



# HORIZONTES TRANSDISCIPLINARIOS

Revista Digital de Divulgación y Difusión Científica

## DIÁLOGOS HORIZONTALES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA REGIÓN PACÍFICO SUR (CHIAPAS, OAXACA Y GUERRERO)



**CONAHCYT**  
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS





# DESARROLLO Y PROCESOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS



# Compuestos fenólicos de especies criollas de frijol de la región Pacífico sur de México

Lucero Ávalos-Flores<sup>1</sup>, Alejandro Escobedo<sup>1</sup> y Montserrat Alcázar-Valle<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Tecnología Alimentaria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), A.C., Zapopan, Jalisco, México.

\* Autor correspondiente: Montserrat Alcázar-Valle, ealcazar@ciatej.mx

## Palabras clave:

leguminosas,  
ingrediente  
nutracéutico,  
antioxidante,  
pigmento.

## Resumen

El frijol es una de las legumbres más importantes por su valor nutricional, debido al alto contenido de proteína y fibra. Además, contiene compuestos fenólicos que son benéficos a la salud. El objetivo fue determinar el contenido de compuestos fenólicos, antocianinas y actividad antioxidante de seis especies criollas de frijol de la región Pacífico sur (Chiapas, Guerrero y Oaxaca), con la finalidad de vincular su potencial relación ante la prevención de enfermedades crónico-degenerativas. Los resultados muestran que las variedades procedentes del estado de Guerrero GR-4 (frijol común) y GR-1 (frijol comba) presentaron el mayor contenido de fenoles totales. En antocianinas totales, la muestra GR-4 fue la que presentó una mayor concentración. La muestra CH-11 (frijol gordo) obtuvo un porcentaje de inhibición del radical libre del 96.9% por la técnica de DPPH. En conclusión, las variedades de frijol criollo de la región Pacífico sur analizadas podrían presentar potencial biológico.

## Introducción

Los radicales libres son moléculas que producimos diariamente en nuestras células y están asociadas a la generación de especies reactivas de oxígeno y de nitrógeno, ambas son responsables del daño oxidativo de las células. Sin embargo, existe un sistema de defensa antioxidante que limita los efectos nocivos de estos radicales. El desequilibrio entre la generación de los radicales libres y las defensas antioxidantes lleva a tener un proceso denominado estrés oxidativo, que puede ocasionar un daño celular, generando alteraciones fisiológicas que posteriormente conllevan a enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad o inclusive cáncer (Ganesan & Xu, 2017; Moreno-Valdespino *et al.*, 2020). En México, en los últimos años se han observado cifras alarmantes de estos padecimientos. En especial la obesidad, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018, del total de adultos de 20 años y más, 39.1% tienen sobrepeso y 36.1% obesidad; mientras que los niños de 0 a 4 años, el 22.2% tiene riesgo de sobrepeso y aquellos de 5 a 11 años, el 35.6% presenta esta condición (ENSANUT, 2018).



La obesidad está asociada con un aumento en la producción de adipocitocinas proinflamatorias en el tejido graso, estas son proteínas que inducen la producción de especies reactivas de oxígeno y aumentan el estrés oxidativo, lo que desencadena una respuesta inflamatoria en todo el cuerpo (Moreno-Valdespino *et al.*, 2020). El ejercicio regular y los patrones de alimentación saludables son esenciales para contrarrestar estos efectos (Kánter Coronel, 2021). Particularmente, el consumo frecuente de alimentos ricos en antioxidantes naturales -como las legumbres- se ha asociado con un mejor manejo de la obesidad al disminuir el estrés oxidativo y reducir los niveles de lípidos. Este efecto está relacionado con las actividades antioxidantes de los compuestos fenólicos propios de las legumbres.

Dentro de las legumbres, el frijol es una de las más consumidas a nivel mundial. En México las especies más cultivadas son: el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), el frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), el frijol comba (*Phaseolus lunatus* L.), el frijol gordo o ibes (*Phaseolus polyanthus* L.) y el frijol tépari (*Phaseolus acutifolius* L.). De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, la producción de frijol durante el ciclo primavera-verano 2022, los estados de la región Pacífico sur (Chiapas, Oaxaca y Guerrero) formaron parte de los diez estados con la mayor producción de frijol en el país (SIAP, 2022).

El frijol posee un alto contenido de proteína, fibra dietética, y como compuestos bioactivos posee grandes concentraciones de compuestos fenólicos, tales como antocianinas (Hsieh-Lo *et al.*, 2020), presentes en la cascarilla. Las antocianinas, en el reino vegetal, son las responsables de la pigmentación naranja, rojo, rosa, violeta y azul. En años recientes se ha demostrado que los compuestos fenólicos manifiestan diversos potenciales beneficios a la salud, incluyendo actividad antiinflamatoria, antimicrobiana, anticancerígena, antidiabéticas y antioxidante (Guzmán-Figueroa, Ortega-Regules & Anaya-Berrios, 2010). Este estudio tuvo como objetivo obtener un extracto purificado rico en compuestos fenólicos de la cascarilla de seis variedades de frijol criollo de los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca, así como determinar el contenido de compuestos fenólicos y antocianinas, y evaluar la actividad antioxidante.

## Materiales y métodos

### Descascarillado del frijol

El descascarillado se realizó a seis variedades de frijol criollo de los estados de Guerrero, Chiapas y Oaxaca (Figura 1).

Se remojó el frijol en agua destilada en una relación de cinco partes de frijol por seis partes de agua a 40 °C entre 4 a 6 h. Posteriormente, se secó el frijol en horno de convección a 50 °C por 6 h. Para desprender la cascarilla del cotiledón se utilizó un descascarillador eléctrico (Modelo piloto, CIATEJ, México).

*Rendimiento de Cascarilla y de Extractos Purificados Ricos en Compuestos Fenólicos*

Muestra	Cascarilla (g) / Frijol (kg)	Extractos (mg) / Frijol (kg)
Frijol común		
GR-4	65	318
CH-9	72	252
OX-13	52	102
Frijol comba		
GR-1	30	42
Frijol ayocote		
CH-7	20	60
Frijol gordo		
CH-11	48	49

**Figura 1.** Nombre Clave y Especie de las Muestras de Frijol de Guerrero, Chiapas y Oaxaca.



### *Extracción y purificación de antocianinas*

La cascarilla de cada muestra de frijol fue molida y mediante lixiviación convencional con una solución de etanol/agua/ácido fórmico (70:29.7:0.3, v/v) se obtuvo un extracto rico en compuestos fenólicos. Posteriormente, para su conservación el extracto se deshidrató en frío y se almacenó en congelación hasta el momento de su purificación.

El extracto se rehidrató con la misma solución etanólica, previamente mencionada. Posteriormente, la solución se colocó en una columna de separación por gravedad empacada con resina comercial (Amberlite XAD-7) con el fin de retirar azúcares, compuestos fenólicos pequeños y otros elementos para obtener un extracto purificado rico en compuestos fenólicos complejos como las antocianinas. El extracto purificado rico en compuestos fenólicos se concentró, deshidrató en frío y se almacenó a  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis.

### *Cuantificación de fenoles totales*

La cuantificación de fenoles totales se llevó a cabo por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Marina *et al.*, 2008). Los resultados se expresaron en miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto (mg EAG/g).

### *Determinación de antocianinas totales*

El contenido de las antocianinas totales se realizó mediante el método de diferencia de pH (AOAC International, 2006). Este es un método colorimétrico que se basa en la transformación estructural de las antocianinas con el cambio de pH (Martínez-Cruz *et al.*, 2011).

### *Determinación de la actividad antioxidante*

La actividad antioxidante se evaluó con el método basado en la molécula 2,2- difenil-1-picrilhidracilo (DPPH). Este método de evaluación consiste en mezclar el DPPH, un radical libre estable, con una muestra que le dona un átomo de hidrógeno para que se transforme en su forma reducida. Al momento de reducir el DPPH, la solución pierde su color violeta original. El porcentaje de la pérdida del color es proporcional a la actividad antioxidante de nuestra muestra (Martínez-Cruz *et al.*, 2011).

### *Análisis estadístico*

Los resultados se presentan como promedio  $\pm$  error estándar del promedio (SEM). El programa estadístico Statgraphics Centurion XVI v15.2.06 (Statistical Graphics Corp, The Plains, VA, EE. UU.) fue empleado para comparar los resultados de antocianinas, polifenoles totales y actividad antioxidante a través de un análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de diferencia mínima significativa (LSD).

## **Resultados y discusión**

### *Rendimiento de cascarilla y de los extractos*

El rendimiento más elevado en cuanto a la cascarilla de frijol corresponde a la muestra CH-9 (frijol común) con 72 g por cada kilogramo de frijol (Tabla 1). Mientras que el menor rendimiento pertenece a la muestra CH-7 (frijol ayocote) con un valor de 20 g de cascarilla por kilogramo de frijol. Entre las



posibles razones de la diferencia en los rendimientos se encuentra el tamaño del frijol y la facilidad con la que se desprende la cascarilla de los granos, así como las pérdidas de cascarilla durante el proceso de descascarillado. Respecto al rendimiento del extracto purificado rico en compuestos fenólicos, el mayor rendimiento fue de 318 mg por kilogramo de frijol, perteneciente a la muestra GR-4 (frijol común). Mientras que el rendimiento más bajo se observó en la muestra GR-1 (frijol comba) con un valor de 42 mg de extracto por kilogramo de frijol.

#### *Fenoles totales*

Los resultados obtenidos de la cuantificación de fenoles totales de los extractos purificados de la cascarilla del frijol evidencian que las muestras provenientes del estado de Guerrero fueron las que presentan mayor contenido de fenoles totales con una concentración de 70.5 mg EAG/g para GR-4 y 69.3 mg GAE/g para GR-1. En cambio, la menor concentración fue observada por la muestra OX-13 (frijol común), con 21.3 mg GAE/g. El presente trabajo obtuvo una mayor concentración de fenoles totales en el frijol ayocote (66.6 mg GAE/g) comparado con lo reportado por Garzón (2019). Dicha autora reportó concentraciones que oscilaron entre 19.9 y 29.6 mg GAE/g en variedades de frijol ayocote. Además, al comparar los resultados obtenidos con los reportados por García (2016) es discrepante en las variedades de frijol comba (GR-1), debido a que la concentración obtenida en el presente estudio fue de 69.3 mg GAE/g, en tanto, lo reportado por García (2016) fue de 248.9 mg GAE/g en variedades provenientes de la región mixteca en el estado de Oaxaca.

#### *Antocianinas totales*

Los resultados obtenidos para la concentración de antocianinas totales se muestran en la Tabla 2. Comparando las muestras, se observó que las muestras GR-4 (frijol común) y GR-1 (frijol comba) mostraron la mayor concentración de antocianinas totales. Esto era de esperarse, ya que las variedades de frijol negro comúnmente presentan los mayores niveles de antocianinas (Moreno-Valdespino *et al.*, 2020). Por el contrario, la muestra CH-11 procedente de Chiapas mostró un contenido nulo de antocianinas. Además, se observó que las concentraciones de antocianinas obtenidas en las variedades CH-9 y OX-13 son similares a las reportadas por Garzón (2019).

#### *Actividad antioxidante*

Los porcentajes de inhibición de DPPH de las muestras analizadas rondaron entre 22.8 a 98.4 %. Los mayores porcentajes de inhibición se observaron en la muestra CH-11 (frijol gordo), con 98.4 %. Enseguida, con resultados similares, las muestras GR-4 (frijol común) y GR-1 (frijol comba) procedentes de Guerrero mostraron porcentajes de inhibición de 91.0 y 90.1 %, respectivamente (Figura 2). En un estudio previo, la harina de las muestras GR-4 y GR-1 mostraron una correlación positiva entre el contenido de antocianinas y el potencial antioxidante (Alcázar-Valle *et al.*, 2021). En otras palabras, es probable que las antocianinas sean las responsables de la mayor actividad antioxidante en los frijoles negros. Mientras tanto, el potencial antioxidante de las muestras restantes se puede deber a la presencia de otros compuestos fenólicos como la quercetina, kaempferol, genisteína, entre otros (Alcázar-Valle *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2018). El consumo frecuente de estas especies de frijol podría ayudar a prevenir y controlar no solo la obesidad, sino otras enfermedades crónicas como diabetes, cáncer y enfermedades del corazón. Además, la incorporación de estos extractos en alimentos como suplementos podría ser una estrategia paralela para generar valor agregado al frijol criollo de los estados de Guerrero, Chiapas y Oaxaca.



**Tabla 2.** Potencial Antioxidante de los Extractos Purificados Ricos en Compuestos Fenólicos

*Fenoles Totales y Antocianinas de Extractos Purificados Ricos en Antocianinas*

Muestra	Fenoles totales (mg EAG/g)	Antocianinas (mg EC3G/g)
Frijol común		
GR-4	70.5 ± 19.8 <sup>a</sup>	289.0 ± 106.4 <sup>a</sup>
CH-9	37.0 ± 0.1 <sup>ab</sup>	6.25 ± 2.4 <sup>b</sup>
OX-13	21.3 ± 1.0 <sup>b</sup>	3.91 ± 2.2 <sup>b</sup>
Frijol comba		
GR-1	69.3 ± 10.3 <sup>a</sup>	143.4 ± 14.5 <sup>ab</sup>
Frijol ayocote		
CH-7	66.6 ± 7.9 <sup>a</sup>	14.09 ± 0.03 <sup>b</sup>
Frijol gordo		
CH-11	39.9 ± 0.9 <sup>ab</sup>	ND

*Nota.* Los valores son promedio ± SEM. Diferentes letras indican una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) dentro de una columna utilizando un ANOVA y una prueba de LSD. EAG = equivalentes de ácido gálico; EC3G= equivalentes de cianidina 3 glucósido.; ND = no detectado;

### Conclusión

Este trabajo representa un preámbulo hacia la revalorización del frijol criollo de la región Pacífico sur, una zona que presenta gran desigualdad socioeconómica. A través de este tipo de proyectos se impulsa el desarrollo científico y social de la región. Los resultados obtenidos en este proyecto respecto al frijol común, frijol ayocote, frijol comba y frijol gordo resultan favorables para la selección de especies de frijol destinadas al consumo humano que pueden ser empleados como ingredientes nutracéuticos en la industria alimentaria.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de interés.



## Financiamiento

Esta investigación fue financiada por el Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Número de proyecto: 292474-2017.

## Agradecimientos

Damos gracias a los productores de frijol y a los líderes de las comunidades por permitirnos adquirir las muestras. Asimismo, agradecemos el apoyo del Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Número de proyecto: 292474-2017.

## Referencias

- Alcázar-Valle, M., García-Morales, S., Mojica, L., Morales-Hernández, N., Sánchez-Osorio, E., Flores-López, L., Enríquez-Vara, J. N., & Lugo-Cervantes, E. (2021). Nutritional, antinutritional compounds and nutraceutical significance of native bean species (*Phaseolus* spp.) of Mexican cultivars. *Agriculture (Switzerland)*, *11*(11). <https://doi.org/10.3390/agriculture11111031>
- Alcázar-Valle, M., Lugo-Cervantes, E., Mojica, L., Morales-Hernández, N., Reyes-Ramírez, H., Enríquez-Vara, J. N., & García-Morales, S. (2020). Bioactive compounds, antioxidant activity, and antinutritional content of legumes: A comparison between four *Phaseolus* species. *Molecules*, *25*(15). <https://doi.org/10.3390/molecules25153528>
- Ganesan, K., & Xu, B. (2017). Polyphenol-rich dry common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and their health benefits. *International Journal of Molecular Sciences*, *18*(11). <https://doi.org/10.3390/ijms18112331>
- García, Y. (2016). *Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en testa y grano de 54 poblaciones nativas de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)* [tesis de maestría]. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/mca/files/2018/01/L.-N.-Yatzil-Denih-Garcia-Diaz.pdf>
- Garzón García, A. K. (2019). *Polifenoles, aminoácidos y actividad antioxidante en ejote y flor de poblaciones nativas de Phaseolus vulgaris L. y P. coccineus L.* [tesis de maestría]. Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/50803/GarzonGarciaAlma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guzmán-Figueroa, M. P., Ortega-Regules, A., & Anaya-Berrios, C. (2010). Piranoantocianinas modificaciones estructurales de antocianinas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, *1–4*, 84–95. [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4\(1\)-Guzman-Figueroa-et-al-2010.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4(1)-Guzman-Figueroa-et-al-2010.pdf)
- Hsieh-Lo, M., Castillo-Herrera, G., & Mojica, L. (2020). Black bean anthocyanin-rich extract from supercritical and pressurized extraction increased in vitro antidiabetic potential, while having similar storage stability. *Foods*, *9*(5), 703–703. <https://doi.org/10.3390/foods9050655>
- Kánter Coronel, I. (2021). México: Un cambio de estrategia para su erradicación. *Magnitud Del Sobrepeso y Obesidad En México: Un Cambio de Estrategia Para Su Erradicación*, *197*, 1–24.



- Lee, J., Durst, R. & Wrolstad, R. (2005). AOAC 2005.02: Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines- pH Differential Method. En *Official Methods of Analysis of AOAC International* (pp. 37-39). AOAC International.
- Marina, D., Avella, G., Alberto, C., García, O., & Cisneros, A. M. (2008). *Medición de fenoles y actividad antioxidante en malezas usadas para alimentación animal*. Simposio de Metrología, 1–5. [http://cenam.mx/simposio2008/sm\\_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf](http://cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf)
- Martínez-Cruz, N. del S., Arévalo-Niño, K., Verde-Star, M. J., Morales, C. R. M., Oranday-Cárdenas, A., Adriana Núez-González, M., & Eufemia Morales-Rubio, M. (2011). Antocianinas y actividad anti radicales libres de *Rubus adenotrichus* Schltdl (zarzamora). *Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas*, 42(4), 66–71.
- Moreno-Valdespino, C. A., Luna-Vital, D., Camacho-Ruiz, R. M., & Mojica, L. (2020). Bioactive proteins and phytochemicals from legumes: Mechanisms of action preventing obesity and type-2 diabetes. *Food Research International*, 130(February 2019), 108905. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108905>
- SIAP. (2022). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Yang, Q., Gan, R., Ge, Y., Zhang, D., & Corke, H. (2018). Polyphenols in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Chemistry, analysis, and factors affecting composition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 0, 1–22. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12391>