopodium quinoa* seeds. *Int J Biol Macromol.* 2017;99:622-629.
doi:10.1016/j.ijbiomac.2017.03.019

Hussain, M., Debnath, B., Qasim, M., Steve Bamisile, B., Islam, W., Hameed, M. S., . . . Qiu, D. (2019). Role of saponins in plant defense against specialist herbivores. *Molecules*, 24(11) doi:10.3390/molecules24112067

Janssen, F., Pauly, A., Rombouts, I., Jansens, K. J. A., Deleu, L. J., & Delcour, J. A. (2017). Proteins of amaranth (*amaranthus* spp.), buckwheat (*fagopyrum* spp.), and quinoa (*chenopodium* spp.): A food science and technology perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 39-58.
doi:10.1111/1541-4337.12240

Jarvis, D. E., Ho, Y. S., Lightfoot, D. J., Schmöckel, S. M., Li, B., Borm, T. J. A., . . . Tester, M. (2017). The genome of *Chenopodium quinoa*. *Nature*, 542(7641), 307-312. doi:10.1038/nature21370

Jurek, I., Góral, I., Geśiński, K., & Wojciechowski, K. (2019). Effect of saponins from quinoa on a skin-mimetic lipid monolayer containing cholesterol. In *Steroids* (Vol. 147, pp. 52–57). <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2018.11.008>

Koziol, M. J. (1991). Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 54(2), 211–219. doi:10.1002/jsfa.2740540206

Kuljanabhagavad, T., & Wink, M. (2009). Biological activities and chemistry of saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. *Phytochemistry Reviews*, 8(2), 473–490. doi:10.1007/s11101-009-9121-0

Le, L., Gong, X., An, Q., Xiang, D., Zou, L., Peng, L., Wu, X., Tan, M., Nie, Z., Wu, Q., Zhao, G., & Wan, Y. (2021). Quinoa sprouts as potential vegetable source: Nutrient composition and functional contents of different quinoa sprout varieties. *Food Chemistry*, 357(April). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129752>

Letelier, M. E., Rodríguez-Rojas, C., Sánchez-Jofré, S., & Aracena-Parks, P. (2011). Surfactant and antioxidant properties of an extract from *Chenopodium quinoa* Willd seed coats. *Journal of Cereal Science*, 53(2), 239–243. doi:10.1016/j.jcs.2010.12.006

Li, G., & Zhu, F. (2017). Physicochemical properties of quinoa flour as affected by starch interactions. *Food Chemistry*, 221, 1560-1568. doi:10.1016/j.foodchem.2016.10.137

Lim JG, Park HM, Yoon KS. Analysis of saponin composition and comparison of the antioxidant activity of various parts of the quinoa plant (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Sci Nutr*. 2020;8(1):694-702. doi:10.1002/fsn3.1358

Lin, B., Qi, X., Fang, L., Zhao, L., Zhang, R., Jing, J., Zhang, S., Yang, X., Hou, Z., & Xue, P. (2021). In vivo acute toxicity and mutagenic analysis of crude saponins from *Chenopodium quinoa* Willd husks. RSC Advances, 11(8), 4829–4841. <https://doi.org/10.1039/d0ra10170b>

Liu, X. (2013). Full-Text Citation Analysis : A New Method to Enhance. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 64(July), 1852–1863. <https://doi.org/10.1002/asi>

Liu J, Wang Z, Wang Z, et al. Physicochemical and functional properties of soluble dietary fiber from different colored quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* Willd). J Cereal Sci. 2020;95(March):103045. <https://doi:10.1016/j.jcs.2020.103045>

Lotfalian Dehkordi, A., & Forootan, M. (2020). Estimation of energy flow and environmental impacts of quinoa cultivation through life cycle assessment methodology. Environmental Science and Pollution Research, 27(17), 21836–21846. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08576-9>

Lopez Lugano M, (2013).Saponosidos. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699

Lozano M, Ticona E, Carrasco C, Flores Y, Almanza GR. Cuantificación De Saponinas En Residuos De Quinoa Real *Chenopodium quinoa* Willd. Rev Boliv Química. 2012;29(2):128-135

Ma, X., Jiang, Y., Wen, J., Zhao, Y., Zeng, J., & Guo, Y. (2020). *A comprehensive review of natural products to fight liver fibrosis: Alkaloids, terpenoids, glycosides, coumarins and other compounds*. *European Journal of Pharmacology*, 173578. doi:10.1016/j.ejphar.2020.173578

Mahato, S. B., & Nandy, A. K. (1991). Triterpenoid saponins discovered between 1987 and 1989. *Phytochemistry*, 30(5), 1357–1390. doi:10.1016/0031-9422(91)84170-w

Manjarres-Hernández EH, Morillo-Coronado AC, Ojeda-Pérez ZZ, Cárdenas-Chaparro A, Arias-Moreno DM. Characterization of the yield components and selection of materials for breeding programs of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Euphytica*. 2021;217(6):1-14. doi:10.1007/s10681-021-02837-5

Marrelli, M., Conforti, F., Araniti, F., & Statti, G. A. (2016). Effects of saponins on lipid metabolism: A review of potential health benefits in the treatment of obesity. *Molecules*, 21(10). <https://doi.org/10.3390/molecules21101404>

Martínez-Villaluenga, C., Peñas, E., & Hernández-Ledesma, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137 doi:10.1016/j.fct.2020.111178

McCartney, N., Ahumada, M., Muñoz, M., Rosales, I., Fierro, A., Chorbadjian R. (2019). Effects of saponin-rich quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bran and bran

extract in diets of adapted and non-adapted quinoa pests in laboratory bioassays. *Ciencias e Investigación Agraria*. 46(2):125-136.

Medina-Meza, I. G., Aluwi, N. A., Saunders, S. R., & Ganjyal, G. M. (2016). GC-MS profiling of triterpenoid saponins from 28 quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.) grown in Washington state. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(45), 8583-8591. doi:10.1021/acs.jafc.6b02156

Mei, J., Ma, X., & Xie, J. (2019). Review on natural preservatives for extending fish shelf life. *Foods*, 8(10) doi:10.3390/foods8100490

Melini V, Melini F. Functional Components and Anti-Nutritional Factors in Gluten-Free Grains: A Focus on Quinoa Seeds. *Foods*. 2021; 10(2):351. <https://doi.org/10.3390/foods10020351>

Mhada, M., Metougui, M., El Hazzam, K., El Kacimi, K., & Yasri, A. (2020). Variations of Saponins, Minerals and Total Phenolic. *Foods*, 9, 1–16.

Moses, T., Papadopoulou, K. K., & 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:10.3109/10409238.2014.953628

Navarro del Hierro, J., Cueva, C., Tamargo, A., Nuñez, E., Moreno-Arribas, M. V., Reglero, G. J., & Martín, D. (2019). In vitro colonic fermentation of saponin-rich

extracts from quinoa, lentil and fenugreek. Effect on saponins yield and human gut microbiota. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. doi:10.1021/acs.jafc.9b05659

Navarro del Hierro, J., Herrera, T., Fornari, T., Reglero, G., & Martin, D. (2018). The gastrointestinal behavior of saponins and its significance for their bioavailability and bioactivities. *Journal of Functional Foods*, 40, 484-497. doi:10.1016/j.jff.2017.11.032

Navarro del Hierro, J., Herrera, T., García-Risco, M. R., Fornari, T., Reglero, G., & Martin, D. (2018). Ultrasound-assisted extraction and bioaccessibility of saponins from edible seeds: Quinoa, lentil, fenugreek, soybean and lupin. *Food Research International*, 109, 440-447. doi:10.1016/j.foodres.2018.04.058

Navruz-Varli, S., & Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69, 371-376. doi:10.1016/j.jcs.2016.05.004

Nickel, J., Spanier, L. P., Botelho, F. T., Gularte, M. A., & Helbig, E. (2016). Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grains. *Food Chemistry*, 209, 139-143. doi:10.1016/j.foodchem.2016.04.031

Norouzpour, M., Nabipour, M., Azdarpour, A., Akhondzadeh, H., Santos, R., Keshavarz, A. (2022). Experimental investigation of the effect of a quinoa-derived saponin-based green natural surfactant on enhanced oil recovery. *Fuel*. 318. doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123652

Nowak, V., Du, J. y Charrondièere, UR (2016). Evaluación de la composición nutricional de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Química de los alimentos, 193, 47–54. doi:10.1016/j.foodchem.2015.02.111

Nowak, V., Du, J., & Charrondièere, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Chemistry, 193, 47-54. doi:10.1016/j.foodchem.2015.02.111

Oleszek, M., & Oleszek, W. (2020). Saponins in Food. In Handbook of Dietary Phytochemicals. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1745-3_34-1

Osmanlioğlu Dağ R, Gençler Özkan AM. A review on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ankara Univ Eczac Fak Derg. 2019;43(3):309-333. doi:10.33483/jfpau.487757

Parra, M. Á. G., & Leguizamón, N. Z. P. (2018). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) inagrarian production systems. Produccion y Limpia, 13(1), 112–119. <https://doi.org/10.22507/pml.v13n1a6>

Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. Industrial Crops and Products, 111, 38-46. doi:10.1016/j.indcrop.2017.10.006

Pereira E, Cadavez V, Barros L, et al. *Chenopodium quinoa* Willd. (quinoa) grains: A good source of phenolic compounds. *Food Res Int.* 2020;137(May):109574. <https://doi:10.1016/j.foodres.2020.109574>

Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., & C.F.R. Ferreira, I. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chemistry*, 280, 110-114. doi:10.1016/j.foodchem.2018.12.068

Ramos Diaz, J. M., Suuronen, J. -, Deegan, K. C., Serimaa, R., Tuorila, H., & Jouppila, K. (2015). Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. *LWT*, 64(2), 1047-1056. doi:10.1016/j.lwt.2015.07.011

Reguera, M., Conesa, C. M., Gil-Gómez, A., Haros, C. M., Pérez-Casas, M. A., Briones-Labarca, V., . . . Bascuñán-Godoy, L. (2018). The impact of different agroecological conditions on the nutritional composition of quinoa seeds. *PeerJ*, 2018(3) doi:10.7717/peerj.4442

Ridout, C. L., Price, K. R., Dupont, M. S., Parker, M. L., & Fenwick, G. R. (1991). Quinoa saponins—analysis and preliminary investigations into the effects of reduction by processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 54(2), 165–176. doi:10.1002/jsfa.2740540202

Rodríguez, J. P., Rahman, H., Thushar, S., & Singh, R. K. (2020). Healthy and resilient cereals and pseudo-cereals for marginal agriculture: Molecular advances for improving nutrient bioavailability. *Frontiers in Genetics*, 11 doi:10.3389/fgene.2020.00049

Ruales, J., Nair, BM Calidad nutricional de la proteína en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Alimento vegetal Hum Nutr* 42, 1–11 (1992). <https://doi.org/10.1007/BF02196067>

Ruiz, G. A., Xiao, W., Van Boekel, M., Minor, M., & Stieger, M. (2016). Effect of extraction pH on heat-induced aggregation, gelation and microstructure of protein isolate from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry*, 209, 203-210. doi:10.1016/j.foodchem.2016.04.052

Ruiz, K. B., Khakimov, B., Engelsen, S. B., Bak, S., Biondi, S., & Jacobsen, S. E. (2017). Quinoa seed coats as an expanding and sustainable source of bioactive compounds: An investigation of genotypic diversity in saponin profiles. *Industrial Crops and Products*, 104(September 2016), 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.04.007>

San Martín, R., Ndjoko, K., & Hostettmann, K. (2008). Novel molluscicide against *Pomacea canaliculata* based on quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins. *Crop Protection*, 27(3-5), 310–319. doi:10.1016/j.cropro.2007.03.015

Shixia Dong, Xiushi Yang, Lei Zhao, Fengxiang Zhang, Zhaohua Hou, P. X. (2020). Antibacterial activity and mechanism of action saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. husks against foodborne pathogenic bacteria. *Industrial Crops and Products*, 149(Antibacterial activity and mechanism of action saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. husks against foodborne pathogenic bacteria,). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112350>.

Silin, D. S., Lyubomska, O. V., Jirathitikal, V., & Bourinbaiar, A. S. (2007). Oral vaccination: where we are? *Expert Opinion on Drug Delivery*, 4(4), 323–340. doi:10.1517/17425247.4.4.323

Simnadis, TG, Tapsell, LC y Beck, EJ (2015). Efectos fisiológicos asociados con el consumo de quinua e implicaciones para la investigación con seres humanos: una revisión. *Alimentos vegetales para la nutrición humana*, 70(3), 238–249. doi:10.1007/s11130-015-0506-5

Stuardo, M., & San Martín, R. (2008). Antifungal properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) alkali treated saponins against *Botrytis cinerea*. *Industrial Crops and Products*, 27(3), 296–302. doi:10.1016/j.indcrop.2007.11.00

Suárez-Estrella, D., Torri, L., Pagani, M. A., & Marti, A. (2018). Quinoa bitterness: Causes and solutions for improving product acceptability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(11), 4033-4041. doi:10.1002/jsfa.8980

Sun, H. X., Xie, Y., & Ye, Y. P. (2009). Advances in saponin-based adjuvants. *Vaccine*, 27(12), 1787–1796. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.01.091>

Sun, X., Yang, X., Xue, P., Zhang, Z., & Ren, G. (2019). Improved antibacterial effects of alkali-transformed saponin from quinoa husks against halitosis-related bacteria. *BMC complementary and alternative medicine*, 19(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2455-2>

Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., & Tsao, R. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 166, 380-388. doi:10.1016/j.foodchem.2014.06.018

Tang, Y., & Tsao, R. (2017). Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: A review. *Molecular Nutrition and Food Research*, 61(7) doi:10.1002/mnfr.201600767

Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., & Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(23-24), 9263-9275. doi:10.1007/s00253-019-10175-

Tongnuanchan, P., Benjakul, S., Prodpran, T., Pisuchpen, S., & Osako, K. (2016). Mechanical, thermal and heat sealing properties of fish skin gelatin film containing palm oil and basil essential oil with different surfactants. *Food Hydrocolloids*, 56, 93-107. doi:10.1016/j.foodhyd.2015.12.005

Trigo M, Rodríguez A, Dovale G, Pastén A, Vega-Gálvez A, Aubourg SP. The effect of glazing based on saponin-free quinoa (*Chenopodium quinoa*) extract on the lipid quality of frozen fatty fish. *Lwt.* 2018;98(June):231-236. <https://doi:10.1016/j.lwt.2018.08.031>

Tundis R, Bonesi M, Deguin B, Loizzo M, Menichini F, Conforti F, Tillequin F, Menichini F. (2009). Cytotoxic activity and inhibitory effect on nitric oxide production of triterpene saponins from the roots of *Physospermum verticillatum* (Waldst & Kit) (Apiaceae), *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 17(13): 4542-4547. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2009.05.006>.

Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541–2547. doi:10.1002/jsfa.4158

Verza, S. G., De Resende, P. E., Kaiser, S., Quirici, L., Teixeira, H. F., Gosmann, G., . . . Ortega, G. G. (2012). Micellar aggregates of saponins from *Chenopodium quinoa*: Characterization by dynamic light scattering and transmission electron microscopy. *Pharmazie*, 67(4), 288-292. doi:10.1691/ph.2012.1102

Wang, S., & Zhu, F. (2016). Formulation and quality attributes of quinoa food products. *Food and Bioprocess Technology*, 9(1), 49-68. doi:10.1007/s11947-015-1584-y

Woldemichael, G. M., & Wink, M. (2001). Identification and Biological Activities of Triterpenoid Saponins from *Chenopodium quinoa*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5), 2327–2332. doi:10.1021/jf0013499

Zhang, R., Zhai, Q., Yu Y., Li, X., Zhang, f., Hou, Z. Cao, Y., Feng, J., Xue, p. (2022). Safety assessment of crude saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. husks: 90-day oral toxicity and gut microbiota & metabonomics study in rats. *Food Chemistry*, 375. doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131655

Zurita-Silva, A., Fuentes, F., Zamora, P., Jacobsen, S. E., & Schwember, A. R. (2014). Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Potential and perspectives. *Molecular Breeding*, 34(1), 13–30. <https://doi.org/10.1007/s11032-014-0023-5>