

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO DE MANABI"
MAESTRIA EN AGROINDUSTRIA CON MENCION EN CALIDAD Y SEGURIDAD
ALIMENTARIA COHORTE IV
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGIAS

ING. KLEVER JOSE DELGADO MOREIRA
UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO DE MANABI"
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6958-3463>
CORREO: kleverj.delgado@pg.uileam.edu.ec

ROY LEONARDO ZAMBRANO BARRE
UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO DE MANABI"
DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS - ESPECIALIDAD CIENCIA Y TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS (EXTENSIÓN CHONE - ÁREA PRODUCTIVA)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4849-3532>
CORREO: roy.barre@uleam.edu.ec

TITULO

"CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA CÁSCARA DE CEBOLLA COLORADA (ALLIUM CEPA L.) "

RESUMEN

La cáscara de cebolla colorada (*Allium cepa* L.), hasta hace poco tiempo considerado un residuo agroindustrial ha suscitado un interés científico en vista a su potencial como fuente de compuestos bioactivos con aplicaciones en procesos biotecnológicos e industriales, el objetivo del presente trabajo de investigación ha sido caracterizar los principales compuestos bioactivos en extractos de cáscara de cebolla colorada incorporando en nuestra revisión sistemática de la literatura científica metodologías de extracción de compuestos bioactivos en cáscara de cebolla colorada ya reportadas en la literatura científica.

Para ello, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura científica, basada en estudios publicados entre 2015 y 2025, consultando bases de datos como Scopus, PubMed, ScienceDirect y Google Scholar y estableciendo criterios de selección de los principales estudios científicos que tratan aspectos como aislamiento fitoquímico, métodos de extracción y caracterización de compuestos en *Allium cepa* L.

Los resultados recabados evidencian que la cáscara de la cebolla colorada supone una fuente de compuestos bioactivos, alta en flavonoides (quercetina y kaempferol), compuestos fenólicos, compuestos azufrados, taninos y alcaloides, así como que los métodos de extracción asistida (ultrasonido y técnicas combinadas) son más eficientes para obtener este tipo de metabolitos en comparación con métodos de extracción tradicionales (maceración).

A partir del análisis de la literatura, se otorga importancia relativa (probablemente considerable) a los compuestos bioactivos que clasificarían de acuerdo con su naturaleza química y el tipo de metabolismo general que se les atribuye, cuando menos desde el punto de vista teórico, permitiendo estructurar y facilitar la comprensión de la información de cara a las aplicaciones tecnológicas futuras.

Se concluye que la cáscara de cebolla colorada representa una interesante fuente de compuestos bioactivos con potencial de valorización en la industria biotecnológica, farmacéutica y alimentaria; es una forma de poder aprovechar los subproductos propios de la agroindustria.

Palabras clave: Allium cepa L., compuestos bioactivos, flavonoides, extracción, cáscara de cebolla, caracterización química.

ABSTRACT

The peel of red onion (*Allium cepa* L.), until recently considered an agro-industrial waste product, has aroused scientific interest due to its potential as a source of bioactive compounds with applications in biotechnological and industrial processes. The objective of this research was to characterize the main bioactive compounds in red onion peel extracts, incorporating into our systematic review of the scientific literature methodologies for extracting bioactive compounds from red onion peel that have already been reported.

To this end, a systematic review of scientific literature was conducted, based on studies published between 2015 and 2025, consulting databases such as Scopus, PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar. Selection criteria were established for the main scientific studies addressing aspects such as phytochemical isolation, extraction methods, and characterization of compounds in *Allium cepa* L.

The results obtained demonstrate that red onion peel is a source of bioactive compounds, high in flavonoids (quercetin and kaempferol), phenolic compounds, sulfur compounds, tannins, and alkaloids. Furthermore, assisted extraction methods (ultrasound and combined techniques) are more efficient for obtaining these types of metabolites compared to traditional extraction methods (maceration).

Based on a review of the literature, bioactive compounds are considered relatively important (likely considerable), classifying them according to their chemical nature and the type of general metabolism attributed to them, at least from a theoretical standpoint. This classification allows for structuring and facilitating the understanding of information for future technological applications.

It is concluded that red onion peel represents an interesting source of bioactive compounds with potential for valorization in the biotechnology, pharmaceutical, and food industries; it offers a way to utilize byproducts of the agro-industry.

Keywords: Allium cepa L., bioactive compounds, flavonoids, extraction, onion peel, chemical characterization.

MARCO TEORICO

La cebolla colorada (*Allium cepa* L.) es una de las hortalizas más consumidas en el mundo, no solo por sus propiedades organolépticas, sino también por su valor nutritivo y contenido en compuestos bioactivos. Diferentes investigaciones han corroborado la presencia de una gran cantidad de metabolitos secundarios de este vegetal con beneficios para el ser humano (Alok Sagar et al., 2022). Entre sus componentes más destacables existen los flavonoides, los compuestos fenólicos y los compuestos azufrados que tienen una relevante función hacia la prevención de enfermedades crónicas (Jerez Vilte et al., 2017). En este sentido, la cebolla colorada presenta concentraciones más elevadas de estos compuestos en comparación con las otras variantes, especialmente en sus capas o cáscara, considerada como un subproducto agroindustrial con gran potencial funcional (Stoica et al., 2023).

Compuestos bioactivos: definición y relevancia.

Los compuestos bioactivos son compuestos presentes en nuestros alimentos, que; aunque no son esenciales para la nutrición básica, sí pueden producir efectos favorables para la salud porque intervienen en los procesos físicos y metabólicos (Urrialde et al., 2022). Los compuestos bioactivos pueden ejercer acciones como antioxidantes, moduladores del sistema inmune y reguladores del metabolismo, previniendo así enfermedades no transmisibles como la diabetes, enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Samtiya et al., 2021). En líneas generales, en relación con los vegetales, los compuestos bioactivos incluyen flavonoides, polifenoles, carotenoides y compuestos azufrados que funcionan principalmente inhibiendo el estrés oxidativo y la inflamación (Miguel et al., 2023).

Principales compuestos bioactivos en la cascara de la cebolla colorada.

Flavonoides.

Los flavonoides son uno de los grupos de compuestos bioactivos más importantes de la cebolla. La quercetina es el flavonoide más abundante y ampliamente estudiado en la cebolla y presenta una importante capacidad antioxidante (Alok Sagar et al., 2022). La quercetina actúa neutralizando radicales libres, limitando el daño celular, modularizando procesos inflamatorios, siendo por ello uno de los compuestos más relevantes en la prevención del síndrome metabólico (Cárdenas Rivas et al., 2019).

Compuestos fenólicos.

Los compuestos fenólicos, entre los que se incluyen por ejemplo los ácidos fenólicos, suponen una importante contribución a la capacidad antioxidante del injerto o de la cebolla. Actúan como donadores de electrones, estabilizando especies reactivas de oxígeno, evitando así el daño oxidativo (Liguori et al., 2017). Su ingesta ha sido asociada en la bibliografía a la reducción del riesgo de enfermedades crónicas, especialmente aquéllas de las que son responsables el envejecimiento celular y el daño oxidativo.

Compuestos azufrados.

Los compuestos azufrados son los responsables del olor característico de la cebolla, pero también poseen propiedades biológicas interesantes. Entre ellos cabe resaltar la alicina, la cual presenta efectos antimicrobianos, antiinflamatorios y cardioprotectores (Carbajal Azcona, 2016). Estos compuestos han demostrado intervenir en los mecanismos de regulación del metabolismo lipídico y glucémico, por lo que pueden ser considerados como importantes elementos que intervienen en la prevención de enfermedades metabólicas.

Otros compuestos bioactivos.

Si bien hemos presentado algunos compuestos, la cebolla también tiene taninos, alcaloides y saponinas, los cuales tienen capacidad antioxidante y antimicrobiana (Moncayo Naula y Sivipasa Pinos, 2024); aunque menos analizados, estos compuestos en su mayoría contribuyen de manera sinérgica a los efectos funcionales que tiene la cebolla.

Métodos de extracción de los compuestos bioactivos

La obtención de los compuestos bioactivos depende en gran medida del método de extracción utilizado. Los más comúnmente utilizados son la maceración, la sonicación y la extracción asistida por ultrasonido. Estudios han llegado a determinar que las técnicas UVC (ultrasonido, vortex y centrifugación) obtienen mayores concentraciones en comparación con técnicas más tradicionales (Fajardo-Romero et al., 2016), al igual que el uso de un solvente, por ejemplo, etanol al 70% ha mostrado ser eficaz para la extracción de compuestos fenólicos optimizando la calidad y rendimiento del extracto (Jiménez Barrantes y Mosquera Monroy, 2023).

Propiedades biológicas de los compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos que presenta la cebolla colorada muestran propiedades biológicas muy diversas que colaboran con el estado de salud de las personas. Entre las más resaltantes están las siguientes:

- **Actividad antioxidante:** neutralización de radicales libres y reducción del estrés oxidativo.
- **Actividad antiinflamatoria:** modulación de los mediadores inflamatorios.
- **Actividad antidiabética:** regulación de los niveles de glucosa en sangre.
- **Actividad cardio protectora:** mejora del perfil lipídico y reducción del riesgo cardiovascular. Estas propiedades han sido documentadas extensamente en estudios in vitro e in vivo, evidenciando así el poder terapéutico de estos compuestos (Yannick Dimitry et al., 2021; Stoica et al., 2023).

Clasificación funcional de los compuestos bioactivos

De acuerdo con las evidencias científicas estudiadas, se puede clasificar los compuestos bioactivos de la cebolla colorada con respecto a su función metabólica de la siguiente manera:

- Antioxidantes.
- Antiinflamatorios.
- Reguladores del metabolismo.
- Antimicrobianos.

La clasificación permite comprender mejor el efecto sobre la salud, mejorar así su aplicación en la obtención de alimentos funcionales y nutraceuticos.



Flujograma Conceptual 1.- Cáscara de Cebolla

Nota. - Elaboración Propia.

El modelo establece que la cáscara de cebolla actúa como fuente de compuestos bioactivos, estando entre ellos, los flavonoides, compuestos fenólicos y compuestos azufrados, que presentan funciones metabólicas específicas, específicamente actividad antioxidante, antiinflamatoria y reguladora del metabolismo de lípidos y glucosa.

De estas funciones resultan efectos fisiológicos como, por ejemplo, reducción del estrés oxidativo y procesos inflamatorios, así como el mejoramiento del perfil metabólico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la industria agroalimentaria produce grandes cantidades de residuos orgánicos procedentes del procesamiento de vegetales, siendo la cáscara de la cebolla colorada (*Allium cepa* L.) uno de sus residuos. Este subproducto suele ser eliminado sin ser aprovechado industrialmente; a pesar de que varios estudios evidencian la existencia de una alta concentración de compuestos bioactivos con interés químico y tecnológico (Stoica et al., 2023).

Entre estos compuestos bioactivos, se encuentran los flavonoides, los compuestos fenólicos y los compuestos azufrados, los cuales se han ido describiendo con frecuencia en matrices vegetales del género *Allium*. Sin embargo, la gran mayoría de los estudios publicados se han centrado en el bulbo de la cebolla, mientras que el estudio sistemático de su cáscara ha quedado en segundo plano, aunque tiene un alto potencial fitoquímico (Alok Sagar et al., 2022).

Por otra parte, la extracción de estos compuestos depende de manera directa de los procedimientos de extracción empleados, los cuales repercuten en el rendimiento, la estabilidad y la calidad de los metabolitos obtenidos. Así, en la literatura científica se recogen numerosas técnicas extractivas, desde técnicas de extracción clásicas, como la maceración, hasta técnicas extractivas asistidas mediante ultrasonido y técnicas con sistemas combinados, en las cuales se evidencian diferencias significativas a nivel de la eficiencia de extracción (Fajardo-Romero et al., 2016).

No obstante, los avances logrados hoy en día; todavía hay una carencia de reglamentación sobre las prácticas de la extracción y una débil sistematización de la información que existe sobre la constitución fitoquímica de la cáscara de cebolla colorada. Esto hace que sea dispendioso poder establecer comparaciones entre los trabajos y se limiten las potencialidades para el uso de la cáscara de cebolla colorada en diversos contextos, por ejemplo, la biotecnológica, la alimentaria, la obtención de productos de valor añadido, etc.

De este modo, toca hacer hincapié en la necesidad de realizar una revisión sistemática sobre los compuestos bioactivos más relevantes de la cáscara de cebolla colorada, pero también sobre las técnicas de extracción más eficaces que se encuentran en la literatura científica para, de este modo, estructurar la información que existe y saberla transmitir y facilitar su comprensión de cara a futuras aplicaciones tecnológicas.

JUSTIFICACION

El trabajo desarrollado en el contexto de la presente investigación se basa, en primer lugar, desde su justificación científica, que se fundamenta en el aumento del interés de los investigadores en la identificación y caracterización de compuestos bioactivos en matrices vegetales y productos subproductos agroindustriales. Diversos estudios han corroborado que la cáscara de cebolla colorada es una fuente con alta concentración de este tipo de metabolitos secundarios y con relevantes propiedades químicas, lo que la convierte en una fuente de investigación en química de alimentos, en biotecnología, en ciencias biológicas y en ciencias aplicadas (Stoica et al., 2023).

También se ha llegado a la conclusión de que la falta de una clasificación funcional estructurada de este tipo de compuestos dificulta su comprensión holística, lo que hace necesaria la producción de modelos organizativos que tengan en cuenta su naturaleza química. Desde el punto de vista tecnológico, el estudio de los diferentes métodos de extracción de los compuestos bioactivos permite la optimización de los procesos para la obtención eficiente de los metabolitos de interés.

El contraste entre técnicas convencionales y asistidas permite alcanzar un desarrollo de procesos más eficientes, sostenibles y escalables, en particular en la industria biotecnológica y alimentaria (Fajardo-Romero et al., 2016)

La utilización de la cáscara de cebolla colorada como fuente de compuestos bioactivos empieza a ser una alternativa interesante y como posible metodología de valorización agraria, favoreciendo la Economía Circular mediante la transformación de los residuos en materias primas con valor añadido y la obtención de nuevas oportunidades en los sectores productivos que están relacionados con la industria alimentaria, cosmética o farmacéutica (Rico & Martín, 2023). Igualmente, los tipos de estudios son favorables en la utilización de recursos naturales y en disminuir el impacto ambiental de los residuos orgánicos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Caracterizar los compuestos bioactivos de extractos de cáscara de cebolla colorada (*Allium cepa* L.).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar los compuestos bioactivos principales de cáscara de cebolla colorada.
- Analizar los métodos de extracción más eficientes para la extracción de estos.
- Evaluar los efectos biológicos (antioxidantes, antiinflamatorios y metabólicos) que recogen los artículos científicos.

HIPÓTESIS

Los distintos procedimientos de extracción de la cáscara de cebolla colorada (*Allium cepa* L.) afectan de manera significativa la cantidad y calidad de los compuestos bioactivos hallados en ella permitiendo su poder caracterización química e incluso su posible aprovechamiento como materia prima para la generación de productos agroindustriales con valor agregado.

METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo bajo un enfoque cualitativo, mediante un diseño de revisión sistemática de la literatura científica, que permite la recopilación, evaluación y síntesis de manera sistemática de la evidencia del estudio sobre un determinado tema de investigación, garantizando un proceso transparente y reproducible (Moreno et al., 2018).

RESULTADOS

- **Identificación de los principales compuestos bioactivos que están presentes en la cáscara de cebolla colorada:**
El análisis de la literatura científica revisada pone de manifiesto que la cáscara de cebolla colorada (*Allium cepa* L.) contiene un número significativo de compuestos bioactivos, destacando entre ellos los flavonoides, los compuestos fenólicos o también de azufre. De entre los flavonoides, la quercetina es el componente más abundante y el más estudiado, seguido del kaempferol, los cuales, como queda corroborado en diferentes trabajos, son los que han sido presentados con una mayor actividad biológica (Alok Sagar et al., 2022). También se puso de manifiesto la presencia de ácidos fenólicos, los taninos y los alcaloides, los cuales, en sinergia, contribuyen a la actividad en el material vegetal (Moncayo Naula y Sivipasa Pinos, 2024). Los resultados obtenidos demuestran que la cáscara de cebolla tradicionalmente catalogada como un residuo agroindustrial es, en realidad, una fuente rica en compuestos químicos de interés biotecnológico.

- Las técnicas de extracción más eficaces para obtener compuestos bioactivos:**
 El análisis de los estudios que se han considerado ha dejado entrever que la eficiencia en la obtención de compuestos bioactivos está determinada y relacionada con el método de extracción utilizado. Los métodos asistidos por tecnologías como el ultrasonido, vortex y centrifugación (UVC) han demostrado una mayor eficacia en la recuperación de flavonoides cuando se usan como disolventes hidroalcohólicos el etanol al 70% (Fajardo-Romero et al., 2016). La extracción asistida por ultrasonido se ha reportado como técnica eficiente, porque resulta posible romper las estructuras celulares de la matriz vegetal, lo que favorece la extracción de compuestos bioactivos (Jiménez Barrantes y Mosquera Monroy, 2023). Por el contrario, métodos tradicionales de extracción como la maceración muestran menores rendimientos, pero continúan siendo utilizados por su simplicidad y su bajo coste operativo. En general, los resultados sugieren que los métodos de extracción que se han asistido por tecnología presentan mayor eficiencia extractiva que los convencionales.
- Propiedades biológicas de los compuestos bioactivos:**
 La evaluación de la literatura científica permitió evidenciar la existencia de diversas propiedades biológicas con interés de los compuestos bioactivos de la cáscara de cebolla colorada. Entre las principales propiedades reportadas se encontró la actividad antioxidante asociada a la importancia de neutralizar radicales libres, la actividad antiinflamatoria asociada a la importancia en la modulación de mediadores celulares y la actividad metabólica relacionada a la importancia en la regulación de los lípidos y carbohidratos (Yannick Dimitry et al., 2021). Asimismo, otros estudios han reportado propiedades antimicrobianas y antihiperlipidémicas en los compuestos fenólicos y azufrados de este vegetal (Stoica et al., 2023). La confluencia de estos datos concluyó que los compuestos bioactivos de la cáscara de cebolla presentan un amplio espectro de actividad biológica, lo cual da cuenta de su interés en investigaciones orientadas a la obtención de compuestos de valor agregado.

DISCUSION

Los hallazgos de la revisión sistemática que lleva a cabo la presente investigación permiten concluir que la cáscara de cebolla colorada (*Allium cepa* L.) alberga un número significativo de compuestos bioactivos, principalmente flavonoides como la quercetina, compuestos fenólicos y compuestos azufrados. Esta conclusión se alinea con lo que se puede comprobar en numerosos estudios consultados para esta revisión, que coinciden en que los residuos agroindustriales de cebolla concentran una mayor cantidad de metabolitos secundarios que el bulbo comestible (Stoica et al., 2023). Sobre la identificación de compuestos bioactivos, resaltamos una notable uniformidad en lo que respecta a la presencia de flavonoides como metabolitos mayores entre todos los estudios analizados.

No obstante, se recopiló mucha variabilidad en cuanto a la concentración reportada, la cual puede estar influida por la variedad de cebolla empleada para los ensayos, las condiciones de cultivo y, por supuesto, el método de extracción aplicado (Alok Sagar et al., 2022). Sobre los métodos de extracción, se puede concluir que se presenta una tendencia clara hacia obtener dichos resultados positivos con técnicas asistidas a la extracción como ultrasonido y combinaciones UVC, que muestran un aumento superior en el rendimiento de compuestos bioactivos frente a técnicas tradicionales de extracción como la maceración. Coinciden con el hallazgo reportado por Fajardo-Romero et al. (2016), quienes indican que los resultados confirmaron que, cuando se utilizan técnicas de ruptura celular asistidas, se obtienen mayores concentraciones de flavonoides.

Sin embargo, se constata que existe una importante limitación en la literatura que se obtuvo de las investigaciones analizadas, una carencia de estandarización de los protocolos de extracción, lo que hace que no sea posible realizar una comparación directa de los estudios y que la reproducibilidad de los resultados sea muy difícil. Esto significa un impedimento para la mejora de los procesos industriales o biotecnológicos basados en estos compuestos. Con respecto a sus propiedades biológicas, la literatura revisada confirma que los compuestos bioactivos presentes en la cáscara de cebolla tienen actividad antioxidante, antiinflamatoria y de regulación de procesos metabólicos.

Sin embargo, la mayoría de los estudios corresponden a fases *in vitro* o modelos experimentales, lo que hace complicado extrapolar la aplicabilidad a la escala industrial o aplicada. Resultado de lo expuesto, la clasificación funcional que se propone en esta investigación permite integrar la información dispersa comportada entre las investigaciones revisadas, ofreciendo la posibilidad de clasificar los compuestos bioactivos de la cáscara de cebolla en función de la actividad metabólica. Esta clasificación también ayuda a entender todo el comportamiento de los metabolitos estudiados y a usarlos en el futuro en el desarrollo de productos de valor añadido. Los resultados que aquí se presentaron permiten concluir que la cáscara de cebolla colorada no debe considerarse solamente un residuo, sino una materia prima útil que puede dar lugar a muchos compuestos bioactivos con interés científico e industrial.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la presente revisión sistemática, se establecen las siguientes conclusiones:

- La cáscara de cebolla colorada (*Allium cepa* L.) tiene una alta heterogeneidad de compuestos bioactivos, en el caso de esta cáscara, los flavonoides (quercetina), los compuestos fenólicos y los compuestos azufrados son los más destacados y la base química funcional de la cáscara de forma general.
- En la extracción de compuestos bioactivos la metodología utilizada tiene un impacto en la cantidad y en la calidad de la extracción, siendo la extracción asistida por ultrasonido y por luz UV-C las más efectivas, frente a la extracción convencional por maceración.
- Los compuestos bioactivos, una vez separada su fracción, presentan propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y reguladoras del metabolismo; por lo que pueden ser utilizados en bioprocesos e industriales.
- La evidencia científica consultada presenta limitaciones en cuanto a la falta de estandarización en los protocolos de extracción y a la predominancia de los estudios experimentales limitando así su comparación.
- La clasificación funcional que se ha propuesto y desarrollada en el marco de esta investigación permite clasificar los compuestos bioactivos en función de su efecto metabólico constituyendo una aportación teórica que facilita la comprensión de estos y su vinculación con futuras aplicaciones en los residuos agroindustriales.
- En los grandes rasgos, la cáscara de cebolla colorada podría ser catalogada como una importante fuente de compuestos de alto valor, sirviendo como argumento para la valorización de los subproductos agroindustriales y ser la base para la implementación de nuevas alternativas en el ámbito biotecnológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alok Sagar, A., et al. (2022). *Flavonoids and bioactive compounds in Allium species and their technological and nutritional relevance*. Food Chemistry.
- Ampeti, A. (2024). *Onion-derived bioactive compounds and their applications in biotechnology and nanomaterials*. Journal of Functional Foods.
- Carbajal Azcona, M. (2016). *La cebolla, una aliada para la salud: composición química y compuestos azufrados del género Allium*. Revista de Ciencias Alimentarias.
- Cárdenas Rivas, J., Trejo Márquez, M., Pascual Bustamante, S., López Soto, M., & Lira Vargas, J. (2019). *Efecto de recubrimientos comestibles adicionados con extracto de cebolla en la inhibición de microorganismos patógenos*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- Carrasco-Labra, A., et al. (2015). *Guidelines for systematic reviews and meta-analyses in scientific research*. Evidence-Based Medicine Journal.
- Fajardo-Romero, L., Arroyo-Rivera, M., & Ramírez-Navas, J. (2016). *Optimization of quercetin extraction from red onion peel using assisted techniques*. Journal of Analytical Chemistry.
- González de Peredo, A., et al. (2022). *Bioactive compounds in plant-based foods and their technological applications*. Food Research International.
- Jiménez Barrantes, M., & Mosquera Monroy, J. (2023). *Ultrasound-assisted extraction of flavonoids from Allium cepa: efficiency and yield analysis*. Revista Colombiana de Biotecnología.
- Letelier, S., Manríquez, M., & Rada, G. (2005). *Methodology of systematic reviews in scientific research*. Revista Médica de Chile.
- Liguori, L., et al. (2017). *Chemical composition and antioxidant properties of onion varieties*. Journal of Agricultural and Food Chemistry.
- Miguel, M., et al. (2023). *Plant bioactive compounds: chemical properties and technological applications*. Nutrients.
- Moncayo Naula, & Sivipasa Pinos. (2024). *Phytochemical screening of Allium species and identification of secondary metabolites*. Revista de Ciencias Biológicas.
- Moreno, N., Muñoz, D., Cuellar, M., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). *Systematic literature reviews: methodological framework in health and science research*. International Journal of Medical Sciences.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. WHO Technical Report Series.
- Rico, M., & Martín, A. (2023). *Functional foods and nutraceutical development: technological approaches for health and industry*. Food Science & Nutrition.
- Samtiya, M., et al. (2021). *Plant bioactive compounds and their functional properties: a review*. Journal of Ethnopharmacology.
- Stoica, A., Rațu, M., Dumitru, I., Stănciuc, N., & Rapeanu, G. (2023). *Bioactive compounds from onion peel waste: recovery and industrial applications*. Waste and Biomass Valorization.
- Urrialde, R., et al. (2022). *Bioactive compounds in plant matrices and their role in functional food design*. Nutrients.
- Yannick Dimitry, et al. (2021). *Bioactive properties of Allium cepa extracts: antioxidant and antimicrobial potential*. Journal of Ethnopharmacology.