

## DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES DE BIOMASA DE CHILE POBLANO (*Capsicum annuum* L.)

Luis Alfonso Jiménez-Ortega; José Basilio Heredia\*

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Laboratorio de Alimentos Funcionales y Nutraceuticos. Carretera a Eldorado Km 5.5, Campo el Diez, 80110, Culiacán, Sinaloa, México. \*Correo-e: [jbheredia@ciad.mx](mailto:jbheredia@ciad.mx)

Recibido: 30/oct/2021 Aceptado: 28/nov/2021

### Resumen

La contaminación medioambiental causada por la producción agrícola se ha intensificado. México es el segundo productor a nivel mundial de chile verde, siendo Sinaloa el principal productor, durante el 2020 se produjeron 3 324 260,16 toneladas. Estos grandes volúmenes de producción desprenden importantes cantidades de biomasa que representa una fuente de contaminación debido a que las disposiciones finales no siempre son las adecuadas; por ejemplo se combustionan, arrojan a cuerpos de agua, creación de vertederos, entre otros. Por lo que es importante la valorización de biomasa, las cuales son fuente importante de fitoquímicos. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el contenido de compuestos fenólicos totales de biomasa de chile poblano. Para esto se llevó a cabo el método de Folin-Ciocalteu. Los resultados sugieren que esta biomasa es buena fuente de compuestos antioxidantes como polifenoles, por lo que se podrían generar nutraceuticos con diversas funcionalidades industriales, además de que su aprovechamiento podría coadyuvar a generar economías circulares para el campo mexicano.

**Palabras clave:** Fitoquímicos, polifenoles, *Capsicum annuum*, valorización, subproductos agrícolas.

## DETERMINATION OF THE CONTENT OF TOTAL PHENOLIC COMPOUNDS OF BIOMASS OF POBLANO CHILE (*Capsicum annuum* L.)

### Abstract

Environmental pollution caused by agricultural production has intensified. Mexico is the second-largest producer of green chili in the world, with Sinaloa being the main producer, during 2020 3,324,260.16 tons were produced. These large volumes of production release significant amounts of biomass, which represent a source of contamination because the final disposals are not always adequate; for example, they are combusted, thrown into bodies of water, creating landfills, among others. Therefore, the valorization of biomass is important, which is an important source of phytochemicals. The objective of the present investigation was to evaluate the content of total phenolic compounds of biomass of poblano pepper. For this, the Folin-Ciocalteu method was carried out. The results suggest that this biomass is a good source of antioxidant compounds such as polyphenols, so nutraceuticals with various industrial functionalities could be generated, in addition to the fact that its use could help generate circular economies for the Mexican countryside.

**keywords:** Phytochemicals, polyphenols, *Capsicum annuum*, recovery, agricultural by-products.

## Introducción

México es el segundo productor de chile a nivel mundial. Es un cultivo con alto valor económico, durante el 2020 se cultivaron cerca de 153 345,53 hectáreas, produciendo 3 324 260,16 toneladas representando un valor de 33 094 MDP. Sinaloa es el principal productor, en el 2020 produjo 757 769 toneladas de chile verde. Los mercados extranjeros con mayor demanda son Estados Unidos, Canadá y España. Se estima que para el 2030 se produzcan alrededor de 4,49 millones de toneladas. Los principales tipos de chiles producidos en México son pimiento morrón, jalapeño, poblano y serrano (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2016; Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2020).

Los grandes volúmenes de producción de esta hortaliza, generan miles de toneladas de biomasa (hojas, tallos, raíces), de los cuales al final de la cosecha, el productor no suele aprovechar su potencial, por el contrario las disposiciones finales afectan al medio ambiente y a la salud pública, ya que se combustionan, vierten en efluentes, depositan en vertederos, o se emplean para creación de compostas sin valor agregado (Castro-Garzón, et al., 2020; Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo [CYTED], 2020; Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2020; Polenta, 2016).

Los subproductos y biomásas agrícolas y/o agroindustriales son buena fuente de fitoquímicos como polifenoles, terpenos, saponinas y alcaloides (Buratto et al., 2021; Saha y Basak, 2020; Tassoni et al., 2020), estos compuestos han demostrado ejercer una amplia variedad de actividades biológicas, como antimicrobianos, antivirales, antifúngicos, antitumorales, anticancerígenos,

antihiperlipidémicos, antiinflamatorios y antiobesogénicos por mencionar algunos (Chang et al., 2019; Rai, 2021; Santos et al., 2022).

Algunas de estas bioactividades se relacionan con la capacidad antioxidante que pueden presentar estos metabolitos. Los compuestos fenólicos en particular los flavonoides, se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, destacando por su capacidad de captar radicales libres y especies reactivas de oxígeno, retrasar la aparición de enfermedades crónicas degenerativas y coadyuvar a mantener el equilibrio redox del organismo (Ma et al., 2022; Rashmi y Negi, 2020; Zawawi et al., 2021).

Es importante la valorización de biomásas agrícolas para la extracción de compuestos bioactivos, ya que además de minimizar el impacto ambiental, se ayuda a generar economías circulares en el campo, por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar el contenido de fenoles totales de biomasa de chile poblano (*C. annuum*), producido en Culiacán, Sinaloa, México.

## Materiales y métodos

### Recolección y acondicionamiento de biomasa de chile poblano

Se recolectó la biomasa de chile poblano de una agrícola cooperante en el municipio de Culiacán, Sinaloa. Se recolectaron plantas completas en estado senescente. Se separaron por partes vegetativas, se deshidrataron a 60°C durante 12 horas y se molieron en un molino semi-industrial. Se mezclaron los tallos y hojas en una proporción 75/25 respectivamente.

## Extracción y determinación de compuestos fenólicos totales (CFT)

Se pesaron 2 g de biomasa y se extrajeron los compuestos fenólicos con 20 mL de EtOH, MeOH y H<sub>2</sub>O por separado durante 2 h a 250 rpm, a 25 °C. Una vez terminado el tiempo de extracción se centrifugaron a 10 000 rpm, a 4°C, durante 15 min. Se recuperó el sobrenadante.

El ensayo se realizó siguiendo el método establecido por Swain y Hillis (1959). En una microplaca de 96 pocillos se depositaron 10 µL de extracto, y se añadieron 230 µL de agua destilada, 10 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu 2N, después de 3 min se agregaron 25 µL de carbonato de sodio 4N y se dejó en oscuridad durante 2 horas. Pasado este tiempo se leyó la absorbancia a 725 nm en un lector de microplacas Synergy HT® (BioTek, INC, USA). Se usaron como blanco los disolventes empleados. Se construyó una curva estándar con ácido gálico de 0 a 0,4 mg/mL. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico.

### Análisis estadístico

La investigación fue de tipo descriptiva. Las determinaciones se realizaron por triplicado y se plasmaron los promedios y desviación estándar.

### Resultados y discusión

En el cuadro 1, se presentan los resultados del contenido de CFT de los extractos de biomasa de chile poblano obtenidos con disolventes de diferentes polaridades. Se puede apreciar que a medida que la polaridad de los disolventes incrementa la capacidad de extracción, esto puede ser debido a la polaridad, solubilidad e instauraciones presentes en los metabolitos contenidos en la biomasa, los cuales según investigaciones previas no publicadas

(Jiménez, 2022), es abundante en compuestos fenólicos, terpenos y alcaloides.

**Cuadro 1.** Capacidad reductora total de extractos de biomasa de chile poblano

Muestra	Extracto	mg EAG/100 g de muestra seca*
Biomasa de chile poblano	EtOH	131,2 ± 4,61
	MeOH	288,44 ± 8,28
	H <sub>2</sub> O	454,88 ± 15,88

EAG: Equivalentes de ácido gálico

\*Promedios y desviación estándar

Platzer et al. (2021), señalan que la estructura molecular de los fenoles influye en la determinación mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu, por lo que no solo mide los compuestos fenólicos, si no los compuestos con capacidad reductora total (antioxidante), que en el caso de los fenólicos se debe a los grupos OH presentes en los anillos A, B y C, los dobles enlaces presentes en el anillo B, y los grupos 4-oxo. Cabe mencionar que este método se basa en la transferencia de electrones, en la cual se crea una reducción del reactivo con la sustancia antioxidante, formando coloraciones azuladas, las cuales se pueden medir espectrofotométricamente. Esta reacción se forma por la reducción del molibdeno contenido en el reactivo. Por ende otros metabolitos pueden aportar a este resultado.

Diversos autores mencionan la presencia de flavonoides glicosilados en hojas y tallos de diferentes tipos de chiles, la glicosilación incrementa la polaridad de los flavonoides agliconas, esto debido a la solubilidad del azúcar unido a la molécula (Yang et al., 2018), por lo que se recomienda el uso de disolventes de polaridad media-alta como acetona, metanol etanol y/o agua.

Kim et al. (2014), analizaron el contenido de CFT de extractos etanólicos acidificados de tres tipos de chiles coreanos, obteniendo 650 mg EAG/100 g de

peso en fresco, similares al contenido reportado en el extracto acuoso (Cuadro 1).

Cho et al. (2020), obtuvieron extractos hidroetanólicos de hojas de chiles picantes coreanos, identificando en mayor concentración flavonas glicosiladas (2608,9 mg/100 g de peso seco), contribuyendo la actividad antioxidante reportada a estos metabolitos.

Kim et al. (2011), analizaron el contenido CFT de extractos hidroetanólicos de hojas de chile verde y rojo coreano, obteniendo  $1\ 714 \pm 47,72$  mg equivalentes de catequina por 100 g de peso seco, estos resultados difieren al contenido obtenido en el extracto acuoso de biomasa de chile poblano 454,88 mg EAG/100 g de peso seco, puede ser debido al estándar utilizado ya que la catequina es un flavonoide de tipo flavan-3-oles con alta capacidad antioxidante, mientras que el ácido gálico es un ácido fenólico simple con alta capacidad antioxidante.

Zielinski et al. (2014) mencionan una mayor correlación de la actividad antioxidante (DPPH y FRAP) con el ácido gálico que con catequina. El contenido de metabolitos secundarios se puede ver influenciado por el origen, variedad, condiciones climáticas, altitud, disponibilidad de nutrientes, exposición a estreses y estadio de maduración (Samaniego et al., 2020).

Herrera-Pool et al. (2021), evaluaron el efecto de la extracción de CFT de hojas de chile habanero con disolventes de polaridades diversas, reportando el mayor contenido con MeOH al 50% (2 277 mgEAG/100 g), seguido de MeOH al 20% (1 931 mgEAG/100 g), MeOH absoluto (1 531 mgEAG/100g) y agua (1 194 mgEAG/100 g). Aunque el agua es el solvente con mayor polaridad, seguido del metanol al 20% y metanol al 50%, el contenido de CFT se puede ver sobreesti-

mado o alterado, debido a múltiples factores como el método de extracción, condiciones de pre-tratamiento, pureza del disolvente, tiempo y temperatura de extracción, método de cosecha y presencia de otros metabolitos con capacidad reductora como carotenoides, alcaloides, esteroides, entre otros. Además según la identificación de metabolitos efectuada por los autores arrojó principalmente flavonas glicosiladas (luteolina, apigenina, diosmetina), de las cuales resalta que en el extracto acuoso, hexánico, acuosos acidificado, MeOH 20% y acetona presentaron  $<0,1$   $\mu$ moles de dichos compuestos, por el contrario los extractos de acetona al 80%, MeOH y MeOH 80% presentaron las mayores concentraciones.

En la presente investigación se observó un mayor contenido de CFT en el extracto acuoso, seguido del metanólico y etanólico. Según datos no publicados (Jiménez, 2022), los fenoles responsables de dicha actividad son ácidos fenólicos y flavonoides.

## Conclusiones

La biomasa de chile poblano es una fuente abundante de compuestos con capacidad reductora total (antioxidantes), como los polifenoles, de los cuales se sugiere sean de tipo flavonoide (flavonas y flavonoles) y ácidos fenólicos (gálico, cafeico, hidroxibenzóico, clorogénico entre otros), los cuales se pueden aprovechar en diversas industrias, lo cual promueve la valoración de estos residuos que comúnmente se suelen desperdiciar lo que generaría un ingreso extra para el productor.

De igual forma se coadyuvaría a minimizar el impacto ambiental que genera la agricultura en México. Actualmente se siguen evaluando los usos potenciales de los

fitoquímicos presentes en biomásas de alta producción.

## Referencias

- Buratto, R. T., Cocero, M. J., y Martín, Á. (2021). Characterization of industrial açai pulp residues and valorization by microwave-assisted extraction [Caracterización de residuos industriales de pulpa de açai y valorización por extracción asistida por microondas]. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 160, 108269. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108269>
- Castro-Garzón, H., Contreras, E. J., y Rodríguez, J. P. (2020). Análisis ambiental: impactos generados por los residuos agrícolas en el municipio de El Dorado (Meta, Colombia). *Revista Espacios*, 41(38), 42-50.
- Chang, S. K., Alasalvar, C., y Shahidi, F. (2019). Superfruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health effects – A comprehensive review [Fitoquímicos, eficacia antioxidante y efectos sobre la salud: una revisión completa]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(10), 1580-1604. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1422111>
- Cho, S. Y., Kim, H. W., Lee, M. K., Kim, H. J., Kim, J. B., Choe, J. S., Lee, M. L., y Jang, H. H. (2020). Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities in Relation to the Flavonoids Composition of Pepper (*Capsicum annuum* L.) [Actividades antioxidantes y antiinflamatorias en relación con la composición de flavonoides de chile (*Capsicum annuum* L.)]. *Antioxidants*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/antiox9100986>
- Herrera-Pool, E., Ramos-Díaz, A. L., Lizardi-Jiménez, M. A., Pech-Cohuo, S., Ayora-Talavera, T., Cuevas-Bernardino, J. C., García-Cruz, U., y Pacheco, N. (2021). Effect of solvent polarity on the Ultrasound Assisted extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from habanero pepper leaves (*Capsicum chinense*) and its identification by UPLC-PDA-ESI-MS/MS [Efecto de la polaridad del solvente en la extracción asistida por ultrasonido y actividad antioxidante de compuestos fenólicos de hojas de chile habanero (*Capsicum chinense*) y su identificación por UPLC-PDA-ESI-MS/MS]. *Ultrasonics Sonochemistry*, 76, 105658. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105658>
- Kim, J. S., Ahn, J., Lee, S. J., Moon, B., Ha, T. Y., y Kim, S. (2011). Phytochemicals and Antioxidant Activity of Fruits and Leaves of Paprika (*Capsicum Annuum* L., var. *Special*) Cultivated in Korea [Fitoquímicos y actividad antioxidante de frutos y hojas de chile (*Capsicum Annuum* L., var. *Special*) cultivado en Corea]. *Journal of Food Science*, 76(2), C193-C198. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01891.x>
- Kim, W.-R., Kim, E. O., Kang, K., Oidovsambuu, S., Jung, S. H., Kim, B. S., Nho, C. W., y Um, B.-H. (2014). Antioxidant Activity of Phenolics in Leaves of Three Red Pepper (*Capsicum annuum*) Cultivars [Actividad Antioxidante de fenólicos en hojas de tres cultivares de chile rojo (*Capsicum annuum*)]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(4), 850-859. <https://doi.org/10.1021/jf403006c>
- Ma, G., Chai, X., Hou, G., Zhao, F., y Meng, Q. (2022). Phytochemistry, bioactivities and future prospects of mulberry leaves: A review [Fitoquímica, bioactividades y perspectivas futuras de las hojas de mora: una revisión]. *Food Chemistry*, 372, 131335. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131335>
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). El impacto de las quemadas agrícolas: un problema de calidad de aire. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/el-impacto-de-las-quemas-agricolas-un-problema-de-calidad-del-aire>
- Platzer, M., Kiese, S., Herfellner, T., Schweiggert-Weisz, U., y Eisner, P. (2021). How Does the Phenol Structure Influence the Results of the Folin-Ciocalteu Assay? [¿Cómo influye la estructura del fenol en los resultados del ensayo de Folin-Ciocalteu?]. *Antioxidants*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/antiox10050811>
- Polenta, G. (2016). El aprovechamiento de subproductos como estrategia para la prevención de pérdidas y desperdicios en alimentos. En *Aprovechamiento de subproductos y valorización de recursos autóctonos: interrelación, investigación-producción-desarrollo y sociedad*. CYTED. <https://www.cytcd.org/sites/default/files/Aprovechamiento%20de%20subproductos%20y%20valorizacion%20de%20recursos%20autoctonos-%20interrelacion%20investigacion%20produccion%20desarrollo%20y%20sociedad.pdf>
- Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. (2020). Producción de biometano para combustibles de transporte a partir de residuos de biomasa. [https://www.cytcd.org/sites/default/files/d8\\_desarrollo\\_de\\_modelos\\_de\\_comercializacion.pdf](https://www.cytcd.org/sites/default/files/d8_desarrollo_de_modelos_de_comercializacion.pdf)

- Rai, D. K. (2021). Phytochemicals in Food and Health [Fitoquímicos en Alimentos y Salud]. *Foods*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/foods10040901>
- Rashmi, H. B., y Negi, P. S. (2020). Phenolic acids from vegetables: A review on processing stability and health benefits [Ácidos fenólicos de vegetales: una revisión sobre la estabilidad del procesamiento y los beneficios para la salud]. *Food Research International*, 136, 109298. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109298>
- Saha, A., y Basak, B. B. (2020). Scope of value addition and utilization of residual biomass from medicinal and aromatic plants [Alcance del valor agregado y utilización de la biomasa residual de plantas medicinales y aromáticas]. *Industrial Crops and Products*, 145, 111979. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111979>
- Samaniego, I., Brito, B., Viera, W., Cabrera, A., Llerena, W., Kannangara, T., Vilcacundo, R., Angós, I., y Carrillo, W. (2020). Influence of the Maturity Stage on the Phytochemical Composition and the Antioxidant Activity of Four Andean Blackberry Cultivars (*Rubus glaucus* Benth) from Ecuador [Influencia de la etapa de madurez en la composición fitoquímica y la actividad antioxidante de cuatro cultivares de mora andina (*Rubus glaucus* Benth) de Ecuador]. *Plants*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/plants9081027>
- Santos, D., Lopes da Silva, J. A., y Pintado, M. (2022). Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological functionalities [Harinas de subproductos de frutas y hortalizas como ingredientes: una revisión del proceso de producción, beneficios para la salud y funcionalidades tecnológicas]. *LWT*, 154, 112707. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112707>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2016). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Chiles y Pimientos Mexicanos. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles\\_y\\_Pimientos-parte\\_uno.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2021). Cierre de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Swain, T., y Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents [Los componentes fenólicos de *Prunus domestica*- El análisis cuantitativo de los componentes fenólicos]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63-68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
- Tassoni, A., Tedeschi, T., Zurlini, C., Cigognini, I. M., Petrusan, J. I., Rodríguez, Ó., Neri, S., Celli, A., Sisti, L., Cinelli, P., MSignori, F., Tsatsos, G., Bondi, M., Verstringe, S., Bruggerman, G., y Corvini, P. F. X. (2020). State-of-the-Art Production Chains for Peas, Beans and Chickpeas—Valorization of Agro-Industrial Residues and Applications of Derived Extracts [Cadenas productivas de vanguardia para arveja, frijol y garbanzo- valorización de residuos agroindustriales y aplicaciones de extractos derivados]. *Molecules*, 25(6). <https://doi.org/10.3390/molecules25061383>
- Yang, B., Liu, H., Yang, J., Gupta, V. K., y Jiang, Y. (2018). New insights on bioactivities and biosynthesis of flavonoid glycosides [Nuevos conocimientos sobre bioactividades y biosíntesis de glucósidos flavonoides]. *Trends in Food Science & Technology*, 79, 116-124. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.006>
- Zawawi, N., Chong, P. J., Mohd Tom, N. N., Saiful Anuar, N. S., Mohammad, S. M., Ismail, N., y Jusoh, A. Z. (2021). Establishing Relationship between Vitamins, Total Phenolic and Total Flavonoid Content and Antioxidant Activities in Various Honey Types [Establecimiento de la relación entre las vitaminas, el contenido total de fenólicos y flavonoides totales y las actividades antioxidantes en varios tipos de miel]. *Molecules*, 26(15). <https://doi.org/10.3390/molecules26154399>
- Zielinski, A. A. F., Haminiuk, C. W. I., Alberti, A., Nogueira, A., Demiate, I. M., y Granato, D. (2014). A comparative study of the phenolic compounds and the in vitro antioxidant activity of different Brazilian teas using multivariate statistical techniques [Estudio comparativo de los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante in vitro de diferentes tés brasileños utilizando técnicas estadísticas multivariadas]. *Food Research International*, 60, 246-254. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.09.010>