



*Evaluación de técnicas para la obtención y medición de Flavonoides Totales en  
Fragaria spp*

*Evaluation of techniques for obtaining and measuring total flavonoids in  
Fragaria spp*

*Avaliação de técnicas de obtenção e dosagem de flavonoides totais em Fragaria  
spp*

Magdalena Lizbeth Sailema Ortiz <sup>I</sup>  
[magdaliz\\_so@hotmail.com](mailto:magdaliz_so@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-6092-194X>

Gabriel Alejandro Moreno Toasa <sup>II</sup>  
[ga.morenot@uta.edu.ec](mailto:ga.morenot@uta.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1976-8699>

Erika Vanessa Moya Castillo <sup>III</sup>  
[evmoyal@espe.edu.ec](mailto:evmoyal@espe.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0001-2171-127X>

Zoraya Natali Dávila Olalla <sup>IV</sup>  
[zorayagd@hotmail.com](mailto:zorayagd@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0007-1023-9305>

**Correspondencia:** [magdaliz\\_so@hotmail.com](mailto:magdaliz_so@hotmail.com)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 19 de abril de 2025 \* **Aceptado:** 25 de mayo de 2025 \* **Publicado:** 18 de junio de 2025

- I. Master en Genética Molecular, Ingeniera Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Investigador, Argentina.
- II. Master en Química Aplicada con especialización en Química Molecular y Química de Materiales, Ingeniero en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Docente Investigador FCIAB, Ecuador.
- III. Magister en Química mención en Química Física, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, Ecuador.
- IV. Magister en Ingeniería de Organización y Producción, Universidad Central del Ecuador, Ecuador.

## Resumen

El presente estudio evaluó técnicas para extraer y medir flavonoides totales en hojas de *Fragaria spp.* (fresa), compuestos reconocidos por sus propiedades antioxidantes y beneficios para la salud. El objetivo fue determinar la técnica más eficiente y rápida para obtener flavonoides totales. Se probaron tres métodos de extracción: maceración, incubadores de microplacas y ultrasonido, utilizando solventes como metanol 100% y mezclas etanol: agua (75:25). La cuantificación se realizó mediante espectrofotometría UV-Vis utilizando quercetina como estándar. La metodología incluyó el procesamiento de hojas liofilizadas y pulverizadas, extracción con diferentes solventes y condiciones, y la medición de flavonoides mediante reacciones con cloruro de aluminio. El ultrasonido resultó ser el método más eficiente, obteniendo 167,57 mg QT/g en solo 5 minutos con etanol: agua (75:25). La maceración, aunque efectiva con metanol puro, requirió tiempos prolongados (96 horas) para alcanzar 165,35 mg QT/g. Por su parte, la técnica de microplacas fue menos eficiente, logrando 101,14 mg QT/g con metanol puro. En conclusión, el ultrasonido con solventes hidroalcohólicos ofrece una combinación óptima de eficiencia y sostenibilidad, posicionándose como el método preferido para aplicaciones industriales y analíticas, debido a su rapidez, rendimiento y consistencia.

**Palabras claves:** Flavonoides; extracto; solvente; *Fragaria spp.*

## Abstract

This study evaluated techniques for extracting and measuring total flavonoids in *Fragaria spp.* (strawberry) leaves, compounds recognized for their antioxidant properties and health benefits. The objective was to determine the most efficient and rapid technique for obtaining total flavonoids. Three extraction methods were tested: maceration, microplate incubators, and ultrasound, using solvents such as 100% methanol and ethanol:water mixtures (75:25). Quantification was performed by UV-Vis spectrophotometry using quercetin as a standard. The methodology included processing freeze-dried and pulverized leaves, extraction with different solvents and conditions, and measurement of flavonoids by reactions with aluminum chloride. Ultrasound proved to be the most efficient method, obtaining 167.57 mg QT/g in just 5 minutes with ethanol:water (75:25). Maceration, although effective with pure methanol, required prolonged times (96 hours) to achieve 165.35 mg QT/g. The microplate technique, on the other hand, was less efficient, achieving 101.14

mg QT/g with pure methanol. In conclusion, ultrasound with hydroalcoholic solvents offers an optimal combination of efficiency and sustainability, positioning itself as the preferred method for industrial and analytical applications due to its speed, performance, and consistency.

**Keywords:** Flavonoids; extract; solvent; *Fragaria* spp.

## Resumo

Este estudo avaliou técnicas de extração e mensuração de flavonoides totais em folhas de *Fragaria* spp. (morango), compostos reconhecidos por suas propriedades antioxidantes e benefícios à saúde. O objetivo foi determinar a técnica mais eficiente e rápida para obtenção de flavonoides totais. Três métodos de extração foram testados: maceração, incubadoras de microplacas e ultrassom, utilizando solventes como metanol 100% e misturas etanol:água (75:25). A quantificação foi realizada por espectrofotometria UV-Vis utilizando quercetina como padrão. A metodologia incluiu o processamento de folhas liofilizadas e pulverizadas, extração com diferentes solventes e condições e mensuração de flavonoides por reações com cloreto de alumínio. O ultrassom demonstrou ser o método mais eficiente, obtendo 167,57 mg QT/g em apenas 5 minutos com etanol:água (75:25). A maceração, embora eficaz com metanol puro, exigiu tempos prolongados (96 horas) para atingir 165,35 mg QT/g. A técnica de microplacas, por outro lado, foi menos eficiente, atingindo 101,14 mg QT/g com metanol puro. Em conclusão, o ultrassom com solventes hidroalcoólicos oferece uma combinação ideal de eficiência e sustentabilidade, posicionando-se como o método preferido para aplicações industriais e analíticas devido à sua velocidade, desempenho e consistência.

**Palavras-chave:** Flavonoides; extrato; solvente; *Fragaria* spp.

## Introducción

La creciente demanda de antioxidantes naturales ha impulsado la investigación sobre fuentes vegetales ricas en compuestos bioactivos. Las hojas de *Fragaria* spp. (fresa) contienen flavonoides con propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud humana. Sin embargo, la efectividad de los métodos de extracción y medición de estos compuestos varía según el método empleado. Este estudio se motivó por la necesidad de identificar métodos óptimos que permitan una extracción y medición más eficientes de los flavonoides totales en hojas de fresa.

El problema abordado radica en la falta de consenso sobre cuál es la técnica más efectiva para extraer y cuantificar flavonoides en *Fragaria spp.* Diversos métodos, como la maceración, el ultrasonido y la agitación, han sido utilizados con resultados variables. La ausencia de un protocolo estandarizado dificulta la comparación efectiva de resultados entre investigaciones y reduce las posibilidades de llevar estos procesos al ámbito industrial (Agostini et al., 2004).

Se ha documentado que los flavonoides poseen actividades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas, llevando al desarrollo de diversas metodologías para su extracción y cuantificación en plantas. Por ejemplo, se ha desarrollado una técnica mejorada optimizando recursos para la obtención simultánea de polifenoles y flavonoides totales a partir de hojas de *Fragaria spp.* evaluando variables como el tipo de disolvente, temperatura y tiempo de extracción (Sailema Ortiz et al., 2023). Sin embargo, la eficiencia de estas técnicas puede variar significativamente dependiendo de las condiciones específicas empleadas.

Este estudio se justifica por la necesidad de establecer un método eficiente, reproducible y sostenible para la extracción y cuantificación de flavonoides en hojas de *Fragaria spp.* La identificación de una técnica óptima no solo facilitaría la investigación científica, sino que también podría tener aplicaciones industriales en la producción de antioxidantes naturales.

### **Técnicas de Extracción de Flavonoides en *Fragaria spp.***

La eficiencia en la extracción de flavonoides depende de factores como el solvente utilizado, el método de extracción y las condiciones específicas del proceso. Entre las técnicas más empleadas se encuentran:

- **Extracción Sólido-Líquido (ESL):** Consiste en utilizar solventes orgánicos para extraer los flavonoides de la matriz vegetal. La elección del solvente es crucial: por ejemplo, mezclas hidroalcohólicas han demostrado ser efectivas en la extracción de compuestos fenólicos y flavonoides (Jurado-Dávila et al., 2020).
- **Agitadores/incubadores de microplacas:** Se ha consolidado como una técnica eficiente para la extracción y cuantificación de flavonoides en diversas matrices vegetales. Estos dispositivos permiten el procesamiento simultáneo de múltiples muestras en condiciones controladas de temperatura y agitación, optimizando la liberación de compuestos bioactivos y mejorando la reproducibilidad de los resultados (Delgado, 2015).

- **Extracción Asistida por Ultrasonido (EAU):** Es un método avanzado que emplea ultrasonidos para generar cavitación en el solvente, facilitando la ruptura de las paredes celulares y mejorando la extracción de compuestos bioactivos. Esta metodología ofrece ventajas significativas sobre la maceración tradicional, incluyendo tiempos de extracción más cortos y una mayor eficiencia en la recuperación de flavonoides (Corona-Jiménez et al., 2016).

Una vez extraídos, es fundamental cuantificar los flavonoides totales presentes en las muestras de *Fragaria spp*. El método más comúnmente usado es la Espectrofotometría UV-Vis que está basada en la formación de complejos coloreados entre los flavonoides y reactivos específicos, permite la cuantificación a través de la absorbancia medida en el espectrofotómetro. Este método es ampliamente utilizado debido a su simplicidad y rapidez (Velasco, 2017).

Al evaluar las técnicas de extracción y cuantificación de flavonoides en *Fragaria spp.*, es importante considerar la selección del solvente, donde la eficacia de la extracción depende de la polaridad del solvente. Solventes como el metanol y el etanol, o sus mezclas con agua, son comúnmente utilizados debido a su capacidad para extraer una amplia gama de flavonoides. De igual manera, factores como la temperatura, la duración del proceso y la proporción entre sólido y líquido influyen en la eficacia de la extracción. La optimización de estos parámetros es esencial para maximizar la recuperación de flavonoides (Jurado-Dávila et al., 2020).

Es fundamental asegurar que los métodos de cuantificación sean específicos, sensibles y reproducibles para garantizar la precisión en la medición de los flavonoides totales (Velasco, 2017).

La evaluación de técnicas para la obtención y medición de flavonoides totales en *Fragaria spp*. ha avanzado significativamente en los últimos años, incorporando métodos más eficientes y sostenibles. La elección adecuada de las técnicas de extracción y cuantificación, junto con la optimización de las condiciones de proceso, es crucial para obtener resultados precisos y reproducibles en la investigación de estos compuestos bioactivos.

El propósito de este estudio fue analizar y comparar la eficiencia de diferentes técnicas de extracción y cuantificación de flavonoides totales en hojas de *Fragaria spp*. para determinar el método más efectivo y sostenible.

## **Materiales y métodos**

Balones aforados de 5, 10, 25, 50 y 100 mL, frascos estériles de 100 mL, vasos de precipitados de 100 y 250 mL, probetas de 10 y 100 mL, un recipiente de vidrio de 10 mL, pipetas, varilla de

agitación, micropipetas de volumen fijo y variable, espátulas, celda de cuarzo para espectrofotómetro, gradilla, mortero y pistilo de cerámica, plástica para tubos Eppendorf, tubos de microcentrífuga de 2 mL (Eppendorf), rotuladores, Parafilm, bolígrafos, lápices, bolsas herméticas, mascarillas, guantes, toallas absorbentes, bitácora y cronómetro.

### **Equipos**

Baño de ultrasonido (BRANSON 2800, México), microcentrífuga refrigerada (BUNSEN FINSEN-R 1800RPM 24088XG, España), balanza analítica (METTLER TOLEDO XPE204, USA), estufa (BINDER ED 240L, Alemania), espectrofotómetro UV-VISIBLE (Thermo Scientific Evolution 201, España), y refrigeradora  $-4^{\circ}\text{C}$  (LG GS65SPP1, Ecuador).

### **Reactivos**

Quercetina hidratada 95,0% (ACROS ORGANICS, New Jersey, USA), Nitrito de sodio 98,0% (LOBA CHEMIE, Mumbai, India), Cloruro de aluminio 99,0% (LOBA CHEMIE, Mumbai, India), Hidróxido de sodio 99,0% (MERCK EMSURE, Darmstadt, Alemania), agua Milli-Q, Metanol, alcohol etílico absoluto.

### **Metodología para la evaluación técnicas de obtención de flavonoides totales**

Las hojas liofilizadas de fresas fueron trituradas con un mortero y tamizados en una malla N°60 para obtener un polvo fino homogéneo y fueron almacenadas para su posterior análisis, puesto que el tamaño de partícula es crucial en la evaluación de estas técnicas.

### **Extracción Sólido-Líquido**

Estudios previos han demostrado que solventes como una mezcla de etanol y agua en proporción 75:25 y metanol puro al 100% presentan una mayor eficiencia de extracción comparados con otros solventes (etanol puro, metanol:agua 75:25 y agua pura). Con base en estos hallazgos, se seleccionaron como los solventes más adecuados para esta investigación. En un recipiente plástico estéril de 100 mL, se colocaron 2,5 g de polvo de hojas de fresa con 25 mL del solvente seleccionado, manteniéndose en maceración durante 24 y 96 horas. Tras este periodo, las muestras fueron centrifugadas durante 5 minutos a 420 rpm, se recolectó el sobrenadante y se evaporó en una estufa a  $40^{\circ}\text{C}$  el solvente durante dos horas. Los extractos obtenidos se ajustaron a un volumen final de 10 mL utilizando agua Milli-Q y se almacenaron en frascos de vidrio de 10 mL a una temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis. Cada experimento se realizó en triplicado.

**Extracción con Agitadores/incubadores de microplacas**

Se pesaron 0,1 g de hojas secas en tubos de microcentrífuga de 2 mL y se añadieron 1 mL del solvente elegido (etanol:agua en proporción 75:25 y metanol al 100%). Las muestras se transfirieron a los pocillos de una microplaca incubando a 50°C con agitación durante 5 minutos para facilitar la liberación de flavonoides. Posteriormente, los extractos fueron centrifugados a 3869 rpm durante 5 minutos. El sobrenadante recolectado se evaporó en una estufa a 40°C durante dos horas. El residuo seco resultante se diluyó hasta un volumen final de 5 mL con agua Milli-Q y se almacenó a 4°C para su análisis posterior. Cada procedimiento se realizó por triplicado.

**Extracción Asistida por Ultrasonido (EAU)**

Se midió 1 mL de disolvente y 0,1 g de polvo de hojas, las muestras fueron centrifugadas durante 5 minutos a 3869 rpm, el sobrenadante recolectado se sometió a un proceso de evaporación a 40°C durante dos horas. Finalmente, el residuo obtenido se aforó hasta un volumen de 5 mL utilizando agua Milli-Q y se almacenó a 4°C para su posterior análisis. Cada procedimiento se realizó por triplicado.

**Cuantificación de Flavonoides Totales (FnT)**

Este procedimiento se basa en la formación de complejos entre los flavonoides y el ion aluminio, lo que produce un cambio en la absorbancia medible espectrofotométricamente. Se combinan 250 µL del extracto con 150 µL de una solución de NaNO<sub>2</sub> al 5%, y se deja incubar por 4 minutos. Luego, se añaden 300 µL de AlCl<sub>3</sub> al 10%. Después de 5 minutos, se incorpora 1 mL de NaOH 1 M y se ajusta el volumen a 5 mL con agua Milli-Q. El contenido de FnT se mide en triplicado utilizando la ecuación 1, comparando directamente la señal de las muestras con la señal de los estándares de QT (Sailema Ortiz, 2019).

Para llevarlo a cabo, se disuelve una cantidad conocida de la muestra en etanol al 60% y se añade una solución de cloruro de aluminio al 2% en etanol absoluto. Tras agitar y dejar reposar la mezcla, se mide la absorbancia a 510 nm (Montané Ojeda et al., 2021). La concentración de flavonoides se calcula comparando con una curva de calibración elaborada con quercetina como estándar. Se combinan 250 µL del extracto con 150 µL de NaNO<sub>2</sub> al 5% y se incuban por 6 minutos. Luego, se incorporan 300 µL de AlCl<sub>3</sub> al 10%, 5 minutos, se agrega 1 mL de NaOH 1 M y se ajusta el volumen a 5 mL con agua Milli-Q. La mezcla se agita y se deja reposar antes de medir la absorbancia a 510 nm. La concentración de flavonoides se calcula utilizando una curva de

calibración obtenida con quercetina como estándar. El contenido de FnT se mide por triplicado (Sailema Ortiz, 2019).

$$FnT = \frac{A_{510} - b_2}{m_2} \times \frac{FD}{g_H}$$

Donde:

FnT: Flavonoides totales expresados en mg QT/g de hoja seca

$A_{510}$ : Absorbancia medida a 510 nm

$m_2$  y  $b_2$ : Pendiente e intercepto de la recta de regresión de calibración con QT

FD: Factor de dilución

$g_H$ : gramos de hoja seca empleada

## Resultados y discusión

La cuantificación de flavonoides totales se realizó utilizando el

Mediante el método del cloruro de aluminio se cuantificó los flavonoides totales, que es reconocido por su alta sensibilidad y especificidad hacia los flavonoides. Para asegurar la exactitud en la medición, se construyó una curva de calibración usando quercetina como compuesto estándar. Primero, se preparó una solución madre con una concentración de 3200 mg/L, garantizando su uniformidad mediante agitación continua. A partir de esta solución, se realizaron diluciones seriadas en intervalos adecuados para generar puntos de calibración, cubriendo un rango de concentraciones entre 30 y 200 mg/L.

El análisis espectrofotométrico permitió observar una respuesta lineal entre la absorbancia medida y la concentración de quercetina dentro del rango evaluado. Este comportamiento confirma la linealidad del método en las condiciones establecidas, lo que es esencial para su aplicación en la cuantificación de flavonoides totales. Los datos obtenidos se ajustaron mediante una regresión lineal, generando una ecuación que describe la relación directa entre ambas variables, con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) elevado, indicativo de la calidad del ajuste.

La Figura 1 presenta una curva de calibración representativa. La ecuación de la recta de regresión obtenida se utilizó para determinar el contenido de flavonoides totales (FnT) en hojas de fresa, expresándose los resultados en términos de miligramos de quercetina (mg de QT) por gramo de hoja seca.

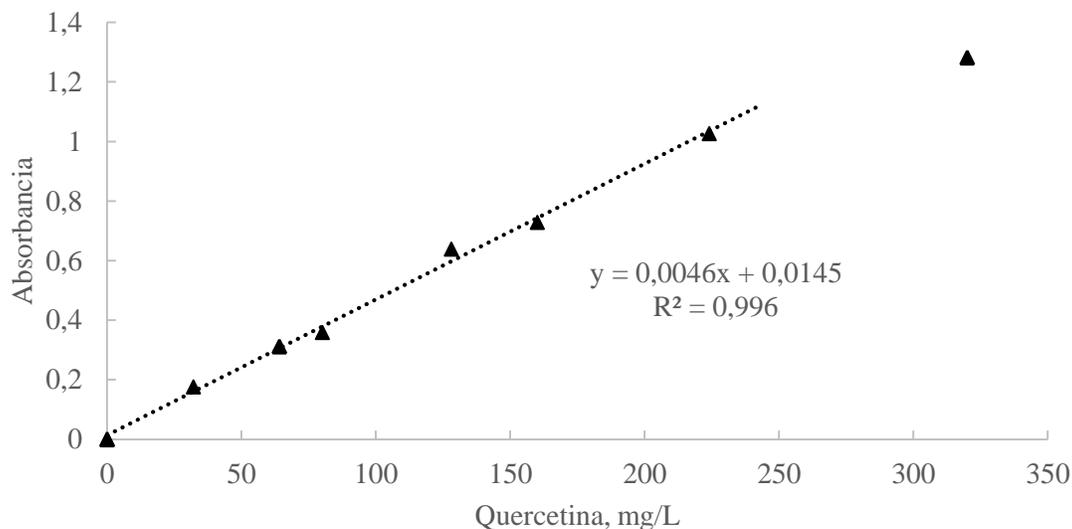


Figura 1. Curva de calibración para flavonoides totales

Este enfoque es de gran utilidad en estudios fitoquímicos y proporciona una base confiable para evaluar las concentraciones de flavonoides en diferentes matrices vegetales. Además, la precisión y reproducibilidad del método lo hacen adecuado para su aplicación en investigaciones comparativas o de caracterización en diversas especies.

La elección del método de extracción más adecuado se basó en encontrar la técnica que posibilitara la máxima recuperación de compuestos, al tiempo que se optimizaban los recursos y el tiempo requerido para su implementación. Según diversos estudios, la extracción con solventes representa una etapa inicial crucial en el análisis de flavonoides, ya que permite preparar las muestras para los procesos posteriores de cuantificación, purificación, separación y caracterización (Jurado-Dávila et al., 2020).

La estabilidad de los compuestos fenólicos, como los flavonoides, está altamente influenciada por las condiciones de extracción, incluyendo parámetros como la temperatura, la polaridad del solvente y el tiempo de exposición. Estas condiciones no solo afectan la eficiencia de extracción, sino también la conservación de las propiedades bioactivas de los compuestos obtenidos (Cruzalegui et al., 2021). Por ello, la elección de las condiciones óptimas es clave para garantizar rendimientos elevados y la integridad de los compuestos extraídos.

La cuantificación de flavonoides totales en hojas secas de fresa puede variar significativamente según el método de extracción, el disolvente utilizado y las condiciones específicas del proceso. En este contexto, la Figura 2 detalla las variables de respuesta consideradas en la comparación de

la eficiencia de extracción entre las tres metodologías estudiadas, lo que permitió evaluar aspectos como la cantidad de compuesto recuperado cabe mencionar que estudios anteriores se establecieron temperaturas optima de extracción la cual fue de 50°C, además se han evaluado otros solventes estableciendo que los más eficientes son etanol: agua 75:25 y el metanol 100% (Sailema Ortiz et al., 2023).

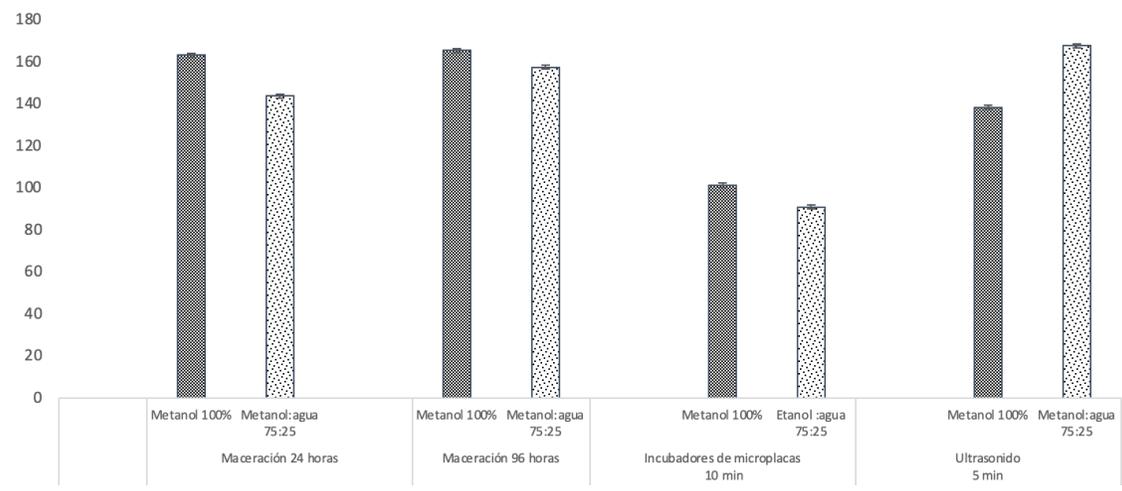


Figura 2. Curva de calibración para flavonoides totales

La maceración es un método tradicional que implica la inmersión prolongada del material vegetal en un disolvente. Los resultados muestran que el tiempo prolongado de maceración (96 horas) con metanol puro arrojó una mayor cantidad de flavonoides ( $165,35 \pm 0,57$  mg QT/g hoja seca) en comparación con 24 horas ( $163,04 \pm 0,39$  mg QT/g), aunque la diferencia no es significativa. Esto indica que la extracción alcanza un estado cercano a la saturación alrededor de las 24 horas.

Por otro lado, el uso de una mezcla de etanol:agua 75:25 disminuyó la eficiencia de extracción ( $157,38 \pm 0,45$  mg QT/g en 96 horas y  $143,67 \pm 0,47$  mg QT/g en 24 horas). Esto puede atribuirse a que el agua reduce la capacidad del metanol para disolver flavonoides altamente apolares. Por lo tanto, la maceración requiere tiempos largos (24-96 horas), lo cual puede ser una limitación en entornos industriales o de investigación donde el tiempo es un recurso crítico. Aunque el método es simple y efectivo con metanol 100%, los tiempos prolongados no justifican la leve mejora en la extracción observada al pasar de 24 a 96 horas.

El método de incubadores de microplacas resultó ser el menos eficiente que los otros, obteniendo las concentraciones más bajas:  $101,14 \pm 1,29$  mg QT/g con metanol puro y  $90,79 \pm 0,58$  mg QT/g con etanol:agua 75:25. Aunque es rápido (10 minutos) a diferencia de la maceración, parece no permitir una adecuada liberación de los compuestos de las matrices celulares.

Con el método de ultrasonido resultó se obtuvo un excelente rendimiento en un tiempo muy corto (5 minutos). El uso de una mezcla etanol:agua 75:25 produjo la mayor concentración de flavonoides totales ( $167,57 \pm 0,16$  mg QT/g hoja seca), superando incluso a la maceración prolongada. Esto se debe a que el ultrasonido facilita la ruptura celular y la difusión del disolvente, mejorando la extracción. Estudios han demostrado que la extracción asistida por ultrasonido puede ser altamente eficiente para compuestos fenólicos. Con este método se logra extracciones eficientes en solo 5 minutos. Se aprovecha las ondas ultrasónicas para romper las paredes celulares del material vegetal, facilitando la liberación de flavonoides. Esto concuerda con estudios que destacan la efectividad del ultrasonido para la extracción rápida y eficiente de compuestos bioactivos.

El metanol 100% mostró ser más efectivo en la mayoría de los métodos, especialmente en maceración. Sin embargo, el uso de mezclas hidroalcohólicas (como etanol:agua 75:25) en el ultrasonido resultó superior, probablemente debido a la mejora en la polaridad del disolvente, lo que facilita la solubilización de diferentes tipos de flavonoides.

Estudios previos sugieren que los disolventes hidroalcohólicos, como etanol:agua y etanol:agua, son efectivos para extraer una amplia gama de compuestos fenólicos, además de ser más seguros y sostenibles en comparación con disolventes puros

## Conclusión

El análisis de los resultados obtenidos demuestra que la elección del método de extracción y el disolvente son factores clave para maximizar la recuperación de flavonoides totales en hojas secas. Entre los métodos evaluados, el ultrasonido durante 5 minutos utilizando una mezcla de etanol:agua (75:25) produjo la mayor cantidad de flavonoides extraídos ( $167,57 \pm 0,16$  mg QT/g hoja seca), superando a otros métodos en eficiencia y tiempo. Este resultado destaca la capacidad del ultrasonido para romper las paredes celulares del material vegetal y mejorar la transferencia de masa, lo que facilita la liberación de compuestos bioactivos.

En comparación, la maceración con metanol 100% mostró buenos rendimientos, alcanzando  $165,35 \pm 0,57$  mg QT/g en 96 horas. Sin embargo, los tiempos prolongados requeridos limitan su

practicidad para aplicaciones donde el tiempo es un recurso crítico. Además, la disminución de rendimiento al usar una mezcla de etanol:agua (75:25) en la maceración evidencia que este método es menos sensible a la optimización del disolvente (Wong-Paz et al., 2020).

El método de incubación en microplacas durante 10 minutos fue el menos eficiente, extrayendo solo  $101,14 \pm 1,29$  mg QT/g con metanol 100%. Esto sugiere que este enfoque no es adecuado para la extracción de flavonoides, especialmente cuando se comparan los resultados con los métodos más eficientes.

El uso de disolventes hidroalcohólicos, como etanol:agua (75:25), demostró ser especialmente efectivo en combinación con ultrasonido, superando incluso al metanol puro en este caso. Esto resalta la importancia de ajustar la polaridad del disolvente para maximizar la solubilidad de diferentes tipos de flavonoides (Ri et al., 2016).

Por lo tanto, el ultrasonido con etanol:agua (75:25) se posiciona como el método más adecuado para la cuantificación de flavonoides totales debido a su alta eficiencia, menor tiempo de procesamiento y resultados consistentes. Este método es una alternativa prometedora para aplicaciones tanto analíticas como industriales, donde el balance entre rendimiento, tiempo y costo es fundamental.

## Recomendaciones

- Se recomienda usar solventes hidroalcohólicos, como etanol:agua (75:25), que ofrecen alta eficiencia y sostenibilidad ambiental en comparación con solventes puros.
- Este método debe priorizarse en entornos industriales debido a su capacidad para extraer flavonoides rápidamente, maximizando el rendimiento en menor tiempo y con menor consumo de recursos.
- Futuros estudios podrían evaluar la aplicabilidad del ultrasonido en matrices vegetales diferentes y explorar su escalabilidad para operaciones a gran escala, optimizando costos y resultados.

## Referencias

1. Agostini, L. R., Morón Jiménez, M. J., Ramón, A. N., & Ayala Gómez, A. (2004). Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y

- tratadas térmicamente. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1), 89–92. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000100013&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
2. Corona-Jiménez, E., Martínez-Navarrete, N., Ruiz-Espinosa, H., & Carranza-Concha. (2016). Ultrasound-assisted extraction of phenolics compounds from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds and their antioxidant activity extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chia (*Salvia hispanica* L.) y su actividad antioxidante. 403–412.
  3. Cruzalegui, R. J., Güivin, O., Fernández-Jeri, A. B., & Cruz, R. (2021). Caracterización de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de pulpa de café (*Coffea arabica* L.) deshidratada de tres fincas cafeteras de la región Amazonas (Perú). *Información Tecnológica*, 32(5), 157–166. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642021000500157>
  4. Delgado, L. (2015). Mecanismos de acción implicados en la bioactividad de flavonoides. *Caenorhabditis elegans* y líneas celulares como sistemas modelo. Universidad de Salamanca.
  5. Jurado-Dávila, I., Francisco-Cifuentes, D., & Humberto-Hurtado, N. (2020). Evaluación de métodos de extracción de las antocianinas del fruto de *Eugenia malaccensis* y su caracterización por HPLC-ESI-MS. *Revista Cubana de Química*, 32(1), 45–60. <https://orcid.org/0000-0002-3420-041X>
  6. Montané Ojeda, C., Arias Ramos, D., & Chil Núñez, I. (2021). Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en un extracto blando de flores de *Calendula officinalis* Linn. *Orange Journal*, 2(3), 20–31. <https://doi.org/10.46502/issn.2710-995x/2020.3.02>
  7. Ri, H.-I., Kim, C.-S., Pak, U.-H., Kang, M.-S., & Kim, T.-M. (2016). Effect of different polarity solvents on total phenols and flavonoids content, and In-vitro antioxidant properties of flowers extract from *Aurea Helianthus*.
  8. Sailema Ortiz, M. L. (2019). Extracción simultánea de polifenoles totales y flavonoides totales en hojas de fresa.
  9. Sailema Ortiz, M. L., Salazar Garcés, E. C., Palacios Duchicela, R. H., Carrera Borja, W. X., & Zambrano Mendoza, C. A. (2023). Efecto de solvente y temperatura para la extracción de compuestos fenólicos en hojas de fresa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 2563–2575. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i3.6365](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6365)
  10. Velasco, A. (2017). Desarrollo y aplicación de técnicas y análisis de flavonoides en frutas.

11. Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., Veana, F., & Muñiz-Márquez, D. B. (2020). Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 23. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.255>

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).