Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2025,
Volumen 9, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

EL PAPEL DE LA CEBOLLA EN EL TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES A TRAVÉS DE SUS COMPONENTES PRINCIPALES (QUERCETINA Y ALICINA) USANDO QUÍMICA CUÁNTICA IN SILLICO

THE ROLE OF ONION IN THE TREATMENT OF DISEASES THROUGH ITS MAIN COMPONENTS (QUERCETIN AND ALLICIN) USING IN SILLICO QUANTUM CHEMISTRY

Dr. Manuel González Pérez
Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Liliana Basilio Betanzos
Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Socorro Torres Reyes
Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Itzel Villegas Martinez
Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Blanca Azucena Machorro Arenas
Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Diana Itzel Zarate Garcia
Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Kevin Trinidad Rosas
Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17416

El Papel de la Cebolla en el Tratamiento de Enfermedades a Través de sus Componentes Principales (Quercetina y Alicina) Usando Química Cuántica in Sillico

Dr. Manuel González Pérez[1]
m.gonzalez.perez@personal.uttecam.edu.mx
https://orcid.org/0000-0001-8700-2866
Agricultura sustentable y protegida
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México

Liliana Basilio Betanzos
basilioyiyi@gmail.com
https://orcid.org/0009-0001-6692-5036
Agricultura sustentable y protegida
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México

Socorro Torres Reyes
Socorrotorresreyes2@gmail.com
https://orcid.org/0009-0007-5395-9636
Agricultura sustentable y protegida
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México

Itzel Villegas Martinez
Itzelvillegas220@gmail.com
https://orcid.org/0009-0008-4303-3327
Agricultura sustentable y protegida
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México

Blanca Azucena Machorro Arenas
lumathazulv@gmail.com
https://orcid.org/0009-0008-4303-3327
Agricultura sustentable y protegida
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México

Diana Itzel Zarate Garcia
Zaratedianaitzel5@gmail.com
https://orcid.org/0009-0005-9934-7745
Agricultura sustentable y protegida
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México

Kevin Trinidad Rosas
Ktrinidad321@gmail.com
https://orcid.org/0009-0003-4445-5234
Agricultura sustentable y protegida
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
México

[1] Autor principal.
Correspondencia: m.gonzalez.perez@personal.uttecam.edu.mx

RESUMEN

La cebolla, *Allium cepa*, es una planta herbácea monocotiledónea. Esta hortaliza contiene compuestos como la quercetina (QCT) y la alicina (ALC), que le confieren la capacidad de inhibir el crecimiento bacteriano. La cebolla roja se utiliza en medicina alternativa para tratar enfermedades como resfriados, tos, asma, dolor de garganta, congestión nasal y flemas. Esta investigación tuvo como objetivo analizar el papel de la cebolla en el tratamiento de enfermedades a través de sus componentes principales, QCT y ALC, mediante química cuántica in sillico. Se utilizó el simulador ChemDraw para buscar los nombres científicos de ALC y QCT y simular el mapa de RMN de H^1 y C^{13}. Se utilizó el simulador HyperChem para calcular los parámetros cuánticos HOMO, LUMO, BP y los parámetros cuánticos de Potencial Electrostático. Los resultados concuerdan con el poder bactericida de las dos sustancias más importantes de la cebolla, ALC y QCT. Se concluye que estas dos sustancias son altamente oxidantes para los aminoácidos (AAs) y las proteínas. Por lo tanto, pueden matar microorganismos porque no tienen un gran sistema inmunológico ni reparador.

Palabras clave: cebolla, quercetina, alicina, química cuántica, enfermedades respiratorias

The Role of Onion in the Treatment of Diseases Through its Main Components (Quercetin And Allicin) Using in Sillico Quantum Chemistry

ABSTRACT

The onion, Allium cepa, is a herbaceous monocotyledonous plant. This vegetable contains compounds such as quercetin (QCT) and allicin (ALC), which give it the ability to inhibit bacterial growth. Red onion is used in alternative medicine to treat illnesses such as colds, coughs, asthma, sore throats, nasal congestion, and phlegm. This research aimed to analyze the role of onion in treating diseases through its main components, QCT and ALC, used quantum chemistry "in sillico". The ChemDraw simulator was used to search for the scientific names of ALC and QCT and simulate the NMR map of H1 and C13. The HyperChem simulator was used to calculate the quantum parameters HOMO, LUMO, BP, and the quantum parameters of Electrostatic Potential. The results are consistent with the bactericidal power of the two most important substances in onion, ALC, and QCT. It is concluded that these two substances are very oxidizing for amino acids (AAs) and proteins. Therefore, they can kill microorganisms because they do not have a great immune or reparative system.

***Keywords*:** onion, quercetin, allicin, quantum chemistry, respiratory diseases

Artículo recibido 05 marzo 2025
Aceptado para publicación: 28 abril 2025

INTRODUCCIÓN

La cebolla

La cebolla, *Allium cepa*, es una planta monocotiledónea herbácea. El bulbo, la parte principal de la planta de la cebolla, se utiliza como alimento y condimento, esto por su sabor, olor y textura. Antes que se forme el bulbo, de las plantas inmaduras se pueden utilizar las hojas verdes y la base blanca de estas. Además, mediante el proceso de destilación se puede preparar un aceite de cebolla. Esta hortaliza contiene compuestos fenólicos como la QCT, que le brindan la capacidad de inhibir el crecimiento de las bacterias.

La cebolla posee las siguientes propiedades: antiviral, antidiabética, antiprotozoaria, antioxidante, anticancerígena, antiasmática, antiinflamatoria, hepatoprotectora, neuroprotectora, hipotensora, hipoglucemiante y prebiótica. Además de contener vitamina C y fibra, así como macro y micronutrientes que ayudan a mantener la salud en buenas condiciones, es un alimento de bajo aporte calórico. (Elattar, et al., 2024)

Componentes principales de la cebolla

Tanto la cebolla blanca como la morada o roja tienen vitaminas y minerales y sus principales activos son la ALC y la QCT, componentes a los que se les atribuyen varias propiedades medicinales, entre ellas efecto antiinflamatorio y antioxidante.

La ALC es un compuesto organosulfurado que se produce a partir de la acción de la enzima alinasa sobre la aliína. La QCT es un pigmento vegetal (flavonoide). La QCT tiene efectos antioxidantes y antiinflamatorios que podrían ayudar a reducir la hinchazón, matar las células cancerosas, controlar el azúcar en la sangre y ayudar a prevenir enfermedades cardíacas. La ALC como la QCT pueden jugar un papel importante en el manejo y prevención de enfermedades respiratorias, al abordar inflamación, infecciones, y estrés oxidativo, que son factores clave en muchas de estas condiciones.

Enfermedades que se tratan con cebolla

La cebolla morada se utiliza en la medicina alternativa para tratar enfermedades como el resfriado, la tos, el asma, el dolor de garganta, la congestión nasal y las flemas. También se dice que puede ayudar con el dolor de estómago, los trastornos urinarios y la anemia.

La ALC ha demostrado varios efectos terapéuticos, como protección contra las enfermedades cardiovasculares, antioxidante, anticancerígeno, antimicrobiano, antiasmático, inmunorregulador, reductor de la presión arterial y antilipidémico.

Enfermedades que se pueden tratar con ALC

1. Infecciones bacterianas: La ALC tiene propiedades antibacterianas que pueden ayudar a combatir infecciones bacterianas como la tuberculosis, la neumonía y la sepsis. (Reda, et al., 2024)
2. Infecciones fúngicas: La ALC también tiene propiedades antifúngicas que pueden ayudar a combatir infecciones fúngicas como la candidiasis y la aspergilosis.
3. Enfermedades cardiovasculares: La ALC puede ayudar a reducir la presión arterial y el colesterol, lo que puede reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares como la hipertensión y la aterosclerosis. (Gao, et al., 2025)
4. Cáncer: La ALC tiene propiedades anticancerígenas que pueden ayudar a prevenir el crecimiento y la propagación de células cancerígenas.

Enfermedades que se pueden tratar con QCT.

1. Enfermedades inflamatorias: La QCT tiene propiedades antiinflamatorias que pueden ayudar a reducir la inflamación y el dolor en enfermedades como la artritis y la gota. (El-Hashim., et al, 2024) (Zang, et al., 2024).
2. Enfermedades respiratorias: La QCT puede ayudar a reducir la inflamación y la congestión en enfermedades respiratorias como el asma y la bronquitis. (Elbaki et al, 2024) (Norweg, et al., 2024)
3. Enfermedades digestivas: La QCT puede ayudar a reducir la inflamación y el dolor en enfermedades digestivas como la úlcera, la colitis e hígado graso. El potencial prebiótico de los extractos de cebolla en la dieta: modelando las estructuras microbianas intestinales promueve metabolitos beneficiosos. (Yoo, et al, 2024) (Jiang, et al., 2024)
4. Enfermedades de la piel: La QCT puede ayudar a reducir la inflamación y el dolor en enfermedades de la piel como el eczema y la psoriasis.

La química cuántica como herramienta para estudiar las enfermedades.

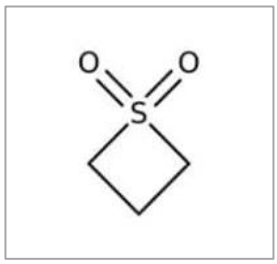
Las enfermedades y la química cuántica pueden estar relacionadas de manera indirecta a través de la comprensión de los procesos moleculares y bioquímicos que afectan los pulmones y el sistema

respiratorio .Aunque la relación entre química cuántica y enfermedades respiratorias no es directa o evidente en la vida cotidiana, esta disciplina es fundamental para comprender y mejorar los tratamientos y la prevención de enfermedades respiratorias, en particular en la investigación médica y farmacológica.

Química cuántica.

La ALC es un compuesto organosulfurado responsable del sabor picante de la cebolla. La estructura de la ALC se caracteriza por un anillo de tietano (figura 1) con un grupo sulfenil (S=O) y un grupo alílico.

Figura 1. Tietanos. Compuestos heterocíclicos organosulfurados que consisten en un anillo de cuatro miembros con un átomo de azufre y tres átomos de carbono.



La química cuántica de la ALC se centra en el estudio de los orbitales moleculares y la distribución de la densidad electrónica. La ALC exhibe un sistema pi extendido, lo que contribuye a su actividad biológica.

La QCT tiene una estructura compleja con un núcleo de flavonol y varios grupos hidroxilo. La química cuántica de la QCT se centra en la comprensión de sus propiedades antioxidantes y su interacción con los radicales libres. La QCT tiene un sistema pi extendido que facilita la transferencia de electrones y la estabilización de los radicales libres. (González, 2017.A) (González, 2017.B) (Pérez, et al., 2014) (Colin-Ortega & González-Pérez, 2020) (Torres-Contreras, et al., 2019) (González-Pérez, et al., 2021)

METODOLOGÍA

Se usó el simulador chemdraw para buscar el nombre científico de la ALC y la QCT, además de simular el mapa RMN de H^1 y C^{13}. Esta simulación se hizo para buscar los puntos más reactivos de sendas moléculas. Se usó el simulador hyperchem para calcular los parámetros cuánticos HOMO, LUMO, BP y los parámetros cuánticos del Potencial Electrostático tales como E-, E+ y el PE. Luego se dividió el BP/PE, para obtener el Coeficiente de Transferencia de Electrones (CTE).

Los cálculos cuánticos se dividieron en tres partes. La primera parte fue la caracterización de los AAs y las dos sustancias QCT y ALC puras.

En la segunda parte, se calculó las interacciones REDOX y la tercera parte consistió en calcular las interacciones de cada sustancia con cada AA.

Toda la investigación fue in sillico, no hubo investigación práctica de laboratorio de química o similar.

En los cálculos se resolvieron miles de ecuaciones y se diseñaron simuladores caseros en excel no presentados aquí por razones de espacio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización molecular

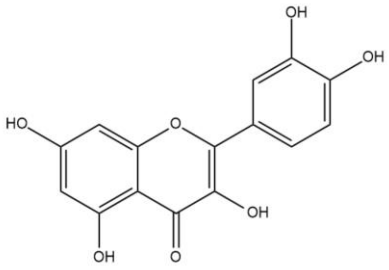
En las figura 2 y 3. Se muestra las estructuras y nombres según la UIPAC de la QCT y la ALC respectivamente.

En las figuras 4 y 5 se muestran los resultados de la simulación de la RMN. Los valores más altos indican protones más desprotegidos. En el caso de la QCT, el valor más alto 16.77 ppm pertenece al grupo hidroxilo ubicado en medio de un doble enlace y un grupo carbonilo en el anillo doble. En la ALC, el valor más alto es de 6.02 ppm, ubicado en carbono 2. Estos protones son los más reactivos con respecto a una base orgánica (ataque nucleofílico).

Frente a una misma base, el protón más desprotegido (QCT) sería el atacado.

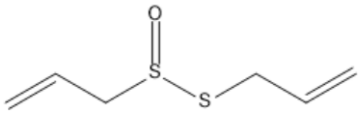
En las figuras 6 y 7, se presentan los resultados de la simulación RMN-C13 con ambas sustancias.

Figura 2. QCT. Nomenclatura UIPAC.



2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-4*H*-chromen-4-one

Figura 3. ALC. Nomenclatura. UIPAC.



S-allyl prop-2-ene-1-sulfinothioate

Figura 4. QCT. RMN-H[1]

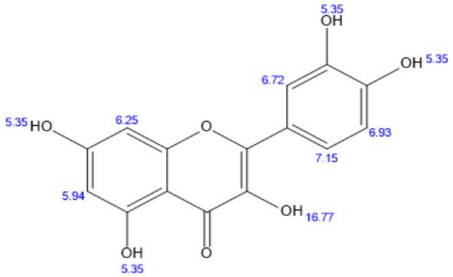


Figura 5. ALC. RMN-H[1]

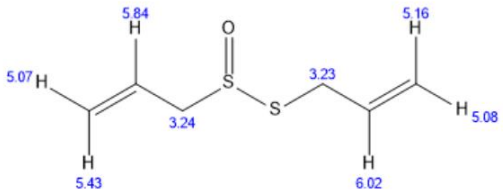


Figura 6. QCT. RMN-C^{13}

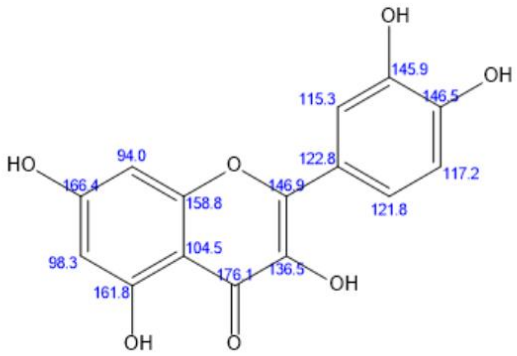
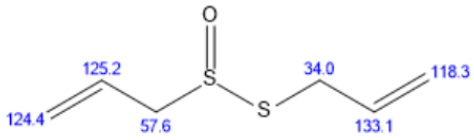
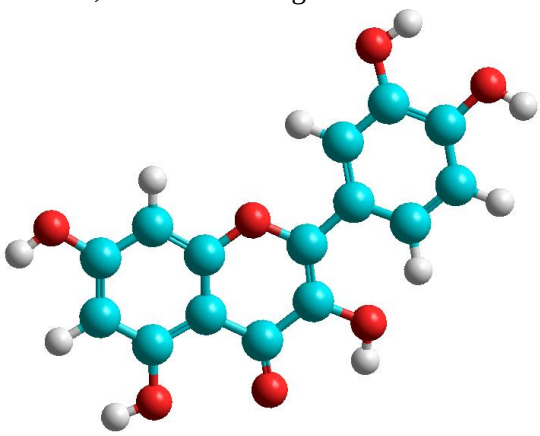


Figura 7. ALC. RMN-C^{13}

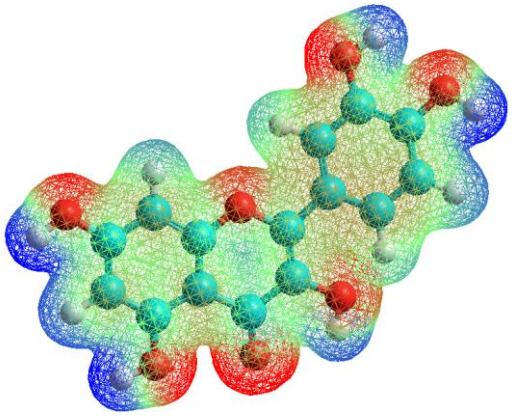


Generalmente (no siempre) esta simulación de RMN, coincide con los cálculos de HOMO y LUMO (Teoría TOM) de cada molécula y de los electrones de valencia (Teoría EV).

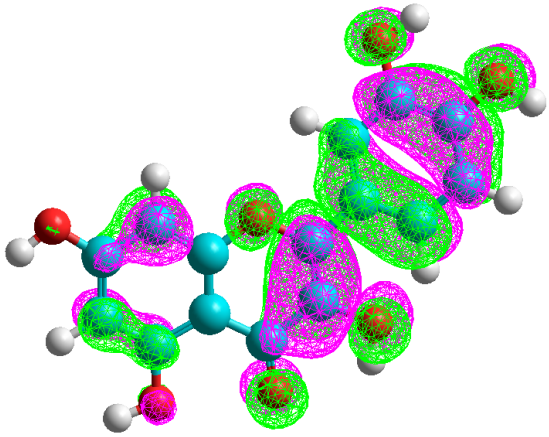
Figura 8. Mapas de las moléculas y sus nubes electrónicas de la QCT. Rojo = oxígeno, Cian = Carbonos, Blanco = Hidrógenos.



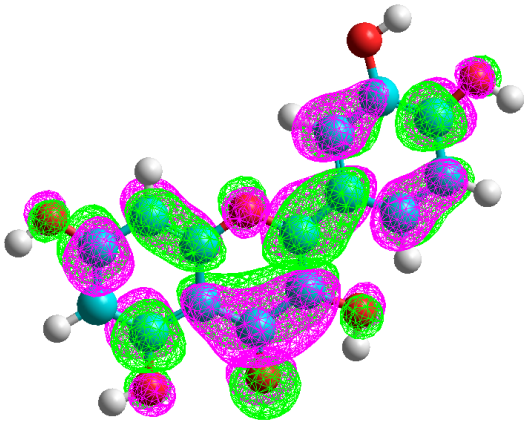
A) QCT. Hyperchem



B) QCT. Mapa electrostático



C) QCT. HOMO



D) QCT. LUMO

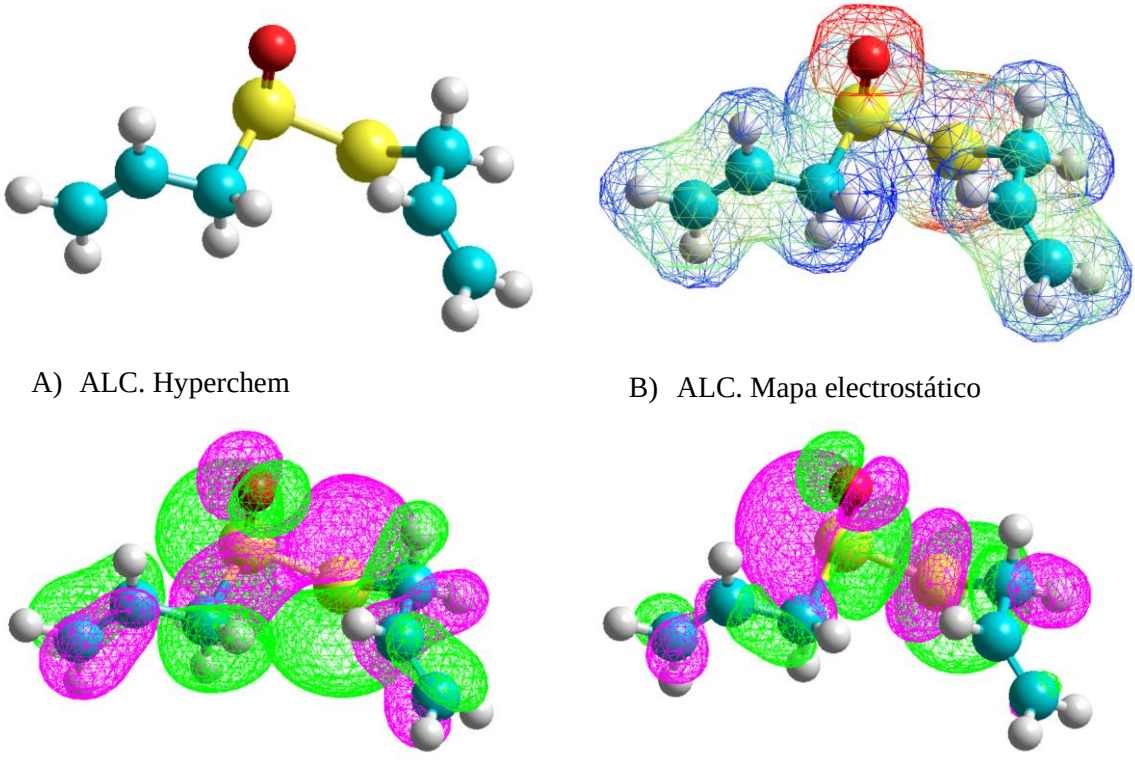
En la figura 8 se muestran cuatro imágenes. La imagen A es el diseño molecular de la QCT en el software hyperchem. La imagen B representa el mapa electrostático, en la cual la nube roja es negativa, la nube azul es positiva y la nube verde es neutral.

Las imágenes C y D se refieren a HOMO y LUMO de valencia de la QCT. Estas nubes se observan casi en los mismos átomos; por lo tanto, se dice que sufren transposición cuántica.

El resultado de esta transposición es formar esferas como conglomerados.

Si comparamos la los esquemas de la misma molécula RMNs con los orbitales cuánticos, la coincidencia es mínima. Casi imperceptible.

Figura 9. Mapas de las moléculas y sus nubes electrónicas de la ALC. Rojo = oxígeno, Cian = Carbonos, Blanco = Hidrógenos, Amarillo = Azufre.



A) ALC. Hyperchem

B) ALC. Mapa electrostático

C) ALC. HOMO

D) ALC. LUMO

En la figura 9 se muestran cuatro imágenes. La imagen A es el diseño molecular de la ALC en el software hyperchem. La imagen B representa el mapa electrostático, en la cual la nube roja es negativa, la nube azul es positiva y la nube verde es neutral.

Las imágenes C y D se refieren a HOMO y LUMO de valencia de la ALC. Estas nubes se observan casi en los mismos átomos; por lo tanto, se dice que sufren transposición cuántica.

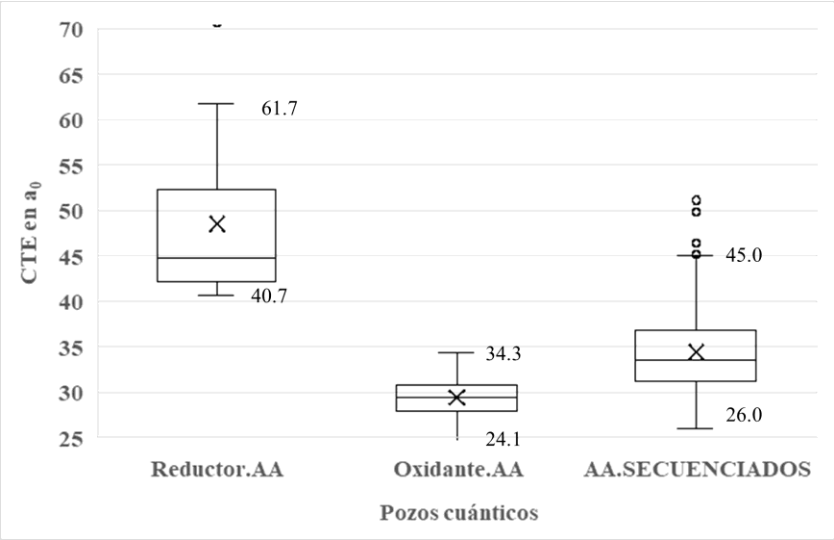
El resultado de esta transposición es formar esferas como conglomerados.

Si comparamos la los esquemas de la misma molécula RMNs con los orbitales cuánticos, la coincidencia es mínima. Casi imperceptible en sendas moléculas.

Interacciones REDOX y generales.

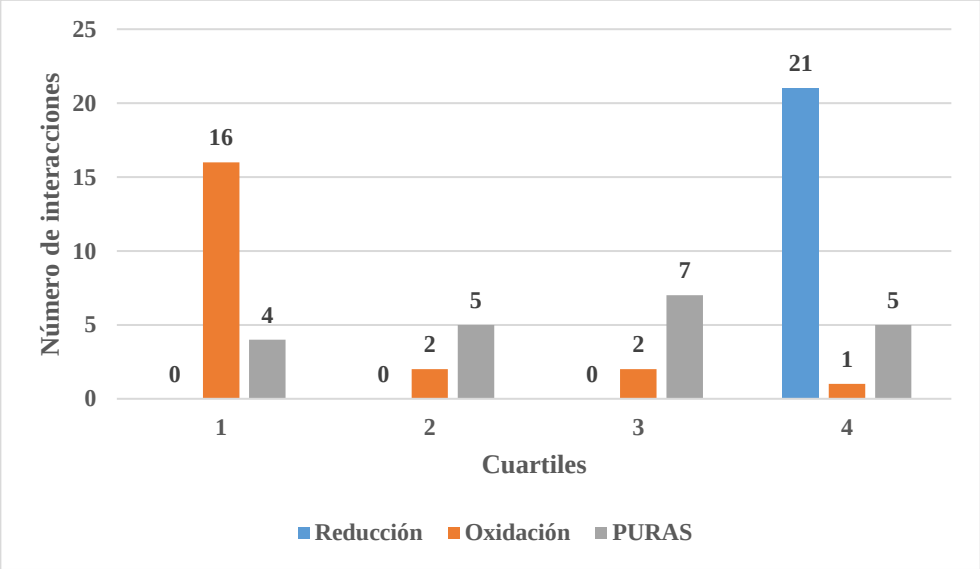
Las interacciones redox, son parecidas al mecanismo en la teoría de electrones de valencia (TEV). La diferencia es que en la Teoría Orbital Molecular (TOM), las moléculas se juntan formando aglomerados, solo en ocaciones éstas reaccionan químicamente.

Figura10. Pozos cuánticos REDOX ALC vs AAs



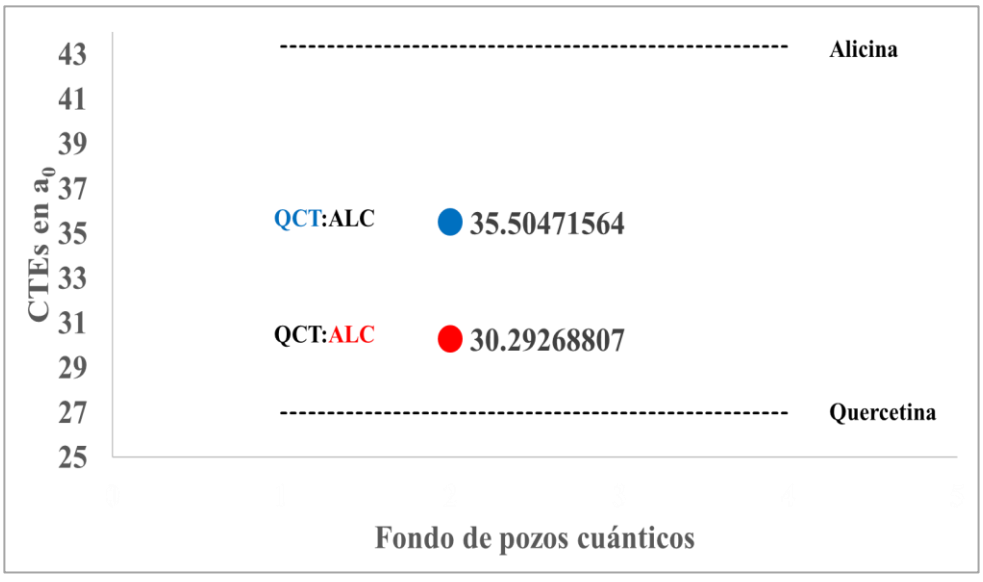
Esta figura 10 representa los pozos cuánticos REDOX de la ALC y los AAs del cuerpo humano. Cada gráfico es el resultado de 41 interacciones moleculares de la ALC y los 20 AAs incluyendo AAs puros. El diagrama de la izquierda, se refiere a solamente las interacciones de reducción o antioxidación. El diagrama del centro, indica el las interacciones oxidantes y el diagrama de la derecha, es el resultado de las interacciones de los AAs secuenciados como proteínas que incluyen las enzimas y péptidos. El diagrama de bigotes del centro (oxidante) es el más profundo. Este fenómeno se interpreta como que la ALC es muy oxidante para los AAs del cuerpo. Debido a esta propiedad se dice que la ALC es bactericida y fungicida.

Figura11. Interacciones de la ALC vs AAs. Por cuartiles



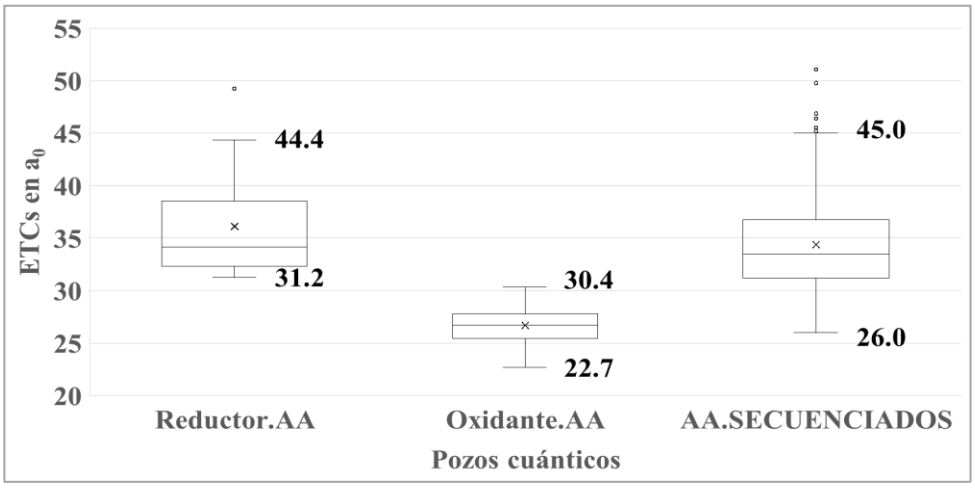
La figura 11 representa las interacciones de la ALC vs AAs del ser humano en sus cuartiles correspondientes. Las barras de color naranja se refieren a las interacciones moleculares cuánticas de oxidación. Las barras de color azul y las grises corresponden a las interacciones de antioxidación (reducción) y entre los AAs puros respectivamente. El eje de las "x" nos muestra los cuartiles; mientras que, eje de las "y" nos muestra el número de interacciones químico cuánticas entre la ALC y los AAs. La barra más grande es la de color azul (21 interacciones), ubicada en el cuadrante cuatro. Este fenómeno indica que la ALC es poco probable que sea antioxidante; sin embargo, la barra naranja (16 interacciones) en el cuadrante 1, indica que la ALC es muy oxidante.

Figura 12. Choque entre la ALC y la QCT. La ALC oxida a la QCT.



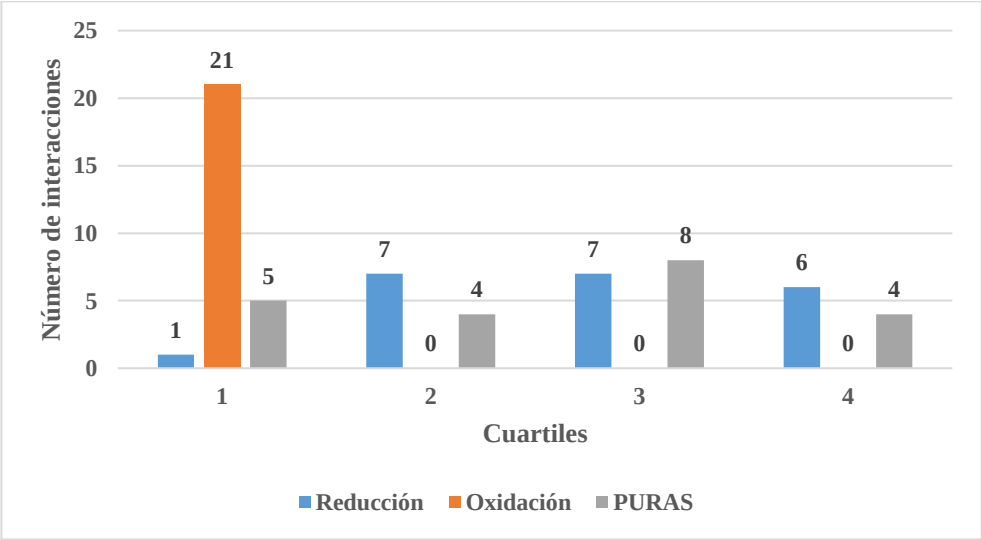
En esta figura 12 se presenta el choque de ambas sustancias. Las líneas punteadas representan ETCs límites de las sustancias en cuestión. El eje de las “x” se refiere a las unidades de ETCs en radios de Bohr (a_0). El eje de las “y” nos muestra a los pozos cuánticos. Tanto la oxidación (punto rojo) como la reducción o antioxidación (punto azul) de la ALC se ubican en la zona media de probabilidad y afinidad. Pero el punto rojo está más abajo del pozo. Este punto nos indica que la ALC es un agente oxidante de la QCT.

Figura 13. Pozos cuánticos REDOX QCT vs AAs



Esta figura 13 representa los pozos cuánticos REDOX de la QCT y los AAs del cuerpo humano. Los resultados son muy parecidos a los resultados de la ALC. La diferencia son los números. Se observa que la QCT es un oxidante más fuerte que la ALC. Ambos pozos cuánticos varían en su límite inferior, la ALC tiene un fondo de 24.1 a_0; mientras que la QCT su fondo es de 22.7 a_0.

Figura 14. Interacciones de la ALC vs AAs. Por cuartiles



La figura 14 representa las interacciones de la QCT vs AAs del ser humano en sus cuartiles correspondientes.

El comportamiento de la QCT es muy parecido nuevamente al comportamiento de la ALC. La diferencia radica en el número de interacciones oxidantes (barra naranja). En esta se pueden leer 21, mientras que en la gráfica de la ALC solo se leen 16 en el primer cuartil. Por esta razón se dice que la QCT es un oxidante más fuerte y más probable que la ALC cuando se enfrentan a los AAs del cuerpo humano.

CONCLUSIONES

Objetivo. Analizar el papel de la cebolla en el tratamiento de enfermedades a través de sus componentes principales (QCT y ALC) usando química cuántica in sillico. Se cumplió.

Hipótesis. En base al estado del arte, la cebolla, a través de sus compuestos químicos la QCT y la ALC tiene propiedades antimicrobianas que sirven para el tratamiento de enfermedades respiratorias pricipalmente, entre otras.

Tesis. Se comprobó esta hipótesis (tablas y figuras mencionadas arriba). La cebolla con sus sendas sustancias es un agente oxidante para los AAs del cuerpo humano incluyendo los AAs secuenciados o proteínas (enzimas y péptidos).

Corolarios (hallazgos que no se mencionaron o advirtieron en el objetivo ni en las hipótesis).

La QCT es una sustancia de acción prolongada (gráfica de choques); mientras que la ALC no es de acción prolongada.

La ALC es un agente oxidante de la QCT. Este fenómeno amortigua la agresividad de la QCT (ver gráfica de choques).

La QCT (21 interacciones) es un agente más oxidante que la ALC (16 interacciones). Favor de comparar las dos gráficas de barras.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Colin-Ortega, J. C., & González-Pérez, M. (2020). Analysis of the chemical-quantum interactions of some components of carrots versus sars-cov-2 proteins and their influence on covid-19. World Journal of Pharmaceutical Research, 9(15), 41-49.

Elattar MM, Darwish RS, Hammoda HM, Dawood HM. An ethnopharmacological, phytochemical, and pharmacological overview of onion (Allium cepa L.). J Ethnopharmacol. 2024 Apr 24;324:117779. doi: 10.1016/j.jep.2024.117779. Epub 2024 Jan 21. PMID: 38262524.

Elbaki BTA, Sameh H, El-Haleem MRA, Abd-Elsattar AA. Possible protective effect of quercetin on lung injury induced by skeletal muscle ischemia reperfusion (IR) injury of adult male albino rats: Histological and biochemical study. J Mol Histol. 2024 Dec 19;56(1):48. doi: 10.1007/s10735-024-10303-4. PMID: 39699779.

El-Hashim AZ, Khajah MA, Orabi KY, Balakrishnan S, Sary HG, Barakat AM. Treatment with onion bulb extract both prevents and reverses allergic inflammation in a murine model of asthma. Pharm Biol. 2024 Dec;62(1):326-340. doi: 10.1080/13880209.2024.2335187. Epub 2024 Apr 8. PMID: 38584568; PMCID: PMC11003327.

Gao Y, Qin G, Liang S, Yin J, Wang B, Jiang H, Liu M, Luo F, Li X. Metagenomic Sequencing Combined with Metabolomics to Explore Gut Microbiota and Metabolic Changes in Mice with Acute Myocardial Infarction and the Potential Mechanism of Allicin. Drug Des Devel Ther. 2025 Feb 3;19:771-791. doi: 10.2147/DDDT.S504884. PMID: 39925879; PMCID: PMC11806679.

González, 2017. Quantum modeling to determine the carcinogenic potential of aflatoxin B1 produced by Aspegillus sp and its metabolic derivate aflatoxin M1 Mexican Journal of Biotechnology 2017, 2(2):255-270 ISSN:2448-6590 Journal homepage:www.mexjbiotechnol.com.

González-Pérez, M. (2017). Quantum Theory of the Electron Transfer Coefficient. International Journal of Advanced Engineering, Management and Science, 3(10), 239932.

Jiang L, Yi R, Chen H, Wu S. Quercetin alleviates metabolic-associated fatty liver disease by tuning hepatic lipid metabolism, oxidative stress and inflammation. Anim Biotechnol. 2025 Dec;36(1):2442351. doi: 10.1080/10495398.2024.2442351. Epub 2024 Dec 24. PMID: 39718035.

Norweg A, Oh C, Nolan A. Onion consumption is protective against asthma risk in children: ROAD to health population-based cohort study. Respir Med. 2024 Nov;233:107767. doi: 10.1016/j.rmed.2024.107767. Epub 2024 Aug 11. PMID: 39137862.

Perez, M. G., Barrera, F. A. G., Diaz, J. F. M., Torres, M. G., & Oglesby, J. M. L. (2014). Theoretical calculation of electron transfer coefficient for predicting the flow of electrons by PM3, using 20 amino acids and nicotine. European Scientific Journal, ESJ, 10(27), 690.

Reda R, Khalil AA, Elhady M, Tayel SI, Ramadan EA. Anti-parasitic activity of garlic (Allium sativum) and onion (Allium cepa) extracts against Dactylogyrus spp. (Monogenean) in Nile tilapia (Oreochromis niloticus): Hematology, immune response, histopathological investigation, and inflammatory cytokine genes of gills. BMC Vet Res. 2024 Jul 26;20(1):334. doi: 10.1186/s12917-024-04187-5. PMID: 39061083; PMCID: PMC11282636.

Torres-Contreras, Y., Iglesias-Arruti, C., Moreno-Hernández, M., Contreras-Contreras, N., Cid-Rosiles, A., & González-Pérez, M. (2019). CHEMICAL-QUANTUM ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF BIOACTIVE DIPEPTIDS FOR THE POSSIBLE TREATMENT OF DIABETES. World Journal of Pharmaceutical Research, 8, 1-10.

Yoo Y, Kim S, Lee W, Kim J, Son B, Lee KJ, Shin H. The prebiotic potential of dietary onion extracts: shaping gut microbial structures and promoting beneficial metabolites. mSystems. 2025 Jan 21;10(1):e0118924. doi: 10.1128/msystems.01189-24. Epub 2024 Dec 23. PMID: 39714164; PMCID: PMC11748487.

Zhang T, Huang Q, Lu L, Zhou K, Hu K, Gan K. ROS-responsive Hydrogel Loaded with Allicin Suppresses Cell Apoptosis for the Treatment of Intervertebral Disc Degeneration in a Rat Model. World Neurosurg. 2025 Jan;193:675-686. doi: 10.1016/j.wneu.2024.10.056. Epub 2024 Nov 16. PMID: 39490768.

González-Pérez, M., Isasmendi-Cortés, M., Buendía-Córdova, J. S., Caamal-Mota, A., Castro-Jara, H., Zúñiga-Márquez, E. A., & de Román-Mello, V. H. (2021). Study of chemical-quantum interactions of structural amino acids of her-2 and quercetin. World Journal of Pharmaceutical Researchwww. wjpr. net, 10(14).