

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE TISANAS DE CANELA (*CINNAMOMUM VERUM*) OBTENIDAS POR EXTRACCIÓN CON MICROONDAS Y ASISTIDA POR ULTRASONIDO

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF CINNAMON (*CINNAMOMUM VERUM*) INFUSIONS OBTAINED BY MICROWAVE EXTRACTION AND ULTRASOUND ASSISTED BY ULTRASOUND

María Magali Morales Guillen ^a(0000-0003-3958-0420)
Dianelly Mishelle Medina García ^a(0000-0002-1568-2310)
Rafael Manuel de Jesús Mex Alvarez ^{a*}(0000-0003-1154-0566)
David Yanez Nava ^a(0000-0001-9604-526X)
Roger Enrique Chan Martínez ^a(0009-0007-6563-9023)
Dylan Manuel Ferrer Dzul ^a(0009-0004-8311-2995)

^a Laboratorio de Análisis de Medicamentos del Área de Farmacia de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche, México

^{a*} rafammex@uacam.mx

Recibido: 18 de mayo de 2025;

Aceptado: 24 de octubre de 2025;

RESUMEN

La canela es una especia obtenida a partir del árbol *Cinnamomum verum* que cuenta con actividad antimicrobiana frente a organismos como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* y *Escherichia coli* esto gracias que posee metabolitos secundarios entre los que destacan el cinamaldehído, el acetato de cinamilo y el ácido cinámico. Sin embargo, la obtención de metabolitos con actividad biológica puede verse afectada por factores como el método de extracción usado, por ello, el objetivo de este trabajo fue comparar la actividad antibacteriana de tisanas de canela (*C. verum*) obtenidas por extracción con microondas y asistida por ultrasonido. Se realizaron cuatro extractos diferentes, dos por métodos tradicionales (decocción e infusión) y dos por extracción asistida (con microondas y ultrasonido), a los cuales se les determinó su dosis letal 50 utilizando el método con artemia salina y se determinó su concentración mínima inhibitoria para *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*; se encontró que el extracto obtenido por decocción tuvo una mayor actividad inhibitoria del crecimiento sobre *S. aureus* (62.5 µg/mL), en comparación con *E. coli* y *P. aeruginosa*; las tisanas de canela obtenidas por ultrasonido y microondas presentaron un valor menor (9.57 µg/mL) de MIC sobre *Escherichia coli*.

Palabras clave: Aceite esencial, productos naturales, medicina tradicional.

ABSTRACT

Cinnamon is a spice obtained from the *Cinnamomum verum* tree and has antimicrobial activity against organisms such as *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Escherichia coli*. This is due to its secondary metabolites, including cinnamaldehyde, cinnamyl acetate, and cinnamic acid. However, the production of metabolites with biological activity can be affected by factors such as the extraction method used. Therefore, the objective of this study was to compare the antibacterial activity of cinnamon (*C. verum*) teas obtained by microwave and ultrasound-assisted extraction. Four different extracts were prepared: two using traditional methods (decoction and infusion) and two using assisted extraction (microwave and ultrasound). Their lethal dose 50 was determined using the brine shrimp method, and their minimum inhibitory concentration (MIC) for *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Escherichia coli* was also determined. The extract obtained by decoction was found to have greater growth inhibitory activity against *S. aureus* (62.5 µg/mL) compared to *E. coli* and *P. aeruginosa*. The cinnamon teas obtained by ultrasound and microwave showed a lower MIC (9.57 µg/mL) against *Escherichia coli*.

Keywords: Essential oil, natural products, traditional medicine.

INTRODUCCIÓN

El género *Cinnamomum* consiste en plantas originarias del sureste asiático cuyas partes, como las hojas y la corteza, se usan en la cocina para condimentar los alimentos; además, sus aceites esenciales son empleados en la medicina tradicional para tratar resfriados, dolores musculares, dolores durante la menstruación, control de glucosa y como agentes antienvjecimiento (Singh *et al.*, 2021; Farias *et al.*, 2020). Se ha probado que las plantas del género *Cinnamomun* poseen actividad antimicrobiana, antibiofilm, antioxidante y anticancerígena, esto gracias a su composición química entre la cual podemos encontrar metabolitos con actividad biológica (Singh *et al.*, 2021; Farias *et al.*, 2020).

Cinamomun verum es un árbol con una corteza de color marrón grisáceo que alcanza una altura de 10–15 m de largo, con hojas de color verde oscuro de forma ovada que miden entre 7 y 18 cm de largo y tienen las puntas puntiagudas (Singh *et al.*, 2021). La corteza de *C. verum*, comúnmente conocida como canela, es una especia usada en todo el mundo que tiene una gran importancia económica; además, cuenta con diversas actividades biológicas por ejemplo antioxidante, antibiofilm, antibacteriana y citotóxica (Farias *et al.*, 2020; Narayanankutty *et al.*, 2021; Phu *et al.*, 2022).

La canela ha demostrado tener actividad contra diversos tipos de bacterias entre las cuales se encuentran *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* y *Escherichia coli* multidrogo resistente, así como actividad contra células cancerosas citotóxica (Phu *et al.*, 2022; Narayanankutty *et al.*, 2021; Farias *et al.*, 2020). Entre los compuestos que mayormente se encuentran en el aceite esencial de la canela están el cinamaldehído, el acetato de cinamilo, el ácido cinámico, el eugenol y el linalool que le brindan aroma y sus propiedades medicinales citotóxica (Farias *et al.*, 2020; Narayanankutty *et al.*, 2021; Singh *et al.*, 2021; Phu *et al.*, 2022).

La obtención de aceites esenciales se hace mediante extracción por arrastre de vapor, una técnica que consiste en llevar al agua a ebullición para que el vapor producido rompa las células que contienen los aceites esenciales en el material vegetal (Naranjo & Chávez, 2015; Barotto *et al.*, 2021; Pacheco, 2021). Sin embargo, este método es lento y al usar altas temperaturas pueden perderse moléculas termolábiles afectando la concentración de metabolitos activos en el aceite esencial; este problema puede ser solventado utilizando extracción asistida ya sea por ultrasonido o por microondas los cuales aumentan el rendimiento de las extracciones (Naranjo & Chávez, 2015; Barotto *et al.*, 2021; Pacheco, 2021).

La extracción asistida por ultrasonido utiliza ondas de sonidos de alta frecuencia las cuales producen, en el disolvente, pequeñas burbujas (fenómeno que se conoce como cavitación) que, al chocar con las células, colapsan rompiendo las paredes celulares provocando así una mayor liberación de sustancias (Barotto, 2021). Mientras que la extracción asistida por microondas se basa en la interacción de la radiación electromagnética con las moléculas del material y el solvente mediante conducción iónica y rotación dipolar provocando un aumento de la temperatura y la presión, y se produce la vaporización del agua presente en los tejidos, con su consiguiente expansión y rotura, permitiendo la salida de los compuestos celulares (Barotto, 2021). El uso de ambas técnicas aumenta la eficiencia y rendimiento de las extracciones, ya que disminuyen el tiempo de extracción, el consumo de solventes y permiten una menor temperatura de operación (Puertas-Mejía, Ríos-Yepes & Rojano 2013; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2020; Barotto, 2021).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad antibacteriana de tisanas de canela obtenidas por extracción con microondas y asistida por ultrasonido y compararlas con la obtenida por métodos convencionales con la finalidad de mejorar el proceso de obtención de los metabolitos secundarios de esta planta.

METODOLOGÍA

La corteza de canela se adquirió en el comercio local, se transportó al laboratorio, se analizó macroscópicamente para eliminar impurezas, se secó en una estufa eléctrica a 40°C y posteriormente se trituroó en un molino eléctrico grado farmacéutico para obtener el polvo de la corteza de canela. El material vegetal se extrajo de acuerdo a las condiciones descritas en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones experimentales en los métodos de extracción (Fuente: elaboración propia)

Método	Condiciones generales	Condiciones particulares
Decocción	5g de canela/250mL de agua purificada	15 minutos en constante ebullición
Infusión	5g de canela/250mL de agua purificada	15 minutos de reposo en agua hervida
Ultrasonido	5g de canela/250mL de agua purificada	60 minutos de sonicación.
Microondas	5g de canela/250mL de agua purificada	Intervalos de 20 segundos hasta completar 2 minutos de calentamiento en microondas (1000 W de potencia)

Los extractos obtenidos se filtraron y se concentraron a seco en un rotavapor equipado con baño maría y a partir de la base sólida se prepararon soluciones de trabajo para la determinación de la actividad antibacteriana de los mismos; los bio ensayos se realizaron con las tisanas de *C. verum* versus *Artemia salina*, *Escherichia coli* (ATCC-25922), *Staphylococcus aureus* (ATCC-6538) y *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC-27853), se emplearon como controles positivos los antibióticos gentamicina, amikacina y ciprofloxacino.

Bioensayo de letalidad de *Artemia salina*

El bioensayo de letalidad de *Artemia salina* consistió en exponer de 20 a 30 nauplios a seis concentraciones de las tisanas (1000, 300, 100, 30, 10 y 3 ppm) durante 24 horas a temperatura ambiente y régimen continuo de luz; se emplearon placas de 24 pozos con un volumen final de 2.0 mL de NaCl 3%, se usó un control de mortalidad espontánea para corregir las letalidades obtenidas y validar el experimento si no se excedía del 10% de mortalidad. Al término de las 24 horas de exposición se contabilizó, con la ayuda de un estereoscopio, el número de nauplios muertos y se expresó como porcentaje de letalidad (Aranda-Ventura *et al.*, 2018). Se evaluaron cuatro réplicas de cada concentración de tisanas.

Determinación de la Concentración mínima inhibitoria

La concentración mínima inhibitoria (CMI) se estimó, mediante el método de microdilución en caldo (CLSI, 2012a); se utilizaron diluciones de extractos *C. verum* de: 0, 125, 250, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 y 4000 µg/mL y tres cepas bacterianas de *Staphylococcus aureus* (ATCC-6538), *Escherichia coli* (ATCC-25922) y *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC-27853). Los tubos se inocularon con una suspensión de 100 µL de microorganismos a una densidad de 10⁵ UFC/mL en caldo Müller-Hinton (Bioxon) y 50 µL más del extracto en las placas estériles de 96 pozos. Los valores de CMI se definieron como la concentración mínima de extracto que evita el crecimiento bacteriano visible después de 20 h de incubación a 37 °C; para revelar los resultados se utilizó MTT [bromuro de 3- (4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difenil-2H-tetrazolio]] que se basa en la reducción metabólica del cromógeno por la enzima mitocondrial succinato-deshidrogenasa a un producto de formazán de color azul, permitiendo determinar la funcionalidad de las células tratadas (García-Contreras *et al.*, 2019; Mora *et al.*, 2021).

Análisis estadístico

Todos los ensayos se realizaron por triplicado y se expresan como el valor media de la concentración mínima inhibitoria, obtenida al multiplicar la concentración de la tisana por el factor de dilución; los cálculos estadísticos y el análisis exploratorios de los datos se realizaron con la ayuda del programa computacional Excel ®

RESULTADOS

En bioensayo de Letalidad de *Artemia salina* permite estimar de manera general la actividad biológica y farmacológica de extractos, los resultados obtenidos en este bioensayo se reporta como la concentración de extracto requerida para causar la letalidad en el 50% de los individuos expuestos a una sustancia determinada (CL₅₀), los resultados de este bioensayo realizado con las cuatro tisanas de la canela (figura 1) demuestran que el

extracto acuoso obtenido por extracción ultrasónica contiene una mayor cantidad de metabolitos bioactivos mientras que la tisana obtenida por infusión presentó la menor bioactividad.

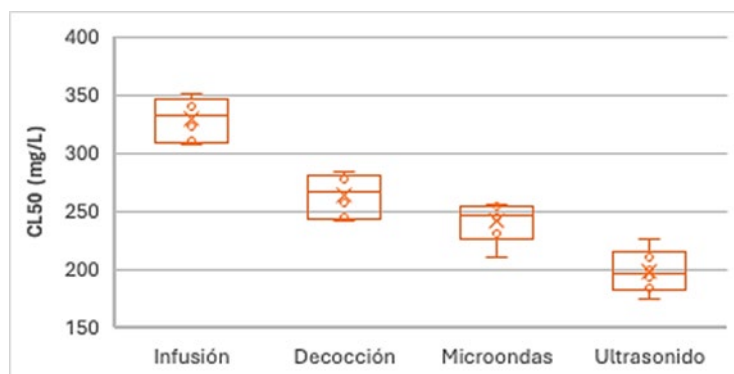


Fig. 1. Letalidad de *Artemia salina* de las tisanas de la corteza de canela obtenidas por cuatro diferentes métodos de extracción, los experimentos se realizaron por réplicas de 4 (fuente: elaboración propia).

También se determinaron las concentraciones mínimas inhibitorias (MIC) de los extractos acuosos de *Cinnamomum verum* obtenidos mediante extracción por decocción, infusión, ultrasonido y microondas, en microplacas de 96 pocillos, donde se utilizó como revelador del metabolismo bacteriano el MTT, al pasar de un color amarillo natural a un color azul; indica que las bacterias están vivas, por el contrario, si las bacterias están muertas, permanecerá el color amarillo inicial. En la figura 2, se presentan fotografías de los resultados de unas de las réplicas para la determinación de la MIC de las tisanas de canela.

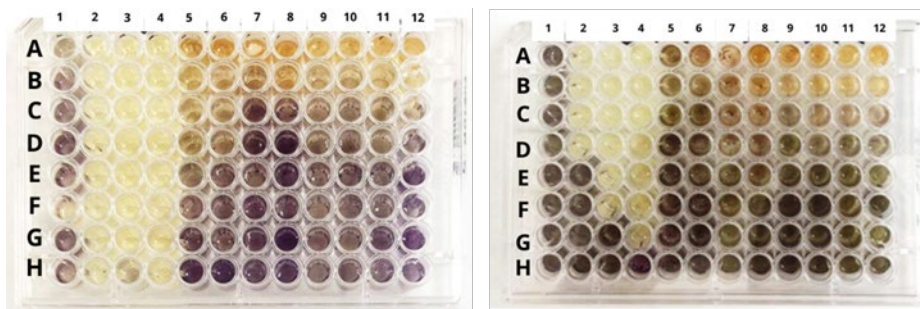


Fig. 2. Determinación de la MIC de extractos acuosos de *C. verum* sobre *S. aureus* (izquierda) y *Pseudomonas aeruginosa* (derecha). Fuente: Colección personal.

Columna 1: control de crecimiento bacteriano, columna 2: gentamicina, columna 3: amikacina, columna 4: ciprofloxacin, columna 5 y 6: decocción, columna 7 y 8: infusión, columna 9 y 10: ultrasonido, columna 11 y 12: microondas.

En la tabla 2 se presentan los datos de las concentraciones mínimas inhibitorias que presentaron cada uno de los extractos de *C. verum* sobre las tres bacterias evaluadas; se encontró que el extracto obtenido por decocción tuvo una mayor actividad inhibitoria del crecimiento sobre *S. aureus* (62.5 µg/mL), en comparación con *E. coli* y *P. aeruginosa*; las tisanas de canela obtenidas por ultrasonido y microondas presentaron un valor menor (9.57 µg/mL) de MIC sobre *Escherichia coli*.

Tabla 2. Comparación de las MIC de *Cinnamomum verum* sobre *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Método de extracción	Concentración mínima inhibitoria (µg/mL)		
	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>
Decocción	62.5	500	>666.6
Infusión	62.5	312.5	416.6
Ultrasonido	62.5	9.57	416.6
Microondas	62.5	9.57	416.6

DISCUSIÓN

La canela es una especia usada como condimento y aromatizante, también se le atribuyen efectos antiinflamatorios, hipoglucemiantes e inclusive antihipertensivos, por esta razón es importante determinar cuáles son los métodos de extracción más efectivos para que se puedan aprovechar mejor las propiedades que esta especia brinda (Riós *et al.*, 2023). Actualmente, la extracción asistida por microondas (MAE) y la extracción asistida por ultrasonidos (UAE) son dos técnicas que pueden aumentar los rendimientos de los compuestos extraídos y mejorar la selectividad del proceso; otra ventaja es el uso de disolventes amigables con el medio ambiente, como el agua, que cumplen los requisitos de la extracción ecológica (De Jesus *et al.*, 2024).

En el análisis de los resultados de la DL50% de las tisanas de *Cinnamomum verum* sobre artemia salina se observó que el extracto acuoso obtenido mediante ultrasonido es quien requiere la menor concentración de extracto para causar la letalidad del 50% de artemias (De Lima Silva *et al.*, 2015), mencionan que es posible que la toxicidad de los extractos aumente al ser obtenidos mediante ultrasonido. Esta toxicidad depende en gran medida a como el extracto se comporta en el organismo, cómo es metabolizada y que efecto tiene sobre las células, tejidos y órganos, ya que una sustancia puede ser más tóxica en una forma específica inclusive si su capacidad para causar daño es relativamente baja. Es por esto que, Pino & Jorge (2010) resaltan la importancia de este ensayo, ya que permite la evaluación rápida y conveniente de extractos crudos, fracciones y compuestos puros para la determinación de su bioactividad.

En cuanto al efecto antibacteriano, la determinación de las concentraciones mínimas inhibitorias indica la concentración más baja en la que un antibiótico inhibe el crecimiento de una determinada cepa bacteriana, por lo tanto, ayuda a comparar y determinar qué clase de antibiótico es más eficaz. Actualmente existe una creciente ola de resistencia a los antibióticos, de manera que, es de gran importancia el estudio de recursos naturales como las plantas y especias, como una alternativa ante la búsqueda de sustitutos que ejerzan el mismo efecto de los antibióticos, o bien, una alternativa más eficaz contra patógenos que afectan la salud y calidad de vida.

En el análisis de los resultados de la concentración mínima inhibitoria de los extractos de *Cinnamomum verum* sobre *Staphylococcus aureus*, el extracto por decocción fue el que presentó el menor valor de la concentración mínima inhibitoria, siendo esta de 62.5 µg/mL, comparado con infusión, ultrasonido y microondas, estos resultados son similares a los reportados por Iseppi *et al.* (2024), en donde encontraron que, los extractos de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) obtenidos por arrastre de vapor, presentaron un efecto antibacteriano referente a *S. aureus*, con una MIC de 64 µg/mL, en cambio Villacrés-Vallejo & Barreto-Salcedo (2022) reportaron que, para extractos acuosos liofilizados, la MIC sobre esta misma bacteria es de 64000 µg/mL. Para fines de este estudio, la canela utilizada fue *Cinnamomum verum*, sin embargo, como menciona (Singh *et al.*, 2020) *Cinnamomum zeylanicum* es sinónimo de *C. verum*, ya que ambos nombres científicos hacen referencia a la misma especie de canela.

Los ensayos de microdilución en placa para obtener las concentraciones mínimas inhibitorias demostraron que, los extractos acuosos de *C. verum* obtenidos por ultrasonido y microondas fueron los más eficaces para inhibir el crecimiento de *Escherichia coli*, con una MIC de 9.7 µg/mL, valor similar con los reportados por Goñi *et al.*, citado por Pastrana-Puche *et al.* (2017), siendo de 8 µg/mL. Patel *et al.* (2022) exponen que, en el caso de extractos acuosos obtenidos mediante maceración, la concentración mínima inhibitoria es de 62500 µg/mL. Por otro lado, Pastrana-Puche *et al.* (2017) realizaron estudios con extractos etanólicos obtenidos por maceración sobre *E. coli*, y exponen una MIC de 2048 µg/mL

Con respecto a *Pseudomonas aeruginosa*, la concentración mínima inhibitoria de los extractos acuosos de canela, obtenidos por infusión, ultrasonido y microondas la MIC fue de 416.6 µg/mL, valor cercano a lo reportado por

Ooi *et al.* (2006) donde, para aceites esenciales hidrodestilados, la MIC fue de 300 µg/mL, mientras que Muslima *et al.* (2018) reportaron una concentración mínima inhibitoria de 500 µg/mL en extractos metanólicos obtenidos por maceración.

Los datos reportados en este estudio evidencian que los extractos acuosos de *Cinnamomum verum* son más efectivos contra las bacterias Gram positivas (+), que las Bacterias Gram negativas (-), esto podría estar relacionado con la estructura de estas bacterias, específicamente hablando de su morfología, las bacterias Gram positivas (+) se caracterizan por tener una pared celular que contiene principalmente peptidoglucano, por otro lado, las bacterias Gram negativas (-) tienen una estructura más compleja, que consiste en una pared celular interna de peptidoglucano y una membrana externa compuesta por una bicapa lipídica, formando así un revestimiento rígido alrededor de la bacteria, mismo que va a actuar como una barrera impermeable contra diversos agentes externos. Es por esto que, los solutos hidrofílicos de menor tamaño son capaces de pasar la membrana externa a través de los poros proporcionando a las proteínas transmembrana los canales hidrófilos, mientras que la membrana externa sirve como barrera de penetración hacia macromoléculas y compuestos hidrófobos, y es por esta razón que las bacterias Gram-negativas son relativamente resistentes a los antibióticos y a las drogas tóxicas hidrófobas, como menciona Pastrana-Puche *et al.* (2017), no obstante, tanto para bacterias Gram negativas (-) sensibles, como en Gram positivas (+), los aceites esenciales atraviesan los lípidos de la membrana celular, modificando su estructura y aumentando su permeabilidad, y con ello forzar una liberación variable de iones y otros contenidos celulares, lo que puede resultar en muerte celular. Las diferencias existentes entre las MIC de los extractos de *Cinnamomum verum* reportadas, pueden deberse al tipo de muestra, de extracto, y/o a la metodología empleada para su extracción.

CONCLUSIONES

La extracción acuosa asistida por microondas y ultrasonido permitió mejorar la obtención de metabolitos secundarios bioactivos de *Cinnamomum verum* porque tuvieron una mayor actividad antibacteriana en comparación con los extractos obtenidos por los métodos convencionales (decocción e infusión).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Singh, N., Rao, A. S., Nandal, A., Kumar, S., Yadav, S. S., Ganaie, S. A., & Narasimhan, B. (2021). Phytochemical and pharmacological review of *Cinnamomum verum* J. Presl-a versatile spice used in food and nutrition. *Food Chemistry*, 338, 127773
- Farias, A. P. P., Monteiro, O. D. S., da Silva, J. K. R., Figueiredo, P. L. B., Rodrigues, A. A. C., Monteiro, I. N., & Maia, J. G. S. (2020). Chemical composition and biological activities of two chemotype-oils from *Cinnamomum verum* J. Presl growing in North Brazil. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 3176-3183.
- Phu, H.H.; Pham Van, K.; Tran, T.H.; Pham, D.T.N. (2022) Extraction, Chemical Compositions and Biological Activities of Essential Oils of *Cinnamomum verum* Cultivated in Vietnam. *Processes*, 10, 1713. <https://doi.org/10.3390/pr10091713>
- Narayanankutty, A.; Kunnath, K.; Alfarhan, A.; Rajagopal, R.; Ramesh, V. (2021). Chemical Composition of *Cinnamomum verum* Leaf and Flower Essential Oils and Analysis of Their Antibacterial, Insecticidal, and Larvicidal Properties. *Molecules*, 26, 6303. <https://doi.org/10.3390/molecules26206303>
- Barotto, A. J. (2021). Extracción verde de aceites esenciales. *Investigación Joven*, 8.
- Naranjo, J. F., & Chávez, A. (2015). Análisis comparativo entre dos métodos de extracción de aceites esenciales. *Boletín Semillas Ambientales*, 9(2).
- Aranda-Ventura, J., Villacrés-Vallejo, J., Núñez Tuesta, L., Marín-Sisley, P., Nonato-Ramírez, L., & González-Aspajo, G. (2018). Evaluación de la bioactividad de plantas medicinales cultivadas en el Perú usando la prueba de letalidad de *Artemia salina*.
- Pacheco Ferrer, C. F. (2021). Obtención y caracterización del aceite esencial de Manzanilla (*Matricaria recutita* L.), mediante microondas y arrastre con vapor.
- Hernández-Rodríguez, S., Quiroz-Reyes, C. N., Ramírez-Ortiz, M. E., Ronquillo-de-Jesús, E., & Aguilar-Méndez, M. Á. (2020). Optimización del proceso de extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de *Justicia spicigera* Schltdl. mediante la metodología de superficie de respuesta. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23.

- Puertas-Mejía, M. A., Ríos-Yepes, Y., & Rojano, B. A. (2013). Determinación de antocianinas mediante extracción asistida por radiación de microondas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de alto consumo en Antioquia-Colombia. *Revista cubana de plantas medicinales*, 18(2), 288-297.
- De Jesus, A.R., Da Silva, W.R., Wisniewski, A., De Andrade Nascimento, L.F., Fitzgeralds Blank, A., Alves de Souza, D., De Andrade Wartha, E.R.S., De Lima Nogueira, P.C. & De Souza Morales, V.R. (2024). Microwave and ultrasound extraction of antioxidant phenolic compounds from *Lantana camara* Linn. leaves: Optimization, comparative study, and FT-Orbitrap MS analysis. *Phytochemical Analysis*, 1-14.
- De Lima Silva, L., Heldwein, C.G., Brenner Reetz, L.G., Horner R., De Moraes, D.P., Duarte, F.A., De Moraes Flores, E.M., Zanella, R., Soares Pereira, A.M. & Heinzmann, B.M. (2015). Influence of extraction method on antibacterial activity of ethanolic extracts of *Ocimum gratissimum* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 9(7), 199-206
- García-Contreras, R., Acosta-Torres, L., Arenas-Arrocena, M. C., & Rodríguez Torres, M. (2019). Manual para la enseñanza práctica del ensayo MTT para evaluar la citotoxicidad de nanopartículas. *Escuela Nacional de Estudios Superiores, UNAM*.
- Iseppi, R., Truzzi, E., Sabia, C. & Messi, P. (2024). Efficacy and synergistic potential of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) and clove (*Syzygium aromaticum* L. Merr. & Perry) essential oils to control food-borne pathogens in fresh-cut fruits. *Antibiotics*. 13(319).
- Mora-Villa, A., Serrano-Parrales, R., Lira-Saade, R., Jiménez-Estrada, M., & Hernández-Delgado, T. (2021). Evaluación de la actividad antimicrobiana de semillas de *Leucaena esculenta* Y *Leucaena leucocephala* recolectadas en Tlayacapan, Morelos, México. *Polibotánica*, 52, 175-191.
- Muslima, J., Abuhena, M., Kalam, A. & Karim M.M. (2018). In vitro antibacterial and antibiofilm activity of selected medicinal plants and spices extracts against multidrug resistant *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(3), 2114-2112.
- Ooi, L. S. M., Yaolan, L., Kam, S.L., Wang, H., Elaine, Y.L & Ooi, V.E.C. (2006). Antimicrobial activities of cinnamon oil and cinnamaldehyde from the chinese medicinal herb *cinnamomum cassia* Blue. 34(3), 511-522.
- Pastrana-Puche, Y. I., Durango-Villadiego, A. M. & Acevedo-Correa, D. (2017). Efecto antimicrobiano del clavo y la canela sobre patógeno. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 15(1), 56-65.
- Patel, K.M, Parmar, B.B, Sadariya, K. A. & Bhavsar, S. K. (2022). Assessment of in vitro antibacterial activity and MIC of cinnamon bark powder ethanolic and aqueous extracts against bacteria. *The Journal of Phytopharmacology*. 11(5), 324-329.
- Pino, O. & Jorge, F. (2010). Ensayo de artemia: útil herramienta de trabajo para ecotoxicólogos y químicos de productos naturales. *Revista de Protección Vegetal*, 25(1), 34-43.
- Ríos, F., Quintero, A., Piloni, J., Cariño, R. & Reyes, A. (2023). Compuestos bioactivos de canela y su efecto en la disminución del síndrome metabólico: revisión sistemática. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 73(1).
- Villacrés-Vallejo & Barreto-Salcedo. (2022). Actividad antibacteriana in vitro de los extractos acuosos de *Eucalyptus globulus* Labill. Y *Cinnamom zeylanicum* Blume sobre *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* y *Staphylococcus aureus*. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*. 7(1), 22-27.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

María Magali Morales Guillen, Dianelly Mishelle Medina García: análisis formal, visualización, redacción - borrador original, revisión y edición final.

Rafael Manuel de Jesús Mex Alvarez, David Yanez Nava: conceptualización, obtención de datos, supervisión, redacción - borrador original, revisión y edición final.

Roger Enrique Chan Martínez: análisis formal, obtención de datos, visualización, curación de datos, redacción - borrador original y edición final.

Dylan Manuel Ferrer Dzul: obtención de datos, redacción - borrador original, revisión y edición final.

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses