

Artículo de Revisión

**EL GÉNERO *ALLIUM* L. (AMARYLLIDACEAE)
Y SU ACTIVIDAD BIOLÓGICA**

**THE GENUS *ALLIUM* L. (AMARYLLIDACEAE)
AND ITS BIOLOGICAL ACTIVITY**

Dayana Borja-Espín* , Irma Tipantuña-Millingalli , Javier Santamaría-Aguirre ,
Carmita Reyes-Tello  y Rommy Terán-Soto 

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

*Autor de correspondencia: dporja@uce.edu.ec

Recepción: 08 de noviembre 2024; Aceptación: 14 de enero de 2026; Publicación: 26 de abril de 2026

Forma sugerida de citar: Borja-Espín D, Tipantuña-Millingalli I, Santamaría-Aguirre J, Reyes-Tello C, Terán-Soto R. (2026). *El género Allium L. (Amaryllidaceae) y su actividad biológica. InfoAnalítica, 14 (1), 14-27.* <https://doi.org/10.26807/ia.v14i1.298>

© 2026 Los autores. Publicado por Revista InfoAnalítica. Este artículo es de acceso abierto y se distribuye bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0), que permite el uso, distribución, adaptación y reproducción en cualquier medio o formato, siempre que se cite adecuadamente la obra original y que las obras derivadas se distribuyan bajo la misma licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



RESUMEN

El presente artículo evalúa las diversas actividades biológicas de especies vegetales pertenecientes al género *Allium* spp. mediante el análisis de 80 trabajos de investigación relacionados con esta temática. Las especies de este género presentan diversos metabolitos secundarios que, aunque generalmente se encuentran en concentraciones relativamente bajas, exhiben una elevada potencia biológica. Entre los compuestos más representativos destacan los metabolitos sulfurados, como la alicina, y el flavonoide quercetina, identificados principalmente en extractos acuosos y alcohólicos. El análisis bibliográfico mostró que el género *Allium* spp. posee capacidad antioxidante, además de múltiples actividades farmacológicas, entre ellas efectos antibacterianos, antiinflamatorios, anticancerígenos, inmunomoduladores, cardioprotectores, antivirales y asociados al control del peso corporal. La mayoría de los metabolitos activos responsables de estas actividades biológicas corresponden a compuestos organosulfurados; mientras que los efectos anticancerígenos y relacionados con el control de la obesidad se asocian principalmente con la actividad del flavonoide quercetina. Asimismo, se evidenció que las especies de mayor interés en estudios de actividad biológica corresponden a *A. sativum* y *A. cepa*. En contraste, *A. fistulosum* y *A. ursinum* han sido evaluadas en menor medida, reportándose principalmente estudios relacionados con actividades antibacterianas y antiparasitarias. Aunque se dispone de monografías para algunas especies de *Allium* spp., en las cuales se sugieren dosis terapéuticas para determinadas patologías, resulta necesario profundizar en la investigación para establecer recomendaciones específicas y fundamentadas para cada una de estas especies.

Palabras clave: *Allium*, actividad antiviral, compuestos sulfurados, extractos, flavonoides.

ABSTRACT

This article evaluates the diverse biological activities of plant species belonging to the genus *Allium* spp. through the analysis of 80 research studies related to this topic. Species of this genus contain a variety of secondary metabolites which, although generally present in relatively low concentrations, exhibit high biological potency. Among the most representative compounds are sulfur-containing metabolites, such as allicin, and the flavonoid quercetin, which are mainly identified in aqueous and alcoholic extracts. The bibliographic analysis showed that the genus *Allium* spp. possesses antioxidant capacity as well as multiple pharmacological activities, including antibacterial, anti-inflammatory, anticancer, immunomodulatory, cardioprotective, antiviral, and weight-management effects. Most of the active metabolites responsible for these biological activities correspond to organosulfur compounds, while the anticancer effects and those associated with obesity control are mainly related to the biological activity of the flavonoid quercetin. Furthermore, it was observed that the species most frequently studied for biological activity correspond to *A. sativum* and *A. cepa*. In contrast, *A. fistulosum* and *A. ursinum* have been evaluated to a lesser extent, with studies mainly reporting antibacterial and antiparasitic activities, respectively. Although monographs are available for some species of *Allium* spp., in which therapeutic dosages are suggested for certain pathologies, further research is required to establish specific and well-supported recommendations for each of these species.

Keywords: *Allium*, antiviral activity, extracts, flavonoids, sulfur compounds.

INTRODUCCIÓN

El género *Allium* pertenece a la familia Amaryllidaceae. Las especies de esta familia son plantas monocotiledóneas herbáceas, generalmente bienales, caracterizadas por presentar un tallo verdadero localizado en la base de la planta, conocido como bulbo. Este tallo es corto, comprimido y achatado con forma de disco, a partir del cual se originan las hojas, raíces y, eventualmente, yemas. El tallo verdadero crece progresivamente para permitir la producción continua de raíces y hojas, ensanchándose de manera radial hasta adquirir una forma similar a la de un cono invertido. El conjunto de las vainas o bases concéntricas de las hojas forma el pseudotallo o “falso tallo” de la planta. Las hojas crecen opuestas entre sí y de forma alterna a partir del meristemo o yema apical del tallo (Roula, 2022).

Entre las especies del género *Allium* más utilizadas en Ecuador se encuentran *Allium ampeloprasum* var. *porrum* (puerro), cultivada ampliamente en los Andes ecuatorianos; *Allium ascalonicum* (cebolla escalonada), cultivada en la provincia de Manabí; *Allium cepa* (cebolla paiteña), cultivada en las provincias de Azuay, Galápagos, Los Ríos y Napo; *A. cepa* var. *agregatum* (puka cebolla), cultivada en la provincia de Imbabura; *Allium fistulosum* (perpetua), cultivada en la provincia de Cañar; y *Allium sativum* (ajo, cebolla jívora), cultivada en las provincias de Cañar, Imbabura y Pichincha (de la Torre, 2008; Freire-Fierro, 2004).

Las diferentes especies vegetales del género *Allium* han sido utilizadas desde la antigüedad por los pueblos ecuatorianos con el fin de prevenir o tratar dolencias y enfermedades. Con estos antecedentes nace el interés de conocer los diferentes beneficios biológicos que presentan estas especies en la profilaxis y tratamiento de diferentes enfermedades de tipo respiratorio, cardiovascular, intestinal, inmunitarias, bacterianas, entre otras (Acosta, 1992).

En relación con la actividad biológica de las especies del género *Allium*, su composición química puede variar de acuerdo con la especie y con las características ecológicas del entorno. En estas plantas se han identificado compuestos como proteínas, grasas, azúcares totales, cenizas, agua y diversos minerales, entre ellos sodio, potasio, hierro, calcio, fósforo, azufre y zinc, además de vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina y biotina. A estos componentes primarios se suman metabolitos secundarios, identificados en diversos

estudios científicos, que han despertado un notable interés en la investigación de los compuestos presentes en el ajo. Entre ellos destaca el disulfuro de alilo, responsable de su olor característico (Villa, 2021).

El ajo es una planta que presenta una elevada concentración de compuestos azufrados, entre los que se encuentran principalmente aliína, alicina, ajoeno, trisulfuro de dialilo, S-alilcisteína y disulfuro de alilpropilo, entre otros. Asimismo, se han identificado enzimas relacionadas con la actividad antimicrobiana, como la alinasa, la peroxidasa y la mirosinasa. Además, se han reportado otros compuestos bioactivos, como los flavonoides quercetina y catequina (Loría, 2021).

Los metabolitos secundarios confieren a este género diversas propiedades biológicas que le permiten actuar sobre distintas patologías, particularmente enfermedades degenerativas como la obesidad y las enfermedades cardiovasculares, asociadas con la acción de radicales libres que generan estrés oxidativo en las células. En este contexto, la capacidad antioxidante de las especies del género *Allium* resulta de especial interés (Arellano-Buendía, 2022).

Los procesos inflamatorios presentes en las enfermedades autoinmunes pueden desencadenar una respuesta inflamatoria innecesaria o excesiva al momento de presentarse un decaimiento o enfermedad. Por ello, las actividades antiinflamatoria y anticancerígena de estas especies resultan beneficiosas para la salud.

Actualmente, el uso inadecuado de antimicrobianos ha favorecido la aparición de cepas con resistencia intermedia y extendida a estos compuestos. Esta situación ha impulsado la búsqueda de nuevas estrategias terapéuticas capaces de tratar enfermedades causadas por dichos microorganismos. En este contexto, el estudio de la actividad antimicrobiana del género *Allium* adquiere una gran importancia.

Otras actividades biológicas menos estudiadas, pero igualmente interesantes, asociadas a estas especies incluyen efectos inmunomoduladores, cardioprotectores y relacionados con el control de la obesidad, los cuales se vinculan con la regulación de citoquinas proinflamatorias (Miteva, 2024).

El género *Allium* incluye plantas ampliamente conocidas como el ajo, la cebolla y el puerro. Estas especies han sido utilizadas desde la antigüedad por sus propiedades medicinales, atribuidas principalmente a la presencia de compuestos bioactivos con actividad antioxidante, antimicrobiana, antiinflamatoria, anticancerígena, inmunomoduladora, cardioprotectora y relacionada con el control de la obesidad. Diversos estudios han demostrado que estos compuestos pueden contribuir a la prevención y al tratamiento de distintas patologías, incluyendo:

- *Enfermedades cardiovasculares*: ayuda a reducir el riesgo de enfermedades cardíacas, como la hipertensión, la aterosclerosis y la trombosis.
- *Enfermedades respiratorias*: previenen y tratan patologías como la bronquitis crónica, el asma y la neumonía.
- *Enfermedades infecciosas*: los compuestos bioactivos presentes en el género *Allium* pueden ayudar a prevenir y tratar infecciones causadas por bacterias, virus y hongos.
- *Enfermedades degenerativas*: la capacidad antioxidante y antiinflamatoria de los compuestos bioactivos presentes en el género *Allium* puede ayudar a prevenir la obesidad, la diabetes y la enfermedad de Alzheimer.
- *Cáncer*: los compuestos bioactivos presentes en el género *Allium* han demostrado ser efectivos en la prevención y tratamiento de ciertos tipos de cáncer, como el cáncer de colon, el cáncer de mama y el cáncer de próstata.

Además, la pandemia de COVID-19 incrementó el interés científico en la identificación de moléculas naturales con potencial terapéutico para combatir o prevenir enfermedades infecciosas. En este contexto, el género *Allium* se ha consolidado como uno de los grupos vegetales más estudiados, debido a la diversidad de compuestos bioactivos presentes en sus especies. Diversas investigaciones han demostrado los beneficios biológicos asociados a estos compuestos, lo que podría favorecer el desarrollo de nuevos fármacos o suplementos alimenticios con aplicaciones en la prevención y tratamiento de diversas patologías.

En general, el género *Allium* constituye una fuente importante de compuestos bioactivos con propiedades medicinales. El estudio de estas especies

podría contribuir al desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas orientadas a la prevención y tratamiento de enfermedades, así como al fortalecimiento de enfoques basados en productos naturales para mejorar la salud humana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda bibliográfica de artículos originales y revisiones en bases de datos científicas en línea, mediante combinaciones de términos como *Allium* y actividad biológica; *Allium sativum* y actividad antioxidante; *Allium fistulosum* y control de la obesidad; y *Allium cepa* y actividad inmunomoduladora o antiviral, entre otros. Se consideraron publicaciones en español e inglés, restringiendo la búsqueda a trabajos publicados a partir de 2008.

Inicialmente se identificaron 90 artículos potencialmente relevantes. Tras la revisión de resúmenes, metodología y conclusiones, se excluyeron 20 documentos por no cumplir con criterios de pertinencia y calidad metodológica, incluyendo artículos publicados entre 1992 y 1997 y 20 revisiones que no presentaban evidencia experimental suficiente. Para el desarrollo del artículo se seleccionaron finalmente 50 estudios originales, en los cuales se analizaron los ensayos reportados, los métodos aplicados y los organismos de prueba.

Las estructuras químicas se elaboraron mediante el software **JSME Molecular Editor (JavaScript)**. Este trabajo se desarrolló en el marco del proyecto **SENIOR DI-CONV-2021-19 (2022-2024)** de la Facultad de Ciencias Químicas, titulado “*Extracto estabilizado de ajo como inmunomodulador natural, alternativa para nuevas pandemias*”.

RESULTADOS

Entre las especies comestibles del género *Allium* más estudiadas se encuentran *A. sativum* (Figura 1), *A. fistulosum* (Figura 2), *A. cepa* (Figura 3) y *A. odorum*. Estas especies no solo se utilizan ampliamente en la gastronomía, sino que diversos estudios han demostrado que presentan actividades biológicas beneficiosas para la profilaxis y el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, inflamatorias e infecciosas. Asimismo, existen investigaciones sobre especies silvestres del género *Allium*, como *A. ursinum* y *A. oschaninii*, las cuales han

mostrado actividades biológicas relevantes y un considerable potencial terapéutico para el tratamiento de enfermedades como el cáncer (Kothari, 2020) y diversas infecciones bacterianas (Galdiero, 2020).

Figura 1. *Allium sativum* (ajo) (Gonzalo, 2021)



Figura 2. *Allium fistulosum* (cebolla larga)
(Herbarium, 2022)



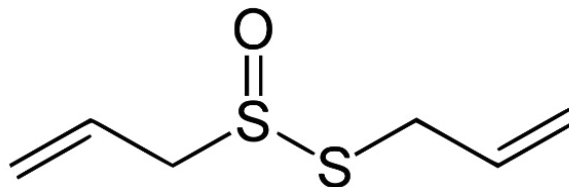
Figura 3. *Allium cepa* (cebolla paiteña) (Seeds, 2022)



Los radicales libres son especies altamente reactivas capaces de inducir daño celular, incrementando el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, degenerativas y diversos tipos de cáncer. En este contexto, numerosos estudios han identificado compuestos y moléculas con capacidad antioxidante y potencial terapéutico en la prevención y tratamiento de distintas patologías. Este efecto antioxidante se basa en la estabilización de los radicales libres mediante la cesión de electrones por parte de los antioxidantes.

Este fenómeno ha sido observado en especies del género *Allium*, cuyos metabolitos secundarios presentan propiedades biológicas que contribuyen a la profilaxis y tratamiento de estas enfermedades. Estudios desarrollados por Awan et al. (2019) y Stanisavljević et al. (2020) señalan que el principal responsable del efecto antioxidante del ajo (*A. sativum*) y de *A. ursinum* es el compuesto sulfurado alicina, considerado el metabolito secundario biológicamente más activo en el extracto acuoso de estas especies (Figura 4).

Figura 4. Alicina (Cordero, 2020)



González Maza (2017) señala que la actividad antioxidante del ajo constituye uno de los principales mecanismos asociados a su efecto cardioprotector, particularmente en pacientes sometidos a tratamiento con doxorubicina, un agente quimioterapéutico empleado en diversos tipos de cáncer y cuyo principal efecto adverso es la cardiotoxicidad. En este sentido, compuestos como la S-alilcisteína, la S-alilmercaptocisteína, el selenio y la vitamina C actúan frente a la agresión de los peróxidos lipídicos, contribuyendo a la protección del endotelio vascular frente al daño inducido por el peróxido de hidrógeno. Asimismo, participan en la inhibición de la emisión de bajos niveles de quimioluminiscencia y en la formación temprana de TBA-RS (*Thiobarbituric Acid Reactive Substances*), reconocidos como marcadores del daño oxidativo generado por radicales libres (Villa Sánchez, 2021).

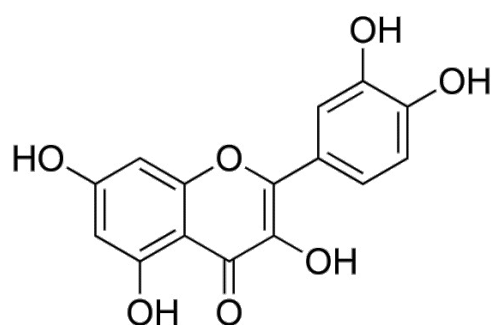
Por otra parte, Suárez Cunza (2014) evaluó la actividad antioxidante de *A. sativum* utilizando metabolitos secundarios azufrados (alicina) y oxigenados (flavonoides). Los resultados demostraron que los extractos acuosos de ajo preparados en tres concentraciones diferentes exhibieron un efecto protector significativo in vitro frente a la lipoperoxidación de los glóbulos rojos humanos.

Estudios realizados en ratas macho Wistar sometidas a estrés oxidativo con cloruro de mercurio; al añadir en diferentes muestras el extracto acuoso de cebolla (*A. cepa*), así como los componentes bioactivos quercetina (Figura 5) y catequina; se observó una mejora significativa de la actividad de la Paraoxonasa (PON1), enzima relacionada principalmente con las lipoproteínas de alta densidad (HDL).

Esto parece contribuir al mantenimiento y recuperación de la estructura y el estado antioxidativo de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) (Velázquez-Morales, 2021) y a la actividad de eliminación de los radicales libres. En consecuencia, se previene la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y la peroxidación de lípidos (Jaiswal, 2014).

Otro estudio realizado en roedores, en el que se administró bromato de potasio por vía oral como agente oxidante y posteriormente se suministró pienso comercial enriquecido con *A. cepa*, evidenció que esta especie vegetal actuó como una primera línea de defensa antioxidante frente a las especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), contribuyendo a la protección celular y al incremento significativo de la concentración de proteínas totales en hígado, riñón y suero (Nwonuma et al., 2021).

Figura 5. Quercetina (Pacheco Coello, 2023)



ACTIVIDADES BIOLÓGICAS DE LAS ESPECIES VEGETALES DEL GÉNERO *ALLIUM* SPP.

1. Actividad antimicrobiana

Hay un número importante de bacterias productoras de toxinas capaces de invadir tejidos e interferir en procesos metabólicos del organismo huésped. Por ello, se ha tratado de dar respuesta a la creciente necesidad de tratamientos antibacterianos inefectivos contra diferentes cepas bacterianas conocidas y emergentes. Numerosos estudios científicos continúan investigando los metabolitos secundarios presentes en especies vegetales. Para el género *Allium* spp. se ha encontrado un potencial aliado para combatir infecciones bacterianas. Lanzotti (2014) analizó el extracto acuoso de *A. sativum*. El autor comprobó que el compuesto sulfurado alicina actúa como un potente antimicrobiano capaz de eliminar cepas de hongos, mohos, levaduras y algunas especies de bacterias. Además, actúa sinérgicamente con otros antibióticos, de manera que potencia la acción de estos contra los microorganismos en los cuales ejercen su acción. La alicina, al romperse y repararse no enzimáticamente, posee mayor estabilidad y actividad frente a organismos micóticos, formando un compuesto llamado ajoene, como indican los estudios de Juárez-Segovia (2019).

Los extractos crudos de ajo presentan efecto inhibitorio sobre el crecimiento de *Aspergillus parasiticus* y *Aspergillus niger*, evidenciando halos de inhibición posterior a las 72 h de incubación. El mayor efecto inhibitorio se observó a las 72 h de incubación lo presentó el extracto al 100%, con halos de inhibición de 12 mm para *A. parasiticus* y 15.5 mm para *A. niger*. De igual manera ocurre con el flavonol quercetina del extracto acuoso del ajo. Éste presentó actividad contra tres cepas bacterianas multirresistentes a antibióticos (MDR, por sus siglas en inglés: Multi-Drug Resistance): *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Mycobacterium smegmatis* (Sharma, 2019). En un estudio desarrollado por Cruz (2016) con dos extractos de *A. cepa* (metanólico y hexanólico) observaron que en la modulación con aminoglucósidos (amikacina, gentamicina) los efectos eran sinérgicos para el extracto metanólico y antagónicos con los extractos hexanólicos contra cepas multirresistentes de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Es importante mencio-

nar que los componentes activos de *Allium cepa* son mayoritariamente solubles en solventes polares, lo que condiciona la forma de evaluación *in vitro*, respecto de la forma de preparación de las diluciones.

El ensayo de Zolfaghari (2021) determinó que el extracto acuoso de *A. fistulosum* es efectivo contra bacterias Gram positivas (*Bacillus subtilis* y *S. aureus*) y Gram negativas (*E. coli* y *P. aeruginosa*). Además, los compuestos fenólicos aromáticos, especialmente el fistuloimidato B, fueron activos contra *E. coli* y *S. aureus* con una concentración mínima inhibitoria (CMI) que supera al antibiótico en una relación de 3 a 5 (Zolfaghari, 2021). Los ensayos también demostraron que *S. aureus* fue más sensible que *E. coli* frente a los compuestos fenólicos probados.

En cuanto a las plantas silvestres de este género, Krstin (2018) observó que los extractos acuosos exhiben una actividad antimicrobiana y antifúngica débil e inespecífica. Sin embargo, se demostró una actividad antiparasitaria relevante de *A. ursinum* contra los parásitos de los géneros *Trypanosoma* y *Leishmania*, mediante la inhibición de los compuestos vitales para el metabolismo de los parásitos por parte de los compuestos de azufre.

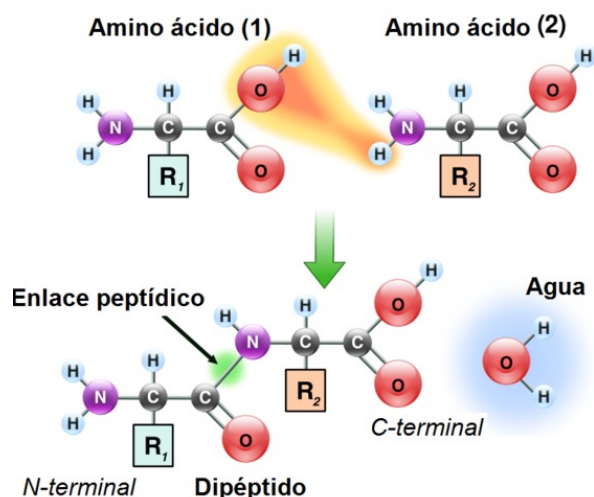
En cuanto a las plantas silvestres de este género, Krstin (2018) observó que los extractos acuosos exhiben una actividad antimicrobiana y antifúngica débil e inespecífica. Sin embargo, se demostró una actividad antiparasitaria relevante de *A. ursinum* contra los parásitos de los géneros *Trypanosoma* y *Leishmania*, mediante la inhibición de los compuestos vitales para el metabolismo de los parásitos por parte de los compuestos de azufre.

Cabe destacar que el metabolito más eficaz contra microorganismos patógenos es la alicina, del cual se desconoce el mecanismo de acción que ejerce. Sin embargo, se ha descrito que la alicina, en su forma natural como aliína, al contener azufre en su estructura actúa directamente sobre diferentes estructuras microbianas, incluyendo proteínas, enzimas y membrana celular. Esta se transforma en alicina como consecuencia del procesamiento del ajo. El grupo tiol de la alicina reacciona químicamente con diferentes enzimas del microorganismo; entre ellas la tioredoxina reductasa,

proteasas, y algunas relacionadas con la síntesis de ácidos nucleicos del microorganismo, afectando su metabolismo (Lima da Costa da Silva, 2024). Además, al ser la aliína un derivado del aminoácido cisteína puede intervenir en la elongación de aminoácidos de las proteínas bacterianas al establecerse un enlace peptídico entre la aliína y un aminoácido bacteriano como se muestra en la Figura 6. Esto provoca que la estructura difiera de la original, dando lugar a una función biológica diferente y afectando al metabolismo microbiano.

Para que se forme el enlace peptídico (Figura 6) es necesario que exista en las moléculas una parte amino terminal de una molécula y una parte carboxílico terminal de la otra molécula. De esta manera y mediante la acción de la enzima peptidasa se da la unión de las dos moléculas con liberación de una molécula de agua (Pliego Pastrana, 2024). Por lo tanto, la unión entre la aliína y el aminoácido microbiano durante la síntesis de proteínas haría posible su acción antimicrobiana, de tal manera que, la molécula formada tendrá una distinta función biológica a la original o sería afuncional.

Figura 6. Enlace peptídico de aminoácidos
(Aminoácido 1=aliína + aminoácido 2) (Pliego Pastrana, 2024)



Por otra parte, la quercetina actúa como un potente bacteriostático que afecta a la síntesis del peptidoglicano y aumenta la permeabilidad de la membrana citoplasmática. Además, inhibe la actividad hemolítica de la alfa toxina y disminuye su secreción (Carrada López, 2017). La alfa-toxina

es una proteína formadora de poros a nivel de la membrana celular bacteriana con actividad citotóxica y secretada por algunas bacterias. Es capaz de producir la necrosis de la piel y provocar la lisis de los eritrocitos (hemólisis), linfocitos, macrófagos, monocitos y células epiteliales alveolares (Carrada López, 2017). El hierro liberado tras la hemólisis es utilizado por los microorganismos a través de sideróforos (moléculas de bajo peso molecular que tienen una alta afinidad por el hierro) (Encyclopedia of Soils in the Environment (Second Edition), 2023). En el contexto de la medicina, los sideróforos son de particular interés debido a su papel en la patogenicidad de muchos microorganismos. Algunas bacterias patógenas, como *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*, producen sideróforos para obtener el hierro necesario para su crecimiento y supervivencia en el cuerpo humano. Además, algunos sideróforos bacterianos pueden incluso captar el hierro de las proteínas de transporte de hierro del hospedero, lo que les permite prosperar en el entorno hostil del cuerpo humano (Encyclopedia of Soils in the Environment (Second Edition), 2023). Este efecto bacteriostático podría utilizarse sinérgicamente con antibióticos convencionales, potenciando su acción biológica (Storani, 2019).

2. Actividad antiinflamatoria

La inflamación es una respuesta inespecífica del sistema inmunitario frente a una agresión y da lugar a cambios fisiológicos variados como el incremento del flujo sanguíneo y permeabilidad vascular. La inflamación es capaz de generar distintas patologías como artritis, cardiopatías, colitis, entre otras (Guillamón, 2018).

Las especies reactivas de oxígeno y de nitrógeno se forman como productos del metabolismo celular que pueden tener efectos tóxicos y dañar muchos componentes celulares. Su producción excesiva afecta la homeostasis celular y conduce al estrés oxidativo (Bryan Oronsky, 2022).

Una inflamación aguda no controlada puede volverse crónica y ser la base de una serie de enfermedades degenerativas como el Alzheimer, el Parkinson, la Esclerosis Múltiple y otras enfermedades autoinmunes. Por ejemplo, la producción por parte de neutrófilos y otras células fagocíticas, de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno capaces de oxidar proteínas, lípidos, constituyentes

celulares y causar grave daño al ADN. Esta producción se ve exacerbada en la inflamación crónica donde hay una permanente producción de estas sustancias, lo que lleva a daño celular y de tejidos (Kiss, 2022).

Los metabolitos secundarios sulfurados (alicina, ajoene, alíina) o flavonoides (quercetina) permiten que los mediadores activadores de la inflamación se vean contrarrestados y se inhiban en el proceso inflamatorio. La disminución de la producción de óxido nítrico (NO) y de la expresión del óxido nítrico sintasa inducible (iNOS) disminuye la vasodilatación de los vasos sanguíneos efectores, lo que implica una marcada disminución de la acción de los mediadores inflamatorios, además de inhibir la adhesión y la agregación plaquetaria (González-Costa, 2019).

Elevados niveles de radicales libres, a la vez estimulan enzimas oxidativas como la lipooxigenasa, que cataliza la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados libres para sintetizar hidroperóxidos, implicados en la patogénesis de muchas enfermedades inflamatorias crónicas. El extracto acuoso de ajo tiene efecto terapéutico antiinflamatorio ya que puede ayudar en la inhibición de las enzimas lipooxigenasas (Arman Mahmud Khan, 2023).

Como se puede observar en la Tabla 1, la respuesta antiinflamatoria que los diferentes metabolitos ejercen se da por el bloqueo de la producción o liberación de moléculas mediadoras de la inflamación. Esta acción se da mediante la intervención de los metabolitos sulfurados o flavonoides activos de *Allium* spp. En el proceso inflamatorio, la acción de los estímulos externos e internos, sean de naturaleza biológica, física, química o mecánica, provocan una serie de procesos en el organismo que desencadenan la inflamación aguda o crónica. Dependiendo de la duración de la reacción inmunológica se puede llegar a desarrollar una enfermedad degenerativa como la artritis o incluso el cáncer (Ramírez-Concepción, 2016).

El dialil disulfuro suprime la inflamación al disminuir la expresión de citoquinas proinflamatorias, como TNF- α , IL-1 e IL-6, mediante el bloqueo de la vía de NF- κ B (factor nuclear kappa B), lo que contribuye a reducir la aparición de trastornos inflamatorios, como el asma y la colitis ulcerosa, así como de enfermedades degenerativas, como la artritis reumatoide (RamaRao Malla, 2022).

Tabla 1. Respuesta antiinflamatoria de las especies del género *Allium* spp.

Especie	Metabolito	Respuesta	Referencias
<i>A. sativum</i>	Ajoeno	Inhibición de la producción de NO, PGE-2, TNF- α , IL-1 β e IL-6	(Hitchcock JK, 2021), (Loría Gutiérrez, 2021)
		Inhibición de la actividad enzimática COX-2	
		Disminución de iNOS	
<i>A. sativum</i>	Alicina	Reducción de la producción de iNOS	(Zugaro, 2023), (Arellano Buendía, 2023) (Gao, 2024)
		Reducción de la acumulación de NO	
		Disminución de la producción de NO, PGE-2, TNF- α , IL-1 β e IL-6 y NF-kB	
<i>A. sativum</i>	Aliína y S-alilcisteína	Disminución de la producción de MCP-1	(Zugaro, 2023)
		Incremento en la producción de TNF- α e IL-1 β	
		Disminución de IL-6	
<i>A. sativum</i>	Disulfuro de dialilo	Disminución de niveles de IL-10, IL-6, IL-1 β y TNF- α	(Zugaro, 2023) (El-Saadony, 2024) (Hall, 2017)
		Reducción de la producción de NO	
		Inhibición de la activación de NF-kB	
<i>A. cepa A. sativum</i>	Compuestos sulfurados	Disminución o inhibición de la producción / liberación de IL-6, IL-1 β y TNF- α	(Guillamón, 2018) (El-Saadony, 2024)
		Reducción de la producción de NO y PGE-2	
		Inhibición de la activación de NF-kB	
<i>A. cepa A. sativum</i>	Compuestos sulfurados	Reducción de la expresión de IL-6, IL-1 β , TNF- α , IL-8	(El-Saadony, 2024)
		Bloqueo de la vía de lipopolisacáridos (LPS)	

(Elaborado por D. Borja-Espín)

3. Actividad antitumoral / anticancerígena

Una de las enfermedades degenerativas con alta incidencia de morbilidad a nivel mundial es el cáncer, en la que se produce la multiplicación anormal de células, en lugar de ser eliminadas (NCD Alliance, 2022). La proliferación celular descontrolada forma bultos en los tejidos, conocidos como tumores, que pueden ser malignos (cancerosos) o benignos (no cancerosos). Los tumores malignos se diseminan o invaden tejidos cercanos o las células viajan a otras partes del cuerpo, formando nuevos tumores (metástasis) (Hu, 2024). El cáncer se origina por cambios en los genes que controlan el funcionamiento de las células, en especial, la manera en que las células se forman o se multiplican. Estos cambios genéticos pueden ser por

errores durante la multiplicación celular; daños en el ácido desoxirribonucleico (ADN), por la exposición a sustancias ambientales perjudiciales como el humo del tabaco, los alimentos procesados, los rayos ultravioletas y la herencia genética (Hu, 2024). Al tratarse de una enfermedad que no tiene cura aún, se llevan a cabo numerosos estudios científicos como medida de prevención mediante métodos saludables de alimentación, ejercicio, protección de la piel, entre otras (Hu, 2024). El estudio de compuestos con actividad anticancerígena también está en auge.

Compuestos solubles en aceite derivados del ajo como el dialil sulfuro, disulfuro o trisulfuro, ajoeno y alicina han mostrado inhibición de la proliferación de varios tipos de células cancerígenas.

Los mecanismos de acción incluyen la activación de enzimas metabolizantes que detoxifican carcinógenos, formación de antioxidantes, inducción de apoptosis, modificación de histonas e inhibición de angiogénesis e invasión celular (Saleh A Almatroodi, 2019).

En el cáncer de seno se ha encontrado que tanto DADS como DATS interfieren con las vías de señalización celular que la apoptosis, la mitosis, la metástasis tumoral y la vascularización, lo que sugiere que podrían ser considerados como inhibidores potenciales de origen natural (RamaRao Malla, 2022).

En el cáncer de próstata hay evidencia de que DATS aporta en reducir la resistencia de las células cancerígenas a la apoptosis debido a que induce muerte celular mediada por ferroptosis ya que participa en la degradación de la proteína ferritina (Ling Lu, 2024).

En el cáncer de colon se ha observado que DATS puede inhibir la angiogénesis, migración e invasión de células tumorales, solo o en combinación con fármacos como el cisplatino en el caso de cáncer gástrico, potenciando su efecto y disminuyendo su toxicidad (Ling Lu, 2024).

La apoptosis mediada por alicina en células de cáncer de colon involucra a Nrf2, un factor antiapoptótico clave que regula la expresión de proteínas antiapoptóticas como la Bcl-2 y Bcl-xL (Vivek D. Savairam, 2023).

4. Inmunomodulación

Diferentes enfermedades como el cáncer o el SIDA (síndrome de inmunodeficiencia adquirida) debilitan el sistema inmunitario del organismo, al disminuir las células de defensa como los linfocitos T. Sin embargo, existen algunas moléculas capaces de mejorar la respuesta inmunitaria estimulando la producción de células inmunitarias y sanguíneas (NIH, 2019). Numerosos estudios demuestran que metabolitos azufrados de las especies de *Allium* son capaces de estimular la síntesis de moléculas moduladoras del sistema inmune como las citoquinas (Perejón-Rubio, 2021). Entre las moléculas más importantes están los interferones (IFN- α) que activan los linfocitos citolíticos naturales que pueden destruir células tumorales o infectadas por un virus (NIH, 2019), interleuci-

nas (IL-2 o factor de crecimiento de células T) que incrementan los glóbulos blancos. Las células T citolíticas y los linfocitos citolíticos naturales y células B que atacan las células cancerosas (NIH, 2019). De igual manera, se ha demostrado que la alicina es un potente mitógeno (factor que estimula la división celular) que incrementa la proliferación de células mononucleares (Guillamón, 2018), la producción de citoquinas y la capacidad fagocítica de macrófagos (Moutia, 2018).

5. Control de peso corporal

La obesidad es considerada un problema de salud pública capaz de generar enfermedades crónicas, como afecciones cardiovasculares cardiovasculares, diabetes, inflamación, presión alta y cáncer (Cooper, 2021). Existe un número limitado de fármacos eficaces y seguros para tratar, a largo plazo, la obesidad. Por todo esto surge la necesidad de nuevas opciones terapéuticas para la pérdida de peso. En este sentido, se evaluó el efecto de extractos de ajo se probó en mujeres obesas, y se observó un descenso en el índice de masa corporal con la ingesta de una tableta de alicina (400 mg en polvo de *Allium sativum* conteniendo 1,100 mcg de alicina por tableta) (Ettehad-Marvasti Fateme, 2022).

La aliina posee un potente efecto anti-obesidad en ratones obesos, lo que resultó en reducción de su peso, así como la disminución de la dislipidemia. Además, suprimió la acumulación de lípidos hepáticos y mejoró el metabolismo de estos (Ming-Yan Yang, 2024).

Otro efecto de la aliina parece estar relacionado con la supresión de la expresión de los genes *Akt* y *PI3K*, relacionados con la adipogénesis, lo que sugiere un potencial efecto terapéutico de esta molécula en enfermedades metabólicas (Ni Li, 2021).

6. Actividad cardioprotectora

Las enfermedades cardiovasculares constituyen una de las principales causas de muerte en el mundo, en particular la enfermedad arterial coronaria (EAC), que comprende trastornos del corazón y de los vasos sanguíneos (Villarroya, 2018). La EAC ocurre cuando las arterias presentan dificultad para suministrar al corazón suficiente sangre, oxígeno y nutrientes, debido a la presencia

de depósitos o placas de grasa que las obstruyen (OMS, 2023) o provocan inflamación a nivel arterial (Riaz, 2018), lo que puede desencadenar una angina o un infarto (Medline, 2022).

Diversos estudios demostraron que los pacientes que consumieron ajo incrementaron los niveles de la enzima óxido nítrico sintasa, la cual interviene en la formación de óxido nítrico (García-Muñoz, 2015). Este último actúa como vasodilatador de las arterias coronarias (Muñoz-Cano, 2016). De igual manera, se ha descrito el efecto cardioprotector del ajo debido a su acción reductora del colesterol y los triglicéridos en sangre (Du, 2024). También se ha observado una disminución de la placa de ateroma, compuesta por lípidos, tejido fibroso y células inmunocompetentes (Arellano-Buendía, 2022). Finalmente, mediante la capacidad antioxidante del ajo, se disminuyen los radicales libres de oxígeno, lo que se traduce en una reducción de los ácidos grasos gracias a la acción de la quercetina (Nile, 2018).

7. Actividad antiviral

A consecuencia de la pandemia de COVID-19 en el año 2020, surgió un gran interés por encontrar fuentes que permitan prevenir, tratar o curar enfermedades virales (Singh, 2023). Si bien el género *Allium*, al igual que muchas otras especies vegetales, no cura estas enfermedades por sí solo, numerosas investigaciones señalan que posee un importante potencial antiviral (Rouf, 2020).

Yaghoubian (2021) refiere que la alicina, uno de los compuestos bioactivos del ajo, posee actividad antiviral *in vivo* frente al resfriado común y que podría inhibir el crecimiento del virus de la influenza H1N1 *in vitro*. En dicho estudio, se evaluó clínicamente a 86 pacientes, divididos en un grupo tratado con alicina y un grupo placebo, encontrándose que el grupo tratado con alicina (L-cisteína) mostró una disminución considerable de síntomas como tos, disnea y mialgia, en comparación con el grupo placebo ($p < 0.05$ a $p < 0.01$).

Complementando lo anterior, Khubber (2020) señala que la disminución de las infecciones virales causadas por SARS-CoV-2 puede deberse a la presencia de compuestos organosulfurados, como la alicina, y de flavonoides, como la quercetina, presentes en extractos acuosos y aceites esenciales de ajo (Khubber, 2020).

DISCUSIÓN

La presencia de compuestos fitoquímicos sulfurados en el ajo (*Allium sativum* L.) le provee actividades biológicas sustanciales: acción inmunomoduladora, antiinflamatoria, anticancerígena, antitumoral, antidiabética, anti-ateroesclerótica y cardioprotectora. De esto se deriva la posibilidad de aprovechar este recurso mediante técnicas farmacéuticas como la encapsulación de estas sustancias bioactivas, por ejemplo, en micro- y nanopartículas que permitan mantenerlas estables y biofuncionales, provean formulaciones de liberación retardada e incluso permitan su liberación en sitios específicos de acción (Loría Gutiérrez, 2021).

De acuerdo con varios de los artículos analizados en este documento, los componentes fenólicos presentes en el género *Allium* spp. han demostrado tener amplia actividad biológica. De estos compuestos, la quercetina es por sí sola la responsable de varias de esas actividades biológicas. Como lo corroboran Loira y colaboradores (2021) este flavonoide se encuentra mayormente en la especie *A. cepa*, y en menor cantidad en *A. sativum*; aunque en esta última especie parece generar una actividad sinérgica con los compuestos sulfurados, posiblemente debido a otros flavonoides, especialmente de tipo aromático.

Actividad antimicrobiana: Las especies del género *Allium* presentan una potente actividad antimicrobiana, con acción bacteriostática sobre cepas de hongos, mohos, levaduras y bacterias. Esto se debe principalmente a la alicina que está presente en este género y con mayor concentración en el ajo (*Allium cepa*). Además, actúa sinérgicamente con antibióticos y otros compuestos solubles, lo que sugiere que la alicina podría ser un aliado valioso en la lucha contra las infecciones bacterianas. Es importante mencionar que los compuestos fenólicos aromáticos pueden presentar ante ciertas bacterias una concentración mínima inhibitoria (CMI) superior al antibiótico, como lo analizó (Galdiero, 2020).

Actividades antiinflamatorias, inmunomoduladora, control de peso corporal y cardioprotectora: Las enfermedades asociadas a procesos inflamatorios son altamente prevalentes en el ser humano, por lo que la investigación en este campo resulta esencial para el desarrollo de alternativas terapéuticas eficaces. En este contexto, los resul-

tados obtenidos por Guillamón (2018) y González (2019) indican que es fundamental considerar estrategias integradas con la dieta que permitan modular de manera equilibrada la respuesta inflamatoria e inmunológica.

Diversos compuestos organosulfurados presentes en especies del género *Allium* han demostrado efectos positivos tanto en la regulación de la respuesta inmune como en el control de la inflamación. Varios de los estudios revisados para este artículo (ver Tabla 1) indican que estos compuestos pueden modular la inmunidad al interferir en la producción o liberación de mediadores proinflamatorios.

Además, estos mismos compuestos contribuyen a la regulación del tejido adiposo, lo cual es relevante en intervenciones para el control de peso corporal. Cabe destacar que procesos como la inflamación crónica (Hall, 2017), la inmunomodulación deficiente (Elberry, 2014) y la acumulación excesiva de tejido adiposo (Chung, 2023) están estrechamente relacionados con el desarrollo de enfermedades crónicas de mayor gravedad, como el cáncer y las patologías cardiovasculares (Gao, 2024).

Sin embargo, las sustancias azufradas y compuestos fenólicos responsables de los beneficios del género *Allium*, son en su mayoría son inestables. Por ello el proceso de extracción afecta considerablemente la concentración efectiva de las preparaciones farmacéuticas e incluso la estabilidad de los alimentos que los contienen. (Villa Sánchez, 2021) En este sentido, las investigaciones deben también enfocar sus esfuerzos a obtener sustancias estabilizadas para su incorporación en formas farmacéuticas o alimentos fortificados adecuados para el consumo.

CONCLUSIÓN

Las principales actividades biológicas que se han reportado para las variedades vegetales del género *Allium* son: antimicrobiana, antiinflamatoria, anticancerígena, inmunomoduladora, antiviral, control de peso y cardioprotectora.

Las especies vegetales del género *Allium* más estudiadas son *A. sativum* y *A. cepa*. No obstante, investigaciones recientes han destacado otras especies con propiedades relevantes. Por ejem-

plo, *Allium fistulosum* ha demostrado actividad antibacteriana, especialmente frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Además, se ha descrito un efecto antiobesidad asociado a la regulación del metabolismo hepático de los lípidos. Por su parte, *Allium ursinum* ha mostrado propiedades antiparasitarias frente a microorganismos como *Trypanosoma* y *Leishmania*, así como una notable capacidad antioxidante atribuida a la alicina y a flavonoides como la quercetina.

Los metabolitos secundarios responsables de la mayoría de las acciones biológicas en especies del género *Allium* son, principalmente, los compuestos sulfurados como la alicina, aliína, S-alil cisteína y ajoeno. Estos compuestos están estrechamente relacionados con efectos antibacterianos, antiinflamatorios e inmunomoduladores.

Por otro lado, el flavonoide quercetina es el principal responsable de las actividades anticancerígena y de control del peso corporal, gracias a su potente acción farmacológica. En cuanto a la actividad cardioprotectora, esta se ve potenciada por la acción combinada de compuestos sulfurados y flavonoides. La quercetina contribuye con su capacidad antioxidante, mientras que la alicina y otros compuestos sulfurados presentes en el ajo aportan efectos antiinflamatorios y de regulación del metabolismo lipídico.

Todas estas actividades y beneficios presentes en el género *Allium* requieren una especial atención en sus especies para generar investigaciones que permitan optimizar el aprovechamiento de mejor manera sus metabolitos, con especial atención en su estabilización.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Universidad Central del Ecuador por el financiamiento del proyecto de investigación “Extracto estabilizado de ajo como inmunomodulador natural, alternativa para nuevas pandemias” (SENIOR DI-CONV-2021-19), en cuyo marco se realizó la presente revisión.

LISTA DE REFERENCIAS

- Acosta, M. (1992). *Vademécum de plantas medicinales del Ecuador*. Abya-Yala; FESO. <https://bibliotecadigital.uce.edu.ec/s/L-D/item/1148#?c=&m=&s=&cv=>
- Arellano-Buendía, A. S., Juárez-Rojas, J. G., García-Arroyo, F., Aparicio-Trejo, O. E., Sánchez-Muñoz, F., Arguello-García, R., Sánchez-Lozada, L. G., Bojalil, R., & Osorio-Alonso, H. (2023). Antioxidant and anti-inflammatory effects of allicin in the kidney of an experimental model of metabolic syndrome. *PeerJ*, 11, e16132. <https://doi.org/10.7717/peerj.16132>
- Arellano-Buendía, A. S., Juárez-Rojas, J. G., García-Arroyo, F. E., Sánchez-Lozada, L. G., & Osorio-Alonso, H. (2022). Mecanismos moleculares de los efectos benéficos de la alicina sobre la enfermedad cardiovascular. *Archivos de Cardiología de México*, 92(3), 362–370. <https://doi.org/10.24875/ACM.21000196>
- Awan, K. A., Butt, M. S., Ul Haq, I., & Suleria, H. A. R. (2019). Investigating the antioxidant potential of garlic (*Allium sativum*) extracts through different extraction modes. *Current Bioactive Compounds*, 15(1). <https://doi.org/10.2174/1573407213666171024121712>
- Bryan Oronsky, S. C. (2022). What exactly is inflammation (and what is it not?). *International Journal of Molecular Sciences*, 23. <https://doi.org/10.3390/ijms232314905>
- Chung, M. Y. (2023). Antiobesity effects of onion (*Allium cepa*) in subjects with obesity: Systematic review and meta-analysis. *Food Science & Nutrition*, 11(8), 4409–4418. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3426>
- Cooper, S. R. (2021). Sex/gender differences in obesity prevalence, comorbidities, and treatment. *Current Obesity Reports*. <https://doi.org/10.1007/s13679-021-00453-x>
- Cordero, C. (2020, 22 de abril). *Constituyentes químicos y actividad farmacológica del ajo (Allium sativum L.)*. Heaven Biotech. <https://heavenbiotech.cl/constituyentes-quimicos-y-actividad-farmacologica-del-ajo-allium-sativum-l/>
- Cruz, A. J., Brito, I. P., Sobral, M. A., Sousa, A. T., Alves, E. F., Andreza, R. S., & Ribeiro, T. R. (2016). Avaliação da atividade antibacteriana e moduladora dos extratos metanólico e hexânico da folha de *Allium cepa*. *Revista Ciências da Saúde*, 14(2).
- de la Torre, L., Navarrete, H., Muriel M., P., Macía, M. J., & Balslev, H. (Eds.). (2008). *Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador*. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus.
- Elberry, A. A.-M. (2014). Immunomodulatory effect of red onion (*Allium cepa* Linn) scale extract on experimentally induced atypical prostatic hyperplasia in Wistar rats. *Mediators of Inflammation*, 640746. <https://doi.org/10.1155/2014/640746>
- Freire-Fierro, A. (2004). *Botánica sistemática ecuatoriana*. Missouri Botanical Garden Press.
- Galdiero, E. D. (2020). *Allium ursinum* and *Allium oshaninii* against *Klebsiella pneumoniae* and *Candida albicans* mono- and polymicrobial biofilms in in vitro static and dynamic models. *Microorganisms*, 8(3), 336. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8030336>
- Gao, Y. W. (2024). Therapeutic potentials of allicin in cardiovascular disease: Advances and future directions. *Chinese Medicine*, 19(1), 93. <https://doi.org/10.1186/s13020-024-00936-8>
- García-Muñoz, A. (2015). Ajo (*Allium sativum*) para prevenir hipertensión y aterosclerosis. *Revista Vinculando*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2615.0481>
- Garden Seeds Market. (2022, 25 de septiembre). *Cebolla - Red Baron - 450 semillas - Allium cepa L.* <https://garden-seedsmarket.com/cebolla-red-baron.html>
- González Maza, M. G. (2017). Revisión bibliográfica sobre el uso terapéutico del ajo. *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación*, 6(1). <https://revrehabilitacion.sld.cu/index.php/reh/article/view/161>
- González, C. A., Robledo, M. de L., Medina, I. M., Velázquez, J. B., Girón, M. I., Quintanilla, B., Pérez, N. E., & Rojas, A. E. (2010). Patrón de uso y venta de plaguicidas en Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26(3), 221–228.
- González-Costa, M. (2019). La inflamación desde una perspectiva inmunológica: Desafío a la medicina en el siglo XXI. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 30–44.
- Gonzalo, M. (2021, 29 de julio). *Ajo, una hortaliza muy saludable*. Canal Salud Mapfre. <https://www.salud.mapfre.es/nutricion/alimentos/ajo-un-condimento-muy-saludable>
- Guillamón, E. (2018). Efecto de compuestos fitoquímicos del género *Allium* sobre el sistema inmune y la respuesta inflamatoria. *Ars Pharmaceutica*. <http://dx.doi.org/10.30827/ars.v59i3.7479>
- Hall, A. T.-R. (2017). Garlic organosulfur compounds reduce inflammation and oxidative stress during dengue virus infection. *Viruses*, 9(7), 159. <https://doi.org/10.3390/v9070159>
- Herbarium. (2022, 25 de septiembre). *Allium fistulosum*. https://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Allium_fistulosum.htm
- Hu, W. S. (2024). Diallyl disulfide synergizes with melphalan to increase apoptosis and DNA damage through elevation of reactive oxygen species in multiple myeloma cells. *Annals of Hematology*, 103(4), 1293–1303. <https://doi.org/10.1007/s00277-023-05592-w>
- Jaiswal, N. (2014). Onion extract (*Allium cepa* L.), quercetin and catechin up-regulate paraoxonase 1 activity with concomitant protection against low-density lipoprotein oxidation in male Wistar rats subjected to oxidative stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(13), 2752–2757. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6620>

- Khubber, S. H. (2020). Garlic (*Allium sativum* L.): A potential unique therapeutic food rich in organosulfur and flavonoid compounds to fight with COVID-19. *Nutrition Journal*, 19(1), 124. <https://doi.org/10.1186/s12937-020-00643-8>
- Kiss, A. L. (2022). Inflammation in focus: The beginning and the end. *Pathology and Oncology Research*. <https://doi.org/10.3389/pore.2021.1610136>
- Kothari, D., Lee, W. D., & Kim, S. K. (2020). Allium flavonols: Health benefits, molecular targets, and bioavailability. *Antioxidants*, 9(9), 888. <https://doi.org/10.3390/antiox9090888>
- Krstin, S. M. (2018). *Tulbaghia violacea* and *Allium ursinum* extracts exhibit anti-parasitic and antimicrobial activities. *Molecules*, 23(2). <https://doi.org/10.3390/molecules23020313>
- Lanzotti, V. S. (2014). Compounds from *Allium* species with cytotoxic activity. *Phytochemistry Reviews*, 769–791.
- Lima da Costa da Silva, R. B. (2024). Potencial antimicrobiano dos extratos da casca e do bulbilho de *Allium sativum* frente a microorganismos patogénicos. *Revista Contemporânea*, 4(5). <https://doi.org/10.56083/RCV4N5-127>
- Ling Lu, Z. G. (2024). The potential of diallyl trisulfide for cancer prevention and treatment, with mechanism insights. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. <https://doi.org/10.3389/fcell.2024.1450836>
- MedlinePlus. (2022, 24 de septiembre). *Enfermedad de las arterias coronarias*. <https://medlineplus.gov/spanish>
- Nile, A. N. (2018). Valorization of onion solid waste and their flavonols for assessment of cytotoxicity, enzyme inhibitory and antioxidant activities. *Food and Chemical Toxicology*, 119, 281–289. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.02.056>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)*.
- Pacheco Coello, F. J. (2023). Primer análisis comparativo de la actividad antioxidante, hemolítica y antihemolítica de extractos acuosos de cinco especies del género *Hibiscus* presentes en Latinoamérica. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 6(2), 9–24. <https://doi.org/10.22206/cac.2023.v6i2.3015>
- Pliego Pastrana, P. R. (2024, 28 de septiembre). *Las proteínas y el código genético*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n1/e7.html>
- Riaz, H. K. (2018). Association between obesity and cardiovascular outcomes: A systematic review and meta-analysis of Mendelian randomization studies. *JAMA Network Open*, 1(7), e183788. <https://doi.org/10.1001/jama-networkopen.2018.3788>
- Rouf, R. U. (2020). Antiviral potential of garlic (*Allium sativum*) and its organosulfur compounds: A systematic update of pre-clinical and clinic data. *Trends in Food Science & Technology*, 104, 219–234. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.006>
- Sharma, D. R. (2019). In silico and in vitro approach of *Allium cepa* and isolated quercetin against MDR bacterial strains and *Mycobacterium smegmatis*. *South African Journal of Botany*, 124, 29–35.
- Singh, M. L. (2023). Plant-derived natural compounds as an emerging antiviral in combating COVID-19. *Indian Journal of Microbiology*, 63(4), 429–446. <https://doi.org/10.1007/s12088-023-01121-5>
- Stanisavljević, N. S.-V. (2020). Antioxidant and antiproliferative activity of *Allium ursinum* and their associated microbiota during simulated in vitro digestion in the presence of food matrix. *Frontiers in Microbiology*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33335521/>
- Velázquez-Morales, B. P.-V. (2021). Effect of paraoxonase 1 on health and its modulation through diet. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud*, 209–213.
- Villa Sánchez, F. E., Moncayo Molina, W. E., Alvarado Aguilar, M. C., Leal Chantong, A. A., & Daza Barcia, D. D. (2021). Síntesis verde de nanopartículas de plata (AgNPs) utilizando ajo (*Allium sativum* L.) y exploración de su actividad antimicrobiana y catalítica. *FACSALUD-UNEMI*, 5(8), 39–50. <https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol5iss8.2021pp39-50>
- Villarroya, F. (2018, 28 de septiembre). *SINC: Ciencia contada en español*. <https://www.agenciasinc.es/Noticias/El-tejido-adiposo-marron-activa-el-metabolismo-de-grasas-y-carbohidratos>
- Vivek D. Savairam, N. A. (2023). Allicin: A review of its important pharmacological activities. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2023.100283>
- Yaghoubian, H. N. (2021). Evaluate the therapeutic effect of allicin (L-cysteine) on clinical presentation and prognosis in patients with COVID-19. *European Journal of Translational Myology*, 31(2), 9518. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2021.9518>