



## USO POTENCIAL DE FLORES ENDÉMICAS MEXICANAS COMO FUENTE DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

## POTENTIAL USE OF ENDEMIC MEXICAN FLOWERS AS A SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS

Cristian Josué Mendoza Meneses

Universidad Autónoma de Querétaro

Isis Lizette Figueroa Mazón

Universidad Autónoma de Guerrero

Ana Angélica Feregrino Pérez\*

Universidad Autónoma de Querétaro

\* feregrino.angge@hotmail.com

### Resumen

Las flores comestibles son objeto de investigaciones para obtener fuentes de compuestos bioactivos que ayuden a prevenir y controlar distintas enfermedades. Recientes trabajos sugieren implementar el consumo de flores en la dieta para beneficiar la salud; algunos posibles efectos del consumo de flores se presentan por la actividad de compuestos antioxidantes, antimicrobianos, anticancerígenos e hipoglucemiantes. De tal forma, esta investigación se centra en el consumo de esta parte de la planta por sus implicaciones medicinales y aportaciones nutricionales.

**Palabras clave:** flores, efecto sobre la salud, compuestos benéficos.

### Abstract

*Edible flowers are the subject of research to obtain sources of bioactive compounds that help prevent and control various diseases. Recent works suggest implementing the consumption of flowers in the diet to obtain health benefits; some possible effects of flower consumption are presented by the activity of antioxidant, antimicrobial, anticancer and hypoglycemic compounds. Thus, this research focuses on the consumption of this*

*part of the plant for its medicinal implications and nutritional contributions.*

**Keywords:** flowers, effect on health, beneficial compounds.

### Introducción

Las flores han sido utilizadas por la humanidad desde la antigüedad con fines medicinales, ornamentales, e incluso como parte de la dieta. Son un recurso natural con diferentes fitocompuestos con posibles beneficios a la salud; su importante contenido de compuestos bioactivos permite que esta parte de la planta sea objeto de estudio en implicaciones medicinales (Pires *et al.*, 2019). Algunas propiedades atribuidas a las flores son farmacológicas, ansiolíticas, anticancerígenas, antidiabéticas, antiinflamatorias, antioxidantes y antimicrobianas (Skrajda *et al.*, 2020). Por lo tanto, el consumo de flores con compuestos bioactivos puede ayudar a prevenir y controlar diferentes tipos de enfermedades (Takahashi *et al.*, 2020).

Solo una fracción de flores son consideradas aptas para el consumo humano; entre las características para esta categorización se consideran las flores que por cantidad y dosis no representen un daño tóxico tras su con-

sumo, además de que se obtengan de una manera inocua con buenas prácticas de campo para disminuir el riesgo al daño a la salud por plagas y enfermedades. Las flores comestibles, que se pueden clasificar en flores de fruta, de vegetales y medicinales [Zhao *et al.*, 2019], también deben considerarse como fuente de compuestos con valores nutricionales [Pires *et al.*, 2019]. En este sentido, son empleadas como ingrediente fresco, bajo cocción o seco, para infusiones. En la gastronomía, las flores se emplean con diferentes propósitos, el uso más elemental es como decorativo en los platillos; sin embargo, la adición de las flores cambia el perfil de aroma, sabor y contenido nutrimental en las preparaciones [Takahashi *et al.*, 2020].

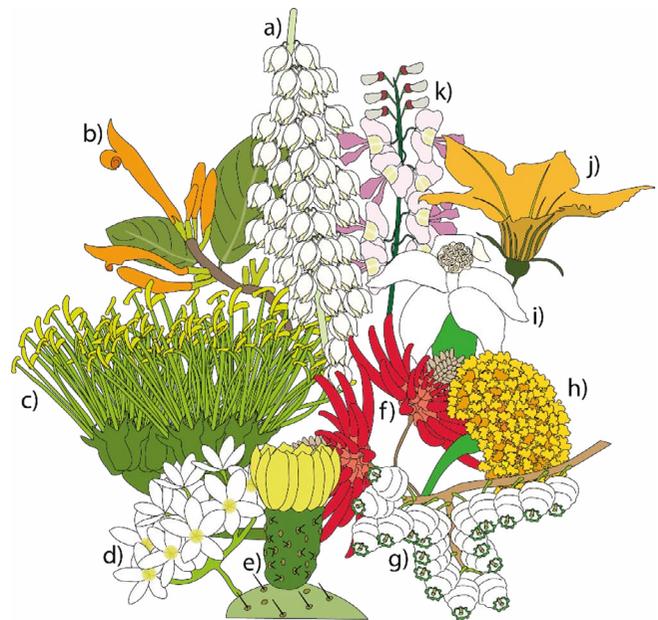
Existen más de 180 especies de flores comestibles identificadas a nivel mundial, de las cuales en México se encuentran alrededor de 100, tanto endémicas como adaptadas a la gastronomía tradicional [Mulík y Ozuna, 2020; Skrajda *et al.*, 2020]. Algunas de las especies endémicas más importantes son: quiotes o gualumbos [*Agave salmiana*], flor de madroño [*Arbutus xalapensis*], flor de calabaza [*Cucurbita pepo* L.], colorín [*Erythrina americana*], cempasúchil [*Tagetes erecta* L.], flor de izote [*Yucca filifera*], garambullo [*Myrtillocactus geometrizans*] [Fernandes *et al.*, 2017], flor de nopal [*Opuntia ficus-indica* L.], cacalósúchil [*Plumeria rubra* L.], cacahuaxochitl [*Quararibea funebris*], dalia [*Dahlia spp.*], nochebuena [*Euphorbia pulcherrima*] [Mulík y Ozuna, 2020], flor de ayocote [*Phaseolus coccineus* L.], tepejilote [*Chamaedorea tepejilote*], guaje [*Leucaena leucocephala*], flor de gallito [*Diphysa americana*] [Mateos-Maces *et al.*, 2020], flor de tetecho [*Neobuxbaumia tetetzo*] [Mejía-Sánchez *et al.*, 2019], flor de cactus [*Echinocactus grusonii*] [Nuzhyna *et al.*, 2018], cacahuayanche [*Gliricidia sepium*], muicle [*Justicia spicigera*] y flor de manita [*Chiranthodendron pentadactylon* L.] [Ramírez-Moreno *et al.*, 2017].

El objetivo de esta investigación fue exponer las flores comestibles mexicanas con potencial beneficio para la salud a través de la ingesta en la dieta. Estas flores

presentan una fuente importante de compuestos bioactivos que ayudan a controlar diferentes aspectos sobre la nutrición humana en general. En la Figura 1 se muestran algunas de las flores comestibles mexicanas de mayor relevancia en la gastronomía tradicional.

### Figura 1

#### Flores comestibles mexicanas de relevancia cultural



a) *Yucca filifera*, b) *Justicia spicigera*, c) *Agave salmiana*, d) *Plumeria rubra*, e) *Opuntia ficus-indica*, f) *Erythrina americana*, g) *Arbutus xalapensis*, h) *Tagetes erecta* L., i) *Quararibea funebris*, j) *Cucurbita pepo* y k) *Gliricidia sepium*

Fuente: elaboración propia

### Búsqueda de información

La técnica se fundamenta en el sistema de seis fases para la búsqueda de información enfocado para estudiantes, docentes y personal de investigación. Las fases se alinean a la idea de tener un acercamiento inicial al tema, plantear una pregunta de investigación, construir una estrategia de búsqueda, elegir las fuentes de información, refinar la búsqueda y administrar la información [Moncada-Hernández, 2014].

### Composición nutrimental

Las flores están conformadas principalmente por cáliz, corola, carpelo y estambres. Culturalmente existe una diferencia entre consumir una parte específica de la flor o el producto en su totalidad (Zhang *et al.*, 2023). El polen, el néctar y los pétalos son las principales partes nutrimentales de las flores. Cada parte contiene una composición específica que en conjunto brinda una fuente rica en compuestos nutrimentales (Skrajda *et al.*, 2020). El principal componente de las flores es agua, presente en un 70 a 90% según el tipo de flor (Gonçalves *et al.*, 2020). La calidad nutrimental de las flores se comprende en su mayoría de carbohidratos, proteínas y lípidos; en menor medida se encuentran vitaminas y minerales (Benvenuti y Mazzoncini, 2021; Marchioni *et al.*, 2021; Navarro-González *et al.*, 2014; Pires *et al.*, 2017).

### Actividad antioxidante

Durante los procesos metabólicos endógenos se generan especies reactivas de oxígeno (ROS) y radicales libres, mismos que en exceso pueden dañar el ADN, las proteínas, los lípidos y otras moléculas biológicas, contribuyendo a la patogenia de enfermedades como cardiopatía isquémica, accidente cerebrovascular, cánceres, diabetes mellitus, Alzheimer y enfermedades neurodegenerativas (Chensom *et al.*, 2019). Sin embargo, los compuestos fenólicos poseen propiedades protectoras frente a los problemas de salud antes mencionados (Skrajda, 2017).

Las flores comestibles con compuestos benéficos para la salud se han estudiado como cura alternativa en enfermedades no transmisibles. Los compuestos con actividad antioxidante, los cuales están asociados a la prevención y control de padecimientos relacionados con el estrés oxidativo, lo manejan mediante la eliminación de radicales libres, inhibición de enzimas oxidativas, quelación de iones metálicos y como cofactores de enzimas antioxidantes (Lakshan *et al.*, 2019).

Dentro de los compuestos fenólicos en las flores, principalmente responsables de su capacidad antioxidante, se encuentran los flavonoides, ácidos fenólicos,

antocianinas y alcaloides (Fernandes *et al.*, 2017). Estos compuestos forman parte del grupo más grande de metabolitos secundarios de las plantas y tienen la función de protegerlas contra la radiación ultravioleta o la invasión de patógenos. Se dividen en ácidos fenólicos (ácido hidroxibenzoico e hidroxicinámico), flavonoides (flavonas, flavonoles y flavanonas), antocianinas, estilbenos y lignanos (Sova y Saso, 2020).

Los ácidos fenólicos y flavonoides son las principales sustancias bioactivas que contribuyen a la capacidad antioxidante y los beneficios de las flores comestibles (Zheng *et al.*, 2019). Por otro lado, las antocianinas (cianidina, delphinidina y pelargonidina) son compuestos que se encuentran por lo general en flores rojas, rosas o moradas (Fernandes *et al.*, 2017), y su consumo disminuye el riesgo de diferentes enfermedades debido a su actividad antioxidante (Chensom *et al.*, 2020).

Los isoprenoides son otro grupo de metabolitos secundarios; incluye triterpenos, carotenoides y clorofilas. Los triterpenos se destacan por sus propiedades antivirales, antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y citoprotectoras. Por otro lado, la principal propiedad de los carotenoides es su actividad provitamínica, además de que con su consumo se reduce la presión arterial, se estimula la peristalsis intestinal y se previene la anemia. Finalmente, las clorofilas poseen propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas y antioxidantes (Nowicka y Wojdyło, 2019).

Pinedo-Espinoza *et al.* (2020) analizaron los compuestos antioxidantes en *A. salmiana*, *E. americana* y *M. geometrizzans*, encontrando el mayor contenido de carotenoides rojos en la segunda. Esto está conexo al color amarillo, naranja o rojo de algunas flores relacionado al contenido de carotenoides. En otro estudio se mencionó que el proceso de secado influye sobre la capacidad antioxidante y se demostró que el método de secado por convección tiene potencial para retener la actividad antioxidante de las flores maduras y jóvenes de *E. americana* (Bernardino-Nicanor *et al.*, 2016).

La actividad antioxidante de *T. erecta* se debe a su contenido de flavonoles como laricitrina; sin embargo,

los pétalos amarillos y naranjas mostraron propiedades antioxidantes *in vitro* (Moliner *et al.*, 2018). Otras flores comestibles, como *J. spicigera*, son usadas de manera frecuente en la medicina tradicional mexicana para el tratamiento del estrés. Awad *et al.* (2015) demostraron que las ratas inducidas con tetracloruro de carbono para tener problemas hepáticos que fueron sometidas a un tratamiento con una parte específica de *J. spicigera* mejoraron sobre los índices de la función del hígado y de los marcadores de estrés oxidativo, con lo cual se confirmó la acción antioxidante de la parte aérea de dicha planta, con antioxidantes útiles en la protección del hígado.

### Actividad antimicrobiana

Los compuestos fenólicos también se destacan por sus propiedades antimicrobianas, las cuales se basan en su comportamiento como microbicidas o microbiostáticos frente a bacterias, virus u hongos. Debido a esta propiedad, recientes investigaciones al respecto se han enfocado en el desarrollo de innovadoras terapias antivirales y en el reemplazo de conservadores artificiales por algunos de origen vegetal. Esta capacidad antimicrobiana permite modificar la estructura y el metabolismo de los patógenos (Takahashi *et al.*, 2020).

Algunas flores han mostrado actividad antimicrobiana como microbicida frente a patógenos Gram positivos y Gram negativos, así como microbiostático al inhibir el crecimiento de *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella flexneri*, *Salmonella Typhi*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Micrococcus luteus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, y algunas cepas de levaduras como *Candida albicans* y *Candida parapsilosis* (Fernandes *et al.*, 2017).

### Efecto antibacteriano

Respecto a su propiedad antibacterial, los taninos y flavonoides son capaces de inactivar proteínas de membrana y de transporte debido a la formación de enlaces de hidrógeno entre el compuesto fenólico y la membrana de la bacteria. Por su parte, los ácidos fenólicos y tani-

nos impiden que las bacterias se adhieran a la mucosa, alterando el proceso infeccioso y provocando la alteración de su membrana e incluso su lisis. Además, los taninos y flavonoides son capaces de inhibir el metabolismo energético de las bacterias a partir de la inhibición de la fosforilación oxidativa o la producción de trifosfato de adenosina (ATP), lo que resulta en muerte celular (Laganà *et al.*, 2019).

Los flavonoides muestran actividades antibacterianas contra bacterias Gram negativas y Gram positivas resistentes a múltiples fármacos (incluidas *E. coli*, *P. aeruginosa* y *S. aureus*). Diferentes estudios han evaluado los efectos inhibitorios de los extractos vegetales ricos en flavonoides contra algunas bacterias patógenas. El mecanismo de acción más efectivo es el de las flavonas, las cuales forman un complejo con los componentes de la pared celular y, en consecuencia, inhiben otras adherencias y el crecimiento microbiano (Farhadi *et al.*, 2019).

Los tipos de metabolitos secundarios encontrados en extractos de flores de *T. erecta* muestran el potencial de esta planta en la medicina, lo cual se debe a la presencia de diferentes compuestos como agentes con función biológica. Dentro de estos efectos, la aplicación como bactericida presentó actividad sobre las bacterias *S. aureus*, *E. coli*, *K. pneumoniae* y *Staphylococcus epidermidis* (Camacho-Campos *et al.*, 2019).

Medina-Galván *et al.* (2018) estudiaron el efecto de la flor de *A. salmiana* frente a *S. aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Shigella sonnei*, *E. coli* y *S. Typhi*, y encontraron que las bacterias Gram negativas fueron más susceptibles a la inhibición del crecimiento que las Gram positivas. Otras flores con actividad antibacteriana son la de *O. ficus-indica*, utilizada como tratamiento contra *S. aureus*, *P. aeruginosa* y *E. coli* (Aragona *et al.*, 2018), y *E. pulcherrima*, que contiene alcaloides, esteroides, terpenoides y saponinas. El extracto metanólico y la fracción de acetato de etilo mostraron un efecto antibacteriano contra *E. coli*, *S. aureus* y *S. Typhi* (Khan, 2017)

### Efecto antifúngico

La actividad antifúngica se puede obtener destruyendo la célula patógena. Al observar su composición se pueden sugerir diferentes mecanismos antifúngicos (Walker y White, 2017). En el caso de los terpenos, los cuales son compuestos antimicrobianos activos de las plantas, se especula que su mecanismo de acción implica la interrupción de la membrana y también la destrucción de las mitocondrias fúngicas (Tian *et al.*, 2012). Para los compuestos fenólicos, la acción antifúngica ocurre a través de la disrupción de la membrana celular y el potencial de la membrana mitocondrial despolarizada de manera dependiente de la concentración (Lagrouh *et al.*, 2017).

Montes-Belmont *et al.* (2011) evaluaron la actividad antifúngica de aceites esenciales de cinco especies de *Tagetes*, en los hongos causantes del tizón sureño de las hortalizas (*Sclerotium rolfsii*) y de la moniliasis del durazno (*Monilinia fructicola*). Los aceites esenciales obtenidos de la destilación por arrastre de vapor de *T. erecta* muestran propiedades antifúngicas sobre *S. rolfsii* y *M. fructicola*, con una inhibición del crecimiento micelial mayor al 90%. Por otra parte, la flor de *D. ficus-indica* presenta un efecto antifúngico contra *Aspergillus niger* (Aragona *et al.*, 2018). En la Figura 2 se muestran algunos compuestos relacionados con el efecto antimicrobiano de diferentes especies de flores comestibles.

### Figura 2

Compuestos relacionados con el efecto antimicrobiano de diferentes flores comestibles



Fuente: elaboración propia

### Actividad hipoglucemiante

Las flores comestibles con actividad antidiabética pueden aportar una fuente útil de nuevos compuestos orales hipoglucemiantes, colocándolos como una alternativa válida para mejorar la calidad de vida de quienes padecen diabetes mellitus (Robles y Solórzano, 2013). Las investigaciones con flores comestibles se pueden determinar por el efecto hipoglucemiante producido mediante la inhibición de la  $\alpha$ -amilasa y la  $\alpha$ -glucosidasa, además de una serie de efectos relacionados con el metabolismo de la glucosa y la protección de órganos relacionados con la regulación de glucosa-insulina (Loizzo *et al.*, 2016).

Diversos estudios indican que los flavonoides tienen efectos hipoglucemiantes, los cuales reducen los niveles de azúcar en sangre, al inhibir la  $\alpha$ -glucosidasa y proteger el páncreas (Zheng *et al.*, 2013). Los efectos hipoglucémicos de los flavonoides se reflejan de diferentes formas: pueden mejorar la secreción de insulina, regular las enzimas clave involucradas en la progresión del metabolismo de la glucosa, mejorar la expresión de la vía de señalización de insulina y aumentar la sensibilidad a la insulina, fomentar la absorción de glucosa por el músculo esquelético y tejido adiposo blanco, disminuir la inflamación y el estrés oxidativo, optimizar el metabolismo de los lípidos y, por último, proteger el tejido renal y disminuir la toxicidad (Bai *et al.*, 2019).

En un estudio con preparaciones acuosas (frías o calientes) de flores comestibles secas, se demostró su eficacia como inhibidores de  $\alpha$ -glucosidasa; los macerados fríos exhibieron una mayor inhibición frente a la infusión caliente (Rasheed *et al.*, 2018). Morittu *et al.* (2019) confirmaron la actividad hipoglucémica potencial de las flores de *C. pepo* de una manera dependiente de la dosis. En la parte *in vitro* del estudio, el extracto exhibió un efecto inhibitorio sobre la  $\alpha$ -glucosidasa, mientras que los resultados *in vivo* confirman los efectos hipoglucémicos. Por su parte, las flores de *T. erecta* contienen luteína, la cual posee el potencial de reducir los niveles de glucosa en sangre; este compuesto es un componente del pigmento en estas flores (Kusmiati *et al.*, 2019).

Por otra parte, las flores de *J. spicigera* mostraron un efecto hipoglucemiante en ratas; los extractos etanólicos presentaron una reducción de los niveles de glucosa en sangre en ratas normoglucémicas. Los resultados de este estudio sugieren que el efecto antidiabético se debió a la captación de glucosa en células grasas y a la resistencia de la insulina (Ortiz-Andrade *et al.*, 2012).

Otras flores con efecto antidiabético son *O. ficus-indica*, la cual posee un efecto hipoglucemiante al disminuir el índice de absorción de glucosa en el intestino (Aragona *et al.*, 2018), y *C. tepejilote*, que a dosis de 300 mg/kg tiene una actividad hipoglucemiante (Hernández-Castillo *et al.*, 2020). En otro estudio, se aislaron diversos compuestos bioactivos de las flores de *P. rubra* y se encontró actividad inhibitoria contra  $\alpha$ -glucosidasa (Zhang *et al.*, 2020). Incluso, la flor de *A. xalapensis* es utilizada para el tratamiento de la diabetes debido a su alto contenido en macro y micronutrientes (Maiti *et al.*, 2016).

### Prospectivas y conclusiones

Las perspectivas a futuro sobre el consumo de flores en México se centran en los posibles beneficios a la salud humana. La utilización de este recurso como fuente de compuestos bioactivos es de suma relevancia, puesto que diferentes estudios han dado relevancia a la utilización de los compuestos de las flores comestibles como antioxidante, agente antimicrobiano e hipoglucemiante.

Como resultado de la investigación, se puede inferir que las flores comestibles mexicanas son una buena fuente de antioxidante debido a la cantidad de compuestos fenólicos que controlan el estrés oxidativo. Por lo tanto, es posible tener como perspectiva que la extracción de compuestos bioactivos se puede emplear como tratamiento en diferentes estudios relacionados con la actividad antioxidante.

De igual forma, esta investigación expone que la actividad antimicrobiana de las flores comestibles mexicanas sobre diferentes microorganismos patógenos se puede emplear en mecanismos de conservación de alimentos mínimamente procesados; algunos efectos se pueden potencializar en recubrimientos comestibles so-

bre diferentes productos frescos. Además, es necesario realizar más investigaciones acerca del efecto hipoglucemiante de las flores mexicanas o las alteraciones que ocurren en el metabolismo de la glucosa.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología por su apoyo durante toda esta investigación (CVU 796218).

### Referencias bibliográficas

- Aragona, M., Lauriano, E.R., Pergolizzi, S. y Faggio, C. (2018). "Opuntia ficus-indica (L.) Miller as a source of bioactivity compounds for health and nutrition". *Natural Product Research*, 32(17), 2037-2049. Doi: <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1365073>
- Awad, N.E., Abdelkawy, M.A., Hamed, M.A., Souleman, A.M.A., Abdelrahman, E.H. y Ramadan, N.S. (2015). "Antioxidant and hepatoprotective effects of justicia spicigera ethyl acetate fraction and characterization of its anthocyanin content". *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7(8), 91-96.
- Bai, L., Li, X., He, L., Zheng, Y., Lu, H., Li, J., Zhong, L., Tong, R., Jiang, Z., Shi, J. y Li, J. (2019). "Antidiabetic potential of flavonoids from traditional Chinese medicine: a review". *The American Journal of Chinese Medicine*, 47(05), 933-957. Doi: <https://doi.org/10.1142/S0192415X19500496>
- Barajas, J.S., Montes-Belmont, R., Castrejon, F., Flores-Moctezuma, H.E. y Serrato, M.Á. (2011). "Propiedades antifúngicas en especies del género *Tagetes*". *Revista Mexicana de Micología*, 34, 83-88.
- Benvenuti, S. y Mazzoncini, M. (2021). "The biodiversity of edible flowers: discovering new tastes and new health benefits". *Frontiers in Plant Science*, 11. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.569499>
- Bernardino-Nicanor, A., Montañéz-Soto, J.L., Vivar-Vera, M. de los Á., Juárez-Goiz, J.M., Acosta-García, G. y González-Cruz, L. (2016). "Effect of drying on the antioxidant capacity and concentration of phenolic compounds in different parts of the Erythrina americana Tree". *BioResources*, 11(4).

- Camacho-Campos, C., Pérez-Hernández, Y., Valdivia-Ávila, A., Ramírez-Pérez, H.L. y Gómez-Brisuela, L. [2019]. "Propiedades fitoquímicas y antibacterianas de extractos de *Tagetes erecta* L. (Asteraceae)". *Revista Cubana de Química*, 31(1).
- Chensom, S., Okumura, H. y Mishima, T. [2019]. "Primary screening of antioxidant activity, total polyphenol content, carotenoid content, and nutritional composition of 13 edible flowers from Japan". *Preventive Nutrition and Food Science*, 24(2), 171-178. Doi: <https://doi.org/10.3746/pnf.2019.24.2.171>
- Chensom, S., Shimada, Y., Nakayama, H., Yoshida, K., Kondo, T., Katsuzaki, H., Hasegawa, S. y Mishima, T. [2020]. "Determination of anthocyanins and antioxidants in 'Titanicus' edible flowers in vitro and in vivo". *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(2), 265-271. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00813-3>
- Farhadi, F., Khameneh, B., Iranshahi, M. y Iranshahi, M. [2019]. "Antibacterial activity of flavonoids and their structure-activity relationship: an update review". *Phytotherapy Research*, 33(1), 13-40. Doi: <https://doi.org/10.1002/ptr.6208>
- Fernandes, L., Casal, S., Pereira, J.A., Saraiva, J.A. y Ramalhosa, E. [2017]. "Edible flowers: a review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effects on human health". *Journal of Food Composition and Analysis*, 60, 38-50. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.03.017>
- Gonçalves, F., Gonçalves, J.C., Ferrão, A.C., Correia, P. y Guiné, R.P.F. [2020]. "Evaluation of phenolic compounds and antioxidant activity in some edible flowers". *Open Agriculture*, 5(1), 857-870. Doi: <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0087>
- Hernández-Castillo, J.B.E., Bernardino-Nicanor, A., Vivar-Vera, M. de los Á., Montañez-Soto, J.L., Teniente-Martínez, G., Juárez-Goiz, J.M.S. y González-Cruz, L. [2020]. "Modifications of the protein characteristics of Pacaya caused by thermal treatment: a spectroscopic, electrophoretic and morphological study". *Polymers*, 12(5). Doi: <https://doi.org/10.3390/polym12051016>
- Khan, A.S. [2017]. "Important trees with antidiabetic activities". En A.S. Khan (ed.), *Medicinally important trees* (pp. 21-53). Springer International Publishing. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56777-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56777-8_2)
- Kusmiati, K., Caesarianto, W., Afati, F. y Hutabarat, R. [2019]. "Effect lutein of marigold flower (*Tagetes erecta* L.) on decreasing glucose and malondialdehyde levels in Alloxan-induced blood mice". *AIP Conference Proceedings*, 2120(1). Doi: <https://doi.org/10.1063/1.5115726>
- Laganà, P., Anastasi, G., Marano, F., Piccione, S., Singla, R.K., Dubey, A.K., Delia, S., Coniglio, M.A., Facciola, A., Di Pietro, A., Haddad, M.A., Al-Hiary, M. y Caruso, G. [2019]. "Phenolic substances in foods: health effects as anti-inflammatory and antimicrobial agents". *Journal of AOAC International*, 102(5), 1378-1387. Doi: <https://doi.org/10.1093/jaoac/102.5.1378>
- Lagrouh, F., Dakka, N. y Bakri, Y. [2017]. "The antifungal activity of Moroccan plants and the mechanism of action of secondary metabolites from plants". *Journal de Mycologie Médicale*, 27(3), 303-311. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2017.04.008>
- Lakshan, S.A.T., Jayanath, N.Y., Abeysekera, W.P.K.M. y Abeysekera, W.K.S.M. [2019]. "A commercial potential blue pea (*Clitoria ternatea* L.) flower extract incorporated beverage having functional properties". *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1155/2019/2916914>
- Loizzo, M.R., Pugliese, A., Bonesi, M., Tenuta, M.C., Menichini, F., Xiao, J. y Tundis, R. [2016]. "Edible flowers: a rich source of phytochemicals with antioxidant and hypoglycemic properties". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(12), 2467-2474. Doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03092>
- Maiti, R., Gonzalez-Rodríguez, H., Kumari, A. y Chandra, N. [2016]. "Macro and micro-nutrient contents of 18 medicinal plants used traditionally to alleviate diabetes in Nuevo León, northeast of México". *Pakistan Journal of Botany*, 48(1), 271-276.
- Marchioni, I., Dimita, R., Gioè, G., Pistelli, L., Ruffoni, B., Pistelli, L. y Najar, B. [2021]. "The effects of post-harvest treatments on the quality of *Agastache aurantiaca* edible flowers". *Horticulturae*, 7(4). Doi: <https://doi.org/10.3390/horticulturae704008>

- Mateos-Maces, L., Chávez-Servia, J.L., Vera-Guzmán, A.M., Aquino-Bolaños, E.N., Alba-Jiménez, J.E. y Villagómez-González, B.B. [2020]. "Edible leafy plants from Mexico as sources of antioxidant compounds, and their nutritional, nutraceutical and antimicrobial potential: a review". *Antioxidants*, 9(6). Doi: <https://doi.org/10.3390/antiox9060541>
- Medina-Galván, M.I., Bernardino-Nicanor, A., Castro-Rosas, J., Negrete-Rodríguez, M. de la L.X., Conde-Barajas, E. y González-Cruz, L. [2018]. "Antimicrobial and antioxidant activity of flower scape extracts of *Agave salmiana*: effect of the extraction solvent and development stage". *Research Journal of Biotechnology*, 13(12).
- Mejía-Sánchez, D., Aranda-Ocampo, S., Nava-Díaz, C., Teliz-Ortiz, D., Livera-Muñoz, M., De La Torre-Almaráz, R. y Ramírez-Alarcón, S. [2019]. "*Pectobacterium carotovorum* subsp. *Brasiliense* causes soft rot and death of *Neobuxbaumia tetetzo* in Zapotitlan Salinas Valley, Puebla, Mexico". *Plant Disease*, 103(3), 398-403. Doi: <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-18-0370-RE>
- Moliner, C., Barros, L., Dias, M.I., López, V., Langa, E., Ferreira, I.C.F.R. y Gómez-Rincón, C. [2018]. "Edible flowers of *Tagetes erecta* L. as functional ingredients: phenolic composition, antioxidant and protective effects on *Caenorhabditis elegans*". *Nutrients*, 10(12). Doi: <https://doi.org/10.3390/nu10122002>
- Moncada-Hernández, S.G. [2014]. "Cómo realizar una búsqueda de información eficiente. Foco en estudiantes, profesores e investigadores en el área educativa". *Investigación en Educación Médica*, 3(10), 106-115. Doi: [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(14\)72734-6](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(14)72734-6)
- Morittu, V.M., Musco, N., Mastellone, V., Bonesi, M., Britti, D., Infascelli, F., Loizzo, M.R., Tundis, R., Sicari, V., Tudisco, R. y Lombardi, P. [2019]. "*In vitro* and *in vivo* studies of *Cucurbita pepo* L. flowers: chemical profile and bioactivity". *Natural Product Research*, 35(17), 2905-2909. Doi: <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1672067>
- Mulík, S. y Ozuna, C. [2020]. "Mexican edible flowers: cultural background, traditional culinary uses, and potential health benefits". *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 21. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100235>
- Navarro-González, I., González-Barrio, R., García-Valverde, V., Bautista-Ortín, A.B. y Periago, M.J. [2014]. "Nutritional composition and antioxidant capacity in edible flowers: characterisation of phenolic compounds by HPLC-DAD-ESI/MSn". *International Journal of Molecular Sciences*, 16(1). Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms16010805>
- Nowicka, P. y Wojdyło, A. [2019]. "Anti-hyperglycemic and anticholinergic effects of natural antioxidant contents in edible flowers". *Antioxidants*, 8(8). Doi: <https://doi.org/10.3390/antiox8080308>
- Nuzhyna, N., Baglay, K., Golubenko, A. y Lushchak, O. [2018]. "Anatomically distinct representatives of *Cactaceae* Juss. family have different response to acute heat shock stress". *Flora*, 242, 137-145. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.03.014>
- Ortiz-Andrade, R., Cabañas-Wuan, A., Arana-Argáez, V.E., Alonso-Castro, A.J., Zapata-Bustos, R., Salazar-Olivo, L.A., Domínguez, F., Chávez, M., Carranza-Álvarez, C. y García-Carrancá, A. [2012]. "Antidiabetic effects of *Justicia spicigera* Schltld (Acanthaceae)". *Journal of Ethnopharmacology*, 143(2), 455-462. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.06.043>
- Pinedo-Espinoza, J.M., Gutiérrez-Tlahque, J., Santiago-Saenz, Y.O., Aguirre-Mancilla, C.L., Reyes-Fuentes, M. y López-Palestina, C.U. [2020]. "Nutritional composition, bioactive compounds and antioxidant activity of wild edible flowers consumed in semiarid regions of Mexico". *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(3), 413-419. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00822-2>
- Pires, T.C.S.P., Barros, L., Santos-Buelga, C. y Ferreira, I.C.F.R. [2019]. "Edible flowers: emerging components in the diet". *Trends in Food Science & Technology*, 93, 244-258. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.020>
- Pires, T.C.S.P., Dias, M.I., Barros, L. y Ferreira, I.C.F.R. [2017]. "Nutritional and chemical characterization of edible petals and corresponding infusions: valorization as new food ingredients". *Food Chemistry*, 220, 337-343. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.026>
- Ramirez-Moreno, E., Soto-Sanchez, J., Rivera, G. y Marchat, L.A. [2017]. "Mexican medicinal plants as an alternative for the development of new compounds against protozoan

- parasites". En H.M. Khater, M. Govindarajan y G. Benelli, *Natural remedies in the fight against parasites* (61–91).
- Rasheed, D.M., Porzel, A., Frolov, A., El Seedi, H.R., Wessjohann, L.A. y Farag, M.A. (2018). "Comparative analysis of *Hibiscus sabdariffa* (roselle) hot and cold extracts in respect to their potential for  $\alpha$ -glucosidase inhibition". *Food Chemistry*, 250, 236–244. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.020>
- Robles, D.J.R. y Solórzano, E.R. (2013). "Actividad hipoglucemiante de *Chamaedorea tepejilote* Liebm. [pacaya]". *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(1), 27–33.
- Skrajda, M. (2017). "Phenolic compounds and antioxidant activity of edible flowers". *Journal of Education, Health and Sport*, 7(8), 946–956. Doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.995637>
- Skrajda, M., Dąbrowski, G. y Konopka, I. (2020). "Edible flowers, a source of valuable phytonutrients and their pro-healthy effects – a review". *Trends in Food Science & Technology*, 103, 179–199. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.016>
- Sova, M. y Saso, L. (2020). "Natural sources, pharmacokinetics, biological activities and health benefits of hydroxycinnamic acids and their metabolites". *Nutrients*, 12(8). Doi: <https://doi.org/10.3390/nu12082190>
- Takahashi, J.A., Gonçalves, F.A.G., Fidelis, M.A., Borges, L.C. y Sande, D. (2020). "Edible flowers: bioactive profile and its potential to be used in food development". *Food Research International*, 129. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108868>
- Tian, J., Ban, X., Zeng, H., He, J., Chen, Y. y Wang, Y. (2012). "The mechanism of antifungal action of essential oil from dill (*Anethum graveolens* L.) on *Aspergillus flavus*". *PLoS One*, 7(1). Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030147>
- Walker, G.M. y White, N.A. (2017). "Introduction to fungal physiology". En K. Kavangh (ed.), *Fungi: biology and applications* (1–35). John Wiley & Sons. Doi: <https://doi.org/10.1002/9781119374312.ch1>
- Zhang, Q., Cheng, Z., Fan, Y., Zhang, D., Wang, M., Zhang, J., Sommano, S., Wu, X. y Long, C. (2023). "Ethnobotanical study on edible flowers in Xishuangbanna, China". *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 19. Doi: <https://doi.org/10.1186/s13002-023-00608-1>
- Zhang, S.-N., Song, H.-Z., Ma, R.-J., Liang, C.-Q., Wang, H.-S. y Tan, Q.-G. (2020). "Potential anti-diabetic isoprenoids and a long-chain  $\delta$ -lactone from frangipani (*Plumeria rubra*)". *Fitoterapia*, 146. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104684>
- Zhao, L., Fan, H., Zhang, M., Chitrakar, B., Bhandari, B. y Wang, B. (2019). "Edible flowers: review of flower processing and extraction of bioactive compounds by novel technologies". *Food Research International*, 126. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108660>
- Zheng, J., Meenu, M. y Xu, B. (2019). "A systematic investigation on free phenolic acids and flavonoids profiles of commonly consumed edible flowers in China". *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 172, 268–277. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2019.05.007>
- Zheng, X., Wang, W., Zhang, L., Su, C., Wu, Y., Ke, Y., Hou, Q., Liu, Z., Gao, A. y Feng, W. (2013). "Antihyperlipidaemic and antioxidant effect of the total flavonoids in *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring in diabetic mice". *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 65(5), 757–766. Doi: <https://doi.org/10.1111/jphp.12035>