

Obtención de un extracto con capacidad antioxidante obtenido a partir de residuos de las hojas del maíz (Zea mays)

Ángel Santiago Puruncajas Paucar¹; Danae Fernández Rivero^{2*};
Orestes Darío López Hernández³

(Recibido: julio 01, 2025; Aceptado: octubre 20, 2025)

<https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol9iss17.2025pp213-218p>

Resumen

El maíz (Zea mays) es un cultivo de gran importancia para la alimentación en Ecuador, su cultivo genera altos volúmenes de residuos que, debido a un mal manejo, podrían contaminar el medio ambiente. Las hojas del maíz, ricas en biomoléculas como clorofila y flavonoides, tienen potencial para aplicaciones industriales en alimentos y cosméticos. Esta investigación se enfoca en obtener un extracto vegetal a partir de las hojas del maíz generadas de la cosecha y evaluar su capacidad antioxidante. Se obtuvieron dos extractos utilizando como disolventes etanol al 96% y una mezcla acetona-etanol en proporción 3:1. Mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) indicó la presencia de compuestos hidroxilados en ambos extractos, donde el extracto obtenido a través de la mezcla acetona-etanol presentó mayor intensidad en los picos. Se evaluó la técnica del 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para comprobar la capacidad antioxidante de los extractos, obteniendo una concentración equivalente de Trolox de 107.15 y 104.39 $\mu\text{mol/g}$ respectivamente.

Palabras claves: capacidad antioxidante; extractos vegetales; FTIR; maíz.

Obtaining an extract with antioxidant capacity obtained from maize leaf residues (Zea mays)

Abstract

Maize (Zea mays) is a crop of great importance for food production in Ecuador. Its cultivation generates large volumes of residues that, if not properly managed, could contaminate the environment. Maize leaves, rich in biomolecules such as chlorophyll and flavonoids, have potential for industrial applications in food and cosmetics. This research focuses on obtaining a plant extract from maize leaves collected after harvest and evaluating its antioxidant capacity. Two extracts were obtained using 96% ethanol and an acetone-ethanol mixture in a 3:1 ratio as solvents. Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy indicated the presence of hydroxylated compounds in both extracts, with the acetone-ethanol mixture yielding spectra with greater peak intensity. The antioxidant capacity of the extracts was assessed using the 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH) assay, obtaining Trolox equivalent concentrations of 107.15 and 104.39 $\mu\text{mol/g}$, respectively.

Keywords: agro-industrial waste; antioxidant capacity; plant extracts; FTIR spectra; maize.

¹ Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Email: puruncajasangel.3a@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5875-473X>

² Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Email: da.fernandez@uta.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7530-7467>.
*Autor de correspondencia

³ Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Email: od.lopez@uta.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3217-9493>

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población trae consigo la necesidad de producción en masa de productos y servicios, resultando en la generación de una gran cantidad de desechos. La agricultura es una de las industrias que más ha crecido durante los últimos años, resultando en millones de toneladas de desechos que no son utilizados en la alimentación humana o animal (1). El maíz (*Zea mays*) es uno de los productos más cultivados en Ecuador, principalmente para uso en la alimentación humana y ganadera (2). Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2024), en Ecuador en el año 2023 la superficie sembrada con maíz fue de 414,966 Ha y se produjeron 1,535,813 toneladas, siendo el quinto producto agrícola más producido y el segundo cultivo transitorio del año. Los desechos de la cosecha del maíz (hojas y tallos) son comúnmente quemados o usados para la alimentación de bovinos y ovinos (4).

El poco aprovechamiento de los residuos de la cosecha del maíz puede generar contaminación al medioambiente y baja rentabilidad económica para los productores de este cereal. La relación residuo-producto (RPR) es un cociente que indica la cantidad de producto cosechado en toneladas en relación con la cantidad de residuo (5). El maíz tiene un RPR de 2, lo que significa que la actividad agrícola de este cereal resultó en la generación de 3,282,262 toneladas de residuos en el 2022 y de 3,071,626 toneladas en 2023 que se atribuye a diferente material vegetal desechado en el proceso de cosecha (hojas, tallos, mazorcas, raíces). Diversos estudios han buscado aplicaciones industriales efectivas para los residuos de la cosecha de maíz. Las hojas de esta planta contienen compuestos bioactivos de interés por su actividad biológica, entre los que se incluyen ácidos fenólicos, flavonoides, carotenoides y clorofila, entre otros (6). Además, las hojas contienen clorofila, esencial para la fotosíntesis, lo que las convierte en una fuente de extractos ricos en este pigmento y en otros compuestos bioactivos. Debido a la estructura rica en dobles enlaces y grupos hidroxilo de la clorofila, flavonoides y compuestos fenólicos, presentan actividad antioxidante (7). Una

molécula antioxidante es aquella que posee la capacidad de neutralizar a las especies reactivas de oxígeno, los cuales pueden causar daños celulares debido a la acumulación excesiva en el organismo (8). Gracias a estas propiedades, el extracto puede tener aplicaciones útiles en la industria alimentaria y cosmética. Dada la importancia de aprovechar los recursos naturales y minimizar los residuos agrícolas, esta investigación se propone utilizar las hojas de maíz, uno de los residuos más abundantes de la cosecha, como fuente para la elaboración de un extracto con actividad antioxidante.

METODOLOGÍA

Se recolectaron hojas de maíz blanco en una parcela ubicada en el sector Izamba, en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador. El material vegetal se cortó en discos circulares de aproximadamente 15 mm de diámetro; posteriormente, se pesó 1 g y se trituró en un mortero utilizando como disolventes etanol al 96 % y una mezcla de acetona-etanol en proporción 3:1. La suspensión obtenida fue centrifugada a 2500 rpm durante 10 minutos, se recuperó el sobrenadante, obteniéndose los extractos foliares (9).

Ensayos realizados

Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

Esta técnica se fundamenta en el análisis de materiales orgánicos mediante la irradiación de un haz de luz infrarroja que produce una reacción de absorción de energía en dependencia de la estructura química de los enlaces del compuesto analizado, produciendo un espectro total que es medido en términos de transmitancia (10). Se obtuvieron espectros en un intervalo espectral entre 4000 y 400 cm⁻¹ utilizando un espectrómetro (Jasco FT/IR 4100), con el objetivo de verificar la presencia de grupos funcionales pertenecientes a compuestos bioactivos en los extractos foliares.

Determinación de la capacidad antioxidante

Se utilizó la técnica del 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH), que se basa en la capacidad de los

antioxidantes para neutralizar el radical libre estable DPPH. En una placa de 96 pocillos se colocaron 20 µL del extracto foliar o solución estándar (Trolox), con 180 µL del reactivo DPPH (Sigma-Aldrich, USA) disuelto en metanol-agua en una proporción (80:20) a una concentración de 150 µmol/L y se agitó por 60 seg. Se incubó la placa por 40 minutos en ausencia de la luz

a temperatura ambiente, posteriormente se determinó la absorbancia a 515 nm a la temperatura de 25°C en el espectrofotómetro (Fisher Scientific, Finlandia).

La capacidad antioxidante de ambos extractos se calculó como el porcentaje de inhibición del radical DPPH utilizando la Ecuación (1):

$$\% \text{ inhibición de DPPH} = \left[1 - \frac{(\text{Abs muestra} - \text{Abs blanco})}{(\text{Abs control} - \text{Abs blanco})} \right] * 100 \quad (1)$$

a partir de los valores de absorbancia obtenida de la muestra (Abs muestra) y el control (Abs control), con la previa elaboración de una curva estándar de Trolox (50-500 µmol/L) (11).

RESULTADOS

Espectroscopia infrarroja por transformadas de Fourier (FTIR)

La Figura 1 muestra los espectros de infrarrojo obtenidos para ambos extractos foliares. El eje y representa la transmitancia (% de luz transmitida), mientras que el eje x indica el número de onda. La línea azul corresponde al espectro del extracto disuelto en etanol al 96%, y la línea negra al espectro del extracto disuelto

en la mezcla de acetona-etanol. Ambos extractos presentaron bandas en la región de 3000 a 3500 cm⁻¹, correspondientes a vibraciones de tensión de los enlaces C-H y =C-H, así como relacionada a los grupos hidroxilos (12). Asimismo, se observaron picos entorno a los 1650 cm⁻¹, asociados a la vibración de tensión del enlace C=C, y de estiramiento del carbonilo (C=O) con una absorción más intensa en el extracto obtenido con la mezcla acetona-etanol. Además, en el espectro de este último extracto se identificaron dos picos entre 1000 y 1500 cm⁻¹, los cuales pueden atribuirse a vibraciones de flexión de los grupos -CH₂ y -CH₃ (17, 18).

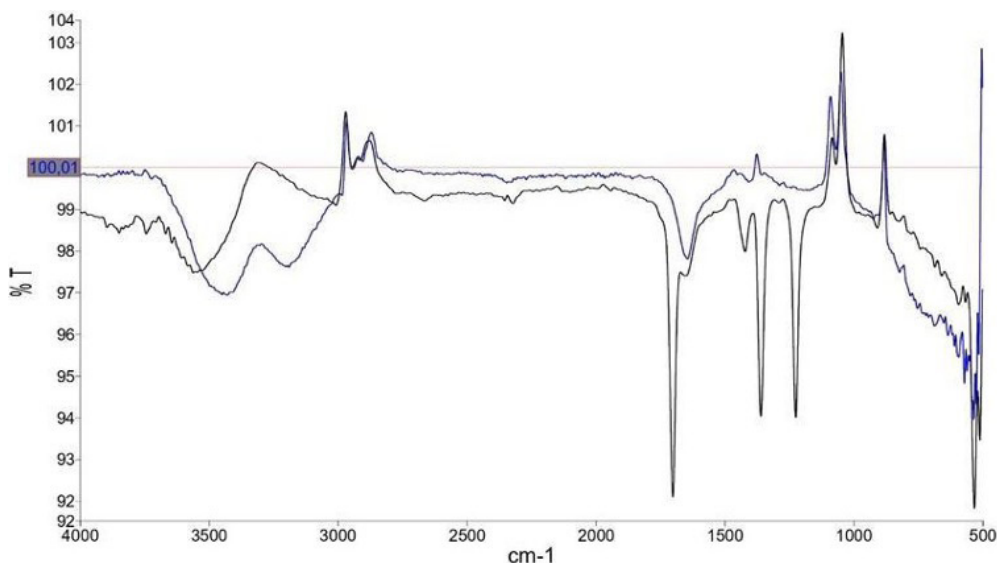


Figura 1. Espectros obtenidos por FTIR de los extractos de las hojas del maíz (*Zea mays*)

Determinación de la capacidad antioxidante

En la Tabla 1 se presentan los valores obtenidos del porcentaje de inhibición de DPPH, así como la actividad antioxidante expresada como concentración equivalente de Trolox, para

ambos extractos derivados de las hojas de maíz. A partir de la curva de calibración realizada con Trolox se obtuvo la siguiente ecuación de regresión lineal: $y = 0.1494x + 8.2551$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9984$. A partir

de esta ecuación, se calculó la concentración equivalente de Trolox que varió entre 104.39 y 107.15 $\mu\text{mol/g}$ en ambos extractos.

Tabla 1. Resultados obtenidos en el ensayo de DPPH

Extracto	% Inhibición DPPH	C(Trolox) $\mu\text{mol/g}$
Etanol al 96 %	72.29	107.15 \pm 1.65
Acetona-etanol (3:1)	70.64	104.39 \pm 1.56

DISCUSIÓN

A partir de los espectros FTIR se puede indicar la presencia de compuestos fenólicos en ambos extractos, esto se corrobora por la banda entre 3000 a 3500 cm^{-1} que se asocia a la presencia de grupos hidroxilos(14). Los compuestos fenólicos son extraídos por ambos solventes, sin embargo, con la mezcla acetona-etanol pueden existir más en comparación con el etanol, ya que la esta mezcla es menos polar que el etanol (15). Adicionalmente, se puede inferir la presencia de clorofila, ya que ambos espectros mostraron picos de absorción asociados a grupos funcionales característicos de su estructura, como los enlaces: C=C y C=O (16). No obstante, en el extracto disuelto en etanol, estos picos son débiles. En cambio, el espectro del extracto obtenido con la mezcla acetona-etanol presentó un mayor número de picos, con intensidades más marcadas. Cabe señalar que para interpretar adecuadamente la relación entre los picos observados en los espectros FTIR, es fundamental considerar el contexto y las propiedades físicas de la muestra, ya que distintos grupos funcionales pueden solaparse en el espectro (17).

Entre los factores que deben considerarse en los procesos de extracción se encuentra el tipo de disolvente. Dado que ambos extractos fueron obtenidos de las hojas de maíz, es razonable suponer que contienen pigmentos característicos de los extractos foliares, como la clorofila. Además, es fundamental tener en cuenta la diferencia de polaridad entre los disolventes utilizados en el proceso de extracción (18). Los terpenoides también pueden ser compuestos presentes en los extractos. El extracto disuelto en acetona-etanol presentó picos intensos en cuanto a dobles enlaces C=C y grupos C=O (19),

aunque pudieran existir otros componentes en los extractos como: componentes celulares, aminoácidos, glucósidos, lípidos, alcaloides o saponinas (20). En el maíz se ha identificado la presencia de: antocianinas, taninos, lignina y polifenoles (21).

Estos resultados se corroboran con valores de actividad antioxidante obtenidos en ambos extractos, se ha indicado en la literatura que los ácidos fenólicos son considerados excelentes antioxidantes naturales, y se ha determinado su actividad biológica por el método de DPPH similar a este estudio (22). Otros autores han determinado la actividad antioxidante de extractos etanólicos procedentes de la seda del maíz obteniendo valores de porcentaje de inhibición de DPPH de hasta el 74%, encontrándose que a medida que aumenta la concentración del extracto mayor fue el porcentaje de inhibición de DPPH, debido a la presencia de saponinas, taninos, flavonoides (23) lo que concuerda con lo explicado en esta investigación.

Además, las hojas al contener clorofila, las convierte en una fuente de extractos ricos en este pigmento. La estructura de la clorofila con dobles enlaces y grupos hidroxilo le aportan capacidad antioxidante (7). Debido a estas características puede ser considerada como un compuesto dietético ya que previene daños oxidativos en el ADN y en la peroxidación lipídica (24). Gracias a estas propiedades, los extractos foliares pueden tener aplicaciones en la industria alimentaria y nutraceútica.

REFERENCIAS

1. Akhayere E, Kavaz D. Synthesis of silica nanoparticles from agricultural waste. *Agri-Waste and Microbes for Production of Sustainable Nanomaterials*. 2021;121–38.
2. Albán Recibido G, Caviedes M. Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*. 2019;11(1):116–23.
3. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Encuesta de Superficie y Producción

- Agropecuaria Continua. 2024. Available from: <https://app.pow-erbi.com/view?r=eyJrljoiZTEyY2NiZDIYjIzYi00ZG-Q1LTikNGEtNDE1OG-ViM2Q1N2Vlliwid-Ci6ImYxNThhMmU4LWNhZWMTNDQw-Ni1iMGFiLWY1ZTI1OW-JkYTExMiJ9&pageName=ReportSection>
4. Martillo J, Lesme R, Oliva L. Estimación del potencial energético de la tusa en la provincia de Los Ríos y Guayas, Ecuador. *Centro Azúcar*. 2020;47:11-21
5. Carvajal E, Guamn-Burneo C, Portero P, Salas E, Tufio C, Bastidas B. Aprovechamiento de residuos orgánicos en distintos cultivos de Ecuador. *AXIOMA*. 2017;(16):84-95
6. Rodríguez De Luna SL, Ramírez-Garza RE, Serna Saldívar SO. Environmentally Friendly Methods for Flavonoid Extraction from Plant Material: Impact of Their Operating Conditions on Yield and Antioxidant Properties. *The Scientific World Journal*. 2020;2020(1):6792069
7. Pareek S, Sagar NA, Sharma S, Kumar V, Agarwal T, González-Aguilar GA, et al. Chlorophylls: Chemistry and Biological Functions. Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health: Second Edition. 2017;1:269-84
8. Gutteridge JMC, Halliwell B. Antioxidants: Molecules, medicines, and myths. *Biochem Biophys Res Commun*. 2010;393(4):561-4.
9. Porra RJ, Thompson WA, Kriedemann PE. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. *Bi-ochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*. 1989;975(3):384-94
10. de la Paz N, Fernández M, López O, García C, Nogueira A, Torres L, et al. Spray drying of chitosan acid salts: Process development, scaling up and physicochemical material characterization. *Mar Drugs*. 2021;19(6).
11. Bobo-García G, Davidov-Pardo G, Arroqui C, Vírveda P, Marín-Arroyo MR, Navarro M. Intra-laboratory validation of microplate methods for total phenolic content and antioxidant activity on polyphenolic extracts, and comparison with conventional spectrophotometric methods. *J Sci Food Agric*. 2015;95(1):204-9.
12. Cao Z, Wang Z, Shang Z, Zhao J. Classification and identification of *Rhodobryum roseum* Limpr. and its adulterants based on fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and chemometrics. *PLoS One*. 2017;12(2):e0172359.
13. Okur İ, Baltacıoğlu C, Ağçam E, Baltacıoğlu H, Alpas H. Evaluation of the Effect of Different Extraction Techniques on Sour Cherry Pomace Phenolic Content and Antioxidant Activity and Determination of Phenolic Compounds by FTIR and HPLC. *Waste Biomass Valorization*. 2019;10(12):3545-55
14. Patle TK, Shrivastava K, Kurrey R, Upadhyay S, Jangde R, Chauhan R. Phytochemical screening and determination of phenolics and flavonoids in *Dillenia pentagyna* using UV-vis and FTIR spectroscopy. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*. 2020;242:118717.
15. Dirar AI, Alsaadi DHM, Wada M, Mohamed MA, Watanabe T, Devkota HP. Effects of extraction solvents on total phenolic and flavonoid contents and biological activities of extracts from Sudanese medicinal plants. *South African Journal of Botany*. 2019;120:261-7.
16. Chang H, Kao MJ, Chen CH, Chen CH, Cho KC, Lai XR. Characterization of Natural Dye Extracted from Wormwood and Purple Cabbage for Dye-Sensitized Solar Cells. *International Journal of Photoenergy*. 2013;2013.
17. Coates J. Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach. In: Encyclopedia of Analytical Chemistry [Internet]. R.A. Meyers and M.L. McKelvy; 2006. <https://doi.org/10.1002/9780470027318.a5606>

18. Pharmawati M, Wrsiati LP. Phytochemical Screening and FTIR Spectroscopy on Crude Extract from *Enhalus acoroides* Leaves. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 2020;24:70–7.
19. Patle TK, Shrivastava K, Kurrey R, Upadhyay S, Jangde R, Chauhan R. Phytochemical screening and determination of phenolics and flavonoids in *Dillenia pentagyna* using UV–vis and FTIR spectroscopy. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*. 2020;242:118717
20. Wintola OA, Afolayan AJ. Phytochemical constituents and antioxidant activities of the whole leaf extract of *Aloe ferox* Mill. *Pharmacogn Mag*. 2011;7(28):325.
21. Ramírez-Esparza U, Agustín-Chávez MC, Ochoa-Reyes E, Alvarado-González SM, López-Martínez LX, Ascacio-Valdés JA, et al. Recent Advances in the Extraction and Characterization of Bioactive Compounds from Corn By-Products. *Antioxidants*. 2024;13(9):1142
22. Chen J, Yang J, Ma L, Li J, Shahzad N, Kim CK. Structure-antioxidant activity relationship of methoxy, phenolic hydroxyl, and carboxylic acid groups of phenolic acids. *Scientific Reports*. 2020 10:1 2020;10(1):1–9.
23. Abirami S, Priyalakshmi M, Soundariya A, Samrot A V, Saigeetha S, Emilin RR, et al. Antimicrobial activity, antiproliferative activity, amylase inhibitory activity and phytochemical analysis of ethanol extract of corn (*Zea mays* L.) silk. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*. 2021;4:100089.
24. Ching-Yun Hsu, Pi-Yu Chao, Shene-Pin Hu, Chi-Ming Yang. The Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of Chlorophylls and Pheophytins. *Food Nutr Sci*. 2013;4.