



*Compuestos polifenólicos, contenido mineral y tamizaje fitoquímico de extractos acuosos de Simira cordifolia obtenidos mediante ultrasonidos*

*Polyphenolic compounds, mineral content and phytochemical screening of aqueous extracts of Simira cordifolia obtained by ultrasound*

*Compostos polifenólicos, conteúdo mineral e triagem fitoquímica de extratos aquosos de Simira cordifolia obtidos por ultrassom*

Sting Brayán Luna-Fox <sup>I</sup>

[sb.lunaf@uea.edu.ec](mailto:sb.lunaf@uea.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-6058-7024>

Nancy Narcisca Rodríguez-Almeida <sup>II</sup>

[nn.rodriguez@uea.edu.ec](mailto:nn.rodriguez@uea.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0000-8843-920X>

Ruth Dayra Dahua-Gualinga <sup>III</sup>

[rd.dahuag@uea.edu.ec](mailto:rd.dahuag@uea.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0009-3472-6540>

David Sancho Aguilera <sup>IV</sup>

[dsancho@uea.edu.ec](mailto:dsancho@uea.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-5625-4198>

**Correspondencia:** [sb.lunaf@uea.edu.ec](mailto:sb.lunaf@uea.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 30 de septiembre de 2023 \* **Aceptado:** 25 de octubre de 2023 \* **Publicado:** 14 de noviembre de 2023

- I. Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.
- II. Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.
- III. Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.
- IV. Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar el contenido de compuestos polifenólicos, evaluar el contenido mineral y realizar el tamizaje fitoquímico de extractos acuosos de *S. cordifolia*. Se aplicó la extracción asistida por ultrasonido para la obtención de los extractos acuosos. Los metabolitos secundarios se identificaron mediante el tamizaje fitoquímico, los compuestos polifenólicos se determinaron mediante el método de Folin-Ciocalteu y el contenido mineral se evaluó mediante espectrofotometría de absorción atómica. Los factores de estudio fueron: tiempo (10 y 30 min) y temperatura de extracción (30 y 60 °C). El análisis estadístico se realizó a través del software Design Expert versión 10. Las variables de estudio se mostraron significativas ( $p < 0.05$ ) en la determinación de los compuestos polifenólicos totales. Los valores de polifenoles variaron desde 329.28 a 724.20 mg equivalentes al ácido gálico/100 g materia seca. El análisis del contenido mineral indicó el calcio como elemento mayoritario con 539.67 mg/100 g. El tamizaje fitoquímico mostró saponinas, flavonoides y aminoácidos como compuestos mayoritarios. Los resultados del presente estudio demuestran que la corteza de *S. cordifolia* es una fuente potencial de compuestos bioactivos y minerales; por lo tanto, se podría recomendar su uso con fines farmacéuticos y cosméticos.

**Palabras Clave:** Actividad antioxidante; Metabolitos secundarios; Minerales.

## Abstract

The objective of the present study was to determine the content of polyphenolic compounds, evaluate the mineral content and perform phytochemical screening of aqueous extracts of *S. cordifolia*. Ultrasound-assisted extraction was applied to obtain the aqueous extracts. Secondary metabolites were identified by phytochemical screening, polyphenolic compounds were determined by the Folin-Ciocalteu method, and mineral content was evaluated by atomic absorption spectrophotometry. The study factors were: time (10 and 30 min) and extraction temperature (30 and 60 °C). Statistical analysis was performed using Design Expert version 10 software. The study variables were significant ( $p < 0.05$ ) in the determination of total polyphenolic compounds. The polyphenol values varied from 329.28 to 724.20 mg equivalent to gallic acid/100 g dry matter. The analysis of the mineral content indicated calcium as the majority element with 539.67 mg/100 g. Phytochemical screening showed saponins, flavonoids and amino acids as major compounds. The results of the present study demonstrate that the bark of *S. cordifolia* is a potential

source of bioactive compounds and minerals; Therefore, its use could be recommended for pharmaceutical and cosmetic purposes.

**Keywords:** Antioxidant activity; Secondary metabolites; Minerals.

## Resumo

O objetivo do presente estudo foi determinar o teor de compostos polifenólicos, avaliar o conteúdo mineral e realizar triagem fitoquímica de extratos aquosos de *S. cordifolia*. Extração assistida por ultrassom foi aplicada para obtenção dos extratos aquosos. Os metabólitos secundários foram identificados por triagem fitoquímica, os compostos polifenólicos foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu e o conteúdo mineral foi avaliado por espectrofotometria de absorção atômica. Os fatores de estudo foram: tempo (10 e 30 min) e temperatura de extração (30 e 60 °C). A análise estatística foi realizada no software Design Expert versão 10. As variáveis do estudo foram significativas ( $p < 0,05$ ) na determinação dos compostos polifenólicos totais. Os valores de polifenóis variaram de 329,28 a 724,20 mg equivalentes de ácido gálico/100 g de matéria seca. A análise do conteúdo mineral indicou cálcio como elemento majoritário com 539,67 mg/100 g. A triagem fitoquímica mostrou saponinas, flavonóides e aminoácidos como compostos majoritários. Os resultados do presente estudo demonstram que a casca de *S. cordifolia* é uma fonte potencial de compostos bioativos e minerais; Portanto, seu uso poderia ser recomendado para fins farmacêuticos e cosméticos.

**Palavras-chave:** Atividade antioxidante; Metabólitos secundários; Minerais.

## Introducción

*Simira cordifolia* es un árbol oriundo de la Amazonía ecuatoriana, crece entre 0 y 500 msnm principalmente en las provincias de Morona Santiago y Napo (Aguirre et al., 2017), puede alcanzar una altura aproximada de 25 m, su corteza externa es verde oscuro y la interna presenta una coloración crema (Cavalcanti et al., 2018). Esta especie ha sido muy poco estudiada por lo que no existen registros sobre su composición química y compuestos bioactivos.

El tamizaje fitoquímico, la medición del contenido de componentes polifenólicos y el contenido mineral son estudios in vitro que evalúan el potencial medicinal de las plantas y permiten el descubrimiento e identificación de nuevas moléculas de relevancia farmacológica (Surco-Laos et al., 2022). También ayuda a promover la conservación y protección de los ecosistemas,

particularmente en áreas investigadas y rara vez perturbadas, como los afloramientos de granito (Mendoza et al., 2020).

Por otro lado, el gran interés por los compuestos polifenólicos presentes en las plantas, se ha enfocado en su potencial en beneficio a la salud humana (Torres-Valenzuela et al., 2020). Distintas investigaciones (Ordoñez-Gómez et al., 2018; Ramón & Gil-Garzón, 2021 y Surco Laos et al., 2020) han indicado los efectos positivos de estos compuestos dentro de los cuales están efectos anticancerígenos, antidiabético, neuroprotector, antialérgico, antimicrobiano, cardioprotector efectos vasodilatadores y capacidad para neutralizar especies reactivas de nitrógeno y oxígeno.

Los compuestos polifenólicos también se caracterizan por su elevada actividad antioxidante por lo que pueden ser utilizados en la elaboración de nuevos productos funcionales (Pacheco, 2019). La importancia de los antioxidantes en la salud radica en que tienen el potencial de contrarrestar radicales libres que poseen uno o más electrones desapareados y que son causantes de diversas enfermedades degenerativas, muerte celular, arteroesclerosis y cáncer (Ordoñez et al., 2020).

Para aislar compuestos bioactivos se han utilizado diferentes métodos de extracción basados en disolventes; no obstante, estas técnicas tienen algunas restricciones como el elevado consumo de disolvente y tiempos prolongados de extracción, por ello, se requiere nuevas alternativas para optimizar el proceso de extracción, incrementando el rendimiento y calidad de los extractos (Torres-Valenzuela et al., 2020). Los métodos alternativos son el uso de microondas, fluidos supercríticos y ultrasonidos (Corona-Jiménez et al., 2016).

La extracción asistida por ultrasonido (EAU) es considerada una opción para la extracción de compuestos bioactivos en las plantas, y presenta ventajas como: alta eficiencia, bajo consumo de disolventes y requerimiento energético bajo (Rojas & Gómez, 2018). La sonificación produce la formación y colapso de una serie de burbujas microscópicas que generan elevadas cantidades de energía en forma presión, esfuerzo mecánico y calor, provocándose una microturbulencia y aumento de la difusión (Hernández-Rodríguez et al., 2020). Por lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente estudio fue determinar el contenido de compuestos polifenólicos, evaluar el contenido mineral y realizar el tamizaje fitoquímico de extractos acuosos de *S. cordifolia* obtenidos mediante ultrasonidos.

## **Metodología**

### **Localización**

Este estudio se desarrolló en la Universidad Estatal Amazónica localizada en el km 2 ½ vía al Tena, provincia Pastaza con una altitud de 940 m.s.n.m., latitud de 00 59' -1" y longitud de 77O 49' 0" W.

### **Preparación y tratamiento de la muestra**

Se utilizó la corteza de *S. cordifolia* la cual fue conseguida seca en el mercado local de la ciudad de Puyo, localizado en la provincia de Pastaza-Ecuador. En primer lugar, se determinó por diferencia de peso el contenido de humedad de la muestra según Luna-Fox et al., (2023) y este resultado se utilizó para determinar el peso inicial en base seca. La muestra fue triturada en un molino THOMAS-Wiley, modelo 4 Wiley Mill y motor de 1725 rpm.

### **Obtención de los extractos**

Los extractos acuosos se obtuvieron mediante la extracción asistida por ultrasonido, utilizando un equipo de baño ultrasónico marca Wisd.23, modelo WUC-DO6H, con 6 L de capacidad en el tanque y potencia de 110 W. Para cada experimento se pesó 5 g de muestra y se colocó en un balón de vidrio junto con 100 mL de agua destilada; finalmente, estos se colocaron dentro del equipo de baño ultrasónico atendiendo las condiciones determinadas para cada experimento.

### **Cuantificación espectrofotométrica de compuestos polifenólicos totales**

Se aplicó la metodología empleada por Luna-Fox et al. (2023). Se tomó 1 mL del extracto acuoso obtenido en un matraz ámbar aforado de 10 mL y se añadió 0.5 mL del reactivo *Folin-Ciocalteu* diluido a la mitad con agua desmineralizada y se dejó reposar por 10 min, transcurrido este tiempo, se adicionó 0.5 mL de carbonato de sodio al 20 % y se aforó con agua destilada; se agitó y se dejó en reposo por 2 h a temperatura ambiente. Posteriormente, la absorbancia se midió a 765 nm en un espectrofotómetro uv-vis.

La concentración de polifenoles totales se calculó utilizando una curva de calibración de ácido gálico y se expresó en miligramos equivalentes de ácido gálico por 100 g en base a materia seca (mg EAG/100 g ms), para ello se usó la ecuación (1) (Arteaga-Crespo et al., 2020).

$$A=0.0734C-0.0028 \quad (1)$$

Donde:

**A:** Absorbancia de la muestra

**C:** Concentración de la muestra (mg.L<sup>-1</sup>)

### **Actividad antioxidante por ABTS**

El ensayo de decoloración de cationes radicales ABTS, descrito por Re et al. (1999) fue seleccionado con el fin de determinar la actividad secuestrante de radicales libres. El radical ABTS se preparó mezclando soluciones de ABTS 7 mM y persulfato de potasio 2.45 mM, en partes iguales. La solución se mantuvo en la oscuridad a temperatura ambiente durante 16 h para la formación del radical, el cual se diluyó en etanol hasta alcanzar una absorbancia de 0.873. La preparación de la solución de persulfato de potasio se realizó adicionando 0.663 g de la sal en agua destilada y hasta llevar a volumen de 100 mL. La solución de ABTS se preparó disolviendo 0.384 g en 10 mL de agua destilada. Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de Trolox/100 g de materia seca, calculados a partir de la ecuación (2).

$$A = 0.873 - 0.1304C \quad (2)$$

donde:

A: Absorbancia de la muestra leída a 730 nm

C: concentración de la muestra ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

#### **Actividad antioxidante por FRAP**

La capacidad antioxidante fue calculada por el ensayo FRAP, según Benzie & Strain, (1996). Se colocaron 80  $\mu\text{L}$  de cada extracto en un matraz aforado de 10 mL, al que se le agregaron 5 mL de solución FRAP recién preparada. Luego de agregar el reactivo, se agregó agua destilada al matraz hasta completar 10 mL, y se dejó a 37°C durante 30 min. La lectura se registró a una longitud de onda de 593 nm frente a la solución de control. El reactivo FRAP se preparó mezclando 2.5 mL de solución de 2,4,6-piridil-striazina (TPTZ) con 2.5 mL de solución de cloruro de hierro III y 25 mL de tampón acetato. Para la preparación de la solución de TPTZ se pesaron 0.03 g de reactivo y se colocaron en un matraz aforado de 10 mL y se diluyó hasta enrase con ácido clorhídrico 40 mM. Se preparó tampón de acetato disolviendo 0.0061 g de acetato de sodio en 200 mL de agua destilada, se añadió ácido clorhídrico 40 Mm hasta que la mezcla alcanzó un pH de 3.5, luego se diluyó hasta enrasar con agua destilada hasta 250 mL. Para la preparación de la solución de cloruro de hierro (III) se disolvieron 0.1352 g en 25 mL de agua destilada. Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de Trólox/ 100g de materia seca a partir de la ecuación (3).

$$C = \frac{A}{0,1879} \quad (3)$$

donde:

A: Absorbancia de las muestras leídas a 593 nm.

C: Concentración de las muestras ( $\text{mg.L}^{-1}$ )

### Tamizaje fitoquímico

Se realizó en el extracto obtenido en las condiciones óptimas de extracción. Se tomó 1 mL del extracto en un tubo de ensayo y las pruebas cualitativas se realizaron según lo reportado por Aronés-Jara et al. (2022); Garcia et al. (2020) y Rodríguez et al. (2021).

### Determinación de minerales

El contenido de minerales en la madera de *S. cordifolia* se determinó según la metodología de Luna-Fox et al. (2023).

### Diseño experimental

Se planteó un diseño optimal-custom con un total de 17 experimentos generados por el software Design Expert versión 10 (Melo y López, 2020). Las variables de estudio fueron: tiempo y temperatura de extracción. Se utilizó la metodología de superficie de respuesta para valorar la significancia ( $p < 0.05$ ) de las variables independientes sobre la variable dependiente y establecer las condiciones óptimas de extracción. Para evaluar la importancia del efecto que tuvieron los factores de estudio se realizó un análisis ANOVA. En la tabla 1 se muestran los niveles seleccionados para cada variable independiente.

**Tabla 1.** Niveles de los factores de estudio

Variable independiente	Niveles de cada factor		
	Símbolo	Bajo	Alto
Tiempo (min)	A	10	30
Temperatura (°C)	B	30	60

### Resultados y discusión

#### Factores que afectaron la extracción de compuestos polifenólicos totales (CPT)

Los factores de estudio (Tabla 2), tiempo y temperatura fueron altamente significativos ( $p < 0.05$ ). El valor F de 343.48 muestra que el modelo es significativo. La probabilidad de que exista un valor F tan grande debido al ruido es de 0.01%.

Por otro lado, los valores P menores a 0.05 indican que los términos del modelo fueron significativos; en este sentido, A, B, AB, B<sup>2</sup>, AB<sup>2</sup>, A<sup>3</sup>, B<sup>3</sup> son términos del modelo estadísticamente significativos. En contraste, los valores que se encuentran por encima de 0.1 muestran que los términos del modelo no muestran significancia estadística. El valor F de 6.54 de la falta de ajuste, muestra que existe un 5.38% de probabilidades de que ocurra un valor F muy alto debido al ruido.

Tabla 2. Análisis de varianza para los factores de estudio

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	F-valor	p-valor	
Modelo	2.077E+05	9	23075.35	343.48	< 0.0001	significativo
A-Tiempo	14000.84	1	14000.84	208.40	< 0.0001	
B-Temperatura	6477.51	1	6477.51	96.42	< 0.0001	
AB	6179.16	1	6179.16	91.98	< 0.0001	
A <sup>2</sup>	2.43	1	2.43	0.0362	0.8553	
B <sup>2</sup>	15547.31	1	15547.31	231.42	< 0.0001	
A <sup>2</sup> B	81.24	1	81.24	1.21	0.3136	
AB <sup>2</sup>	4656.66	1	4656.66	69.31	0.0002	
A <sup>3</sup>	13396.08	1	13396.08	199.40	< 0.0001	
B <sup>3</sup>	4241.03	1	4241.03	63.13	0.0002	
Residual	403.09	6	67.18			
Falta de ajuste	228.46	1	228.46	6.54	0.0538	No significativo
Error puro	174.63	5	34.93			

Anderson y Whitcomb (2016) afirman que un modelo factorial empleado en un estudio es adecuado, cuando la diferencia entre el R<sup>2</sup> previsto y el R<sup>2</sup> ajustado es menor a 0.2. En esta investigación el R<sup>2</sup> previsto de 0.8447 concuerda razonablemente con el R<sup>2</sup> ajustado de 0.9952; es decir, la diferencia es inferior a 0.2 (Tabla 3). La Precisión adecuada mide la relación señal/ruido, lo deseable es una relación superior a 4. El valor de 61.5406 obtenido en este estudio indica una señal adecuada, por lo tanto, este modelo puede ser usado para navegar por el espacio del diseño.

Tabla 3. Estadística de ajuste

Desviación estándar	8.20	R <sup>2</sup>	0.9981
Media	497.96	R <sup>2</sup> Ajustado	0.9952
%Coeficiente de variación	1.65	R <sup>2</sup> Predicho	0.8447
Precisión adecuada 61.5406			

El software Design-Expert creó una ecuación polinómica de tercer grado (4) para demostrar la relación existente entre los factores de estudio y la variable dependiente.

$$\text{CPT} = 12093.2486 - 628.5206 * A - 569.57016 * B - 7.23584 * A * B + 43.49766 * A^2 + 13.95646 * B^2 + 0.007994 * A^2 * B + 0.066063 * A * B^2 - 0.731401 * A^3 - 0.105052 * B^3 \quad (4)$$

donde A y B representan respectivamente el tiempo y temperatura

Las predicciones sobre la respuesta para cantidades específicas de cada nivel pueden hacerse utilizando la ecuación expresada en términos de los factores reales. En este caso, los niveles de cada factor deben expresarse en sus unidades originales. Dado que la intercepción no se encuentra en el centro del espacio de diseño y que los coeficientes se escalan para tener en cuenta las unidades de cada elemento, esta ecuación no debe utilizarse para calcular la influencia relativa de cada factor. Los valores experimentales de CPT y valores predichos relacionados con el modelo cúbico se muestran en la tabla 4 y figura 1.

Tabla 4. Diseño experimental, valores experimentales y predichos de CPT

Factor A	Factor B	Respuesta	Valores predichos
Tiempo min	Temperatura °C	Polifenoles mg EAG/100 g ms	Polifenoles mg EAG/100 g ms
13.5	48.9	394.496	400.3509
10	39.15	434.223	426.3844
29.5	60	635.477	632.6037
30	36	329.276	332.2657
29	48	465.177	472.4276
20.8	47.6806	557.984	553.8989
23.1	37.8515	526.703	530.5138
20.8	47.6806	558.589	553.8989
30	36	338.365	332.2657
20.2868	60	724.196	730.1047
20.8	47.6806	558.992	553.8989
12	60	644.632	641.8029
18.5	30	523.869	525.1761
12	30	333.297	331.2208
10	39.15	417.929	426.3844
18.5	30	524.196	525.1761

Los resultados predichos demuestran la capacidad del modelo predictivo para abarcar todo el intervalo de resultados experimentales, lo que implica que el modelo puede utilizarse eficazmente.

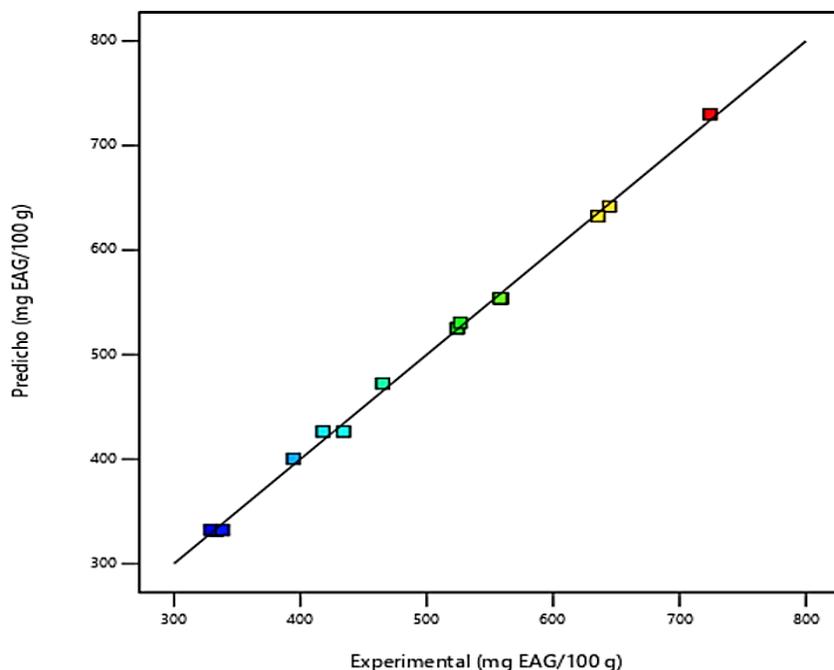


Figura 1. Relación experimental y predicha de CPT en *S. cordifolia*

La figura 2 representa gráficamente la ecuación de regresión CPT. Se evidencia que la interacción de los factores tiempo y temperatura fueron significativos en la extracción de CPT de *S. cordifolia*. En la investigación desarrollada por Abreu-Naranjo et al. (2018) también encontró que el tiempo y la temperatura fueron significativos en la extracción de CPT de la corteza de *Maytenus macrocarpa*.

Por otro lado, Pinelo et al. (2005) indica que el efecto positivo o negativo de cada variable de estudio en la transferencia de masa no siempre es claro y esto es debido a las propiedades químicas del solvente utilizado y composición química del material vegetal. Cada especie vegetal y solvente tienen un comportamiento distinto no predecible. Las condiciones óptimas de extracción se lograron analizando el gráfico de contorno (Figura 2A) y gráfico de superficie (Figura 2B). Las mejores condiciones de extracción que arrojó el máximo contenido de polifenoles (764.670 mg EAG/100 g ms) fueron: tiempo de extracción 25.758 min y temperatura de extracción 50.7150 °C. En estas condiciones experimentales, la concentración de CPT predicho por el modelo fue de 764.2183 mg EAG/100 g ms.

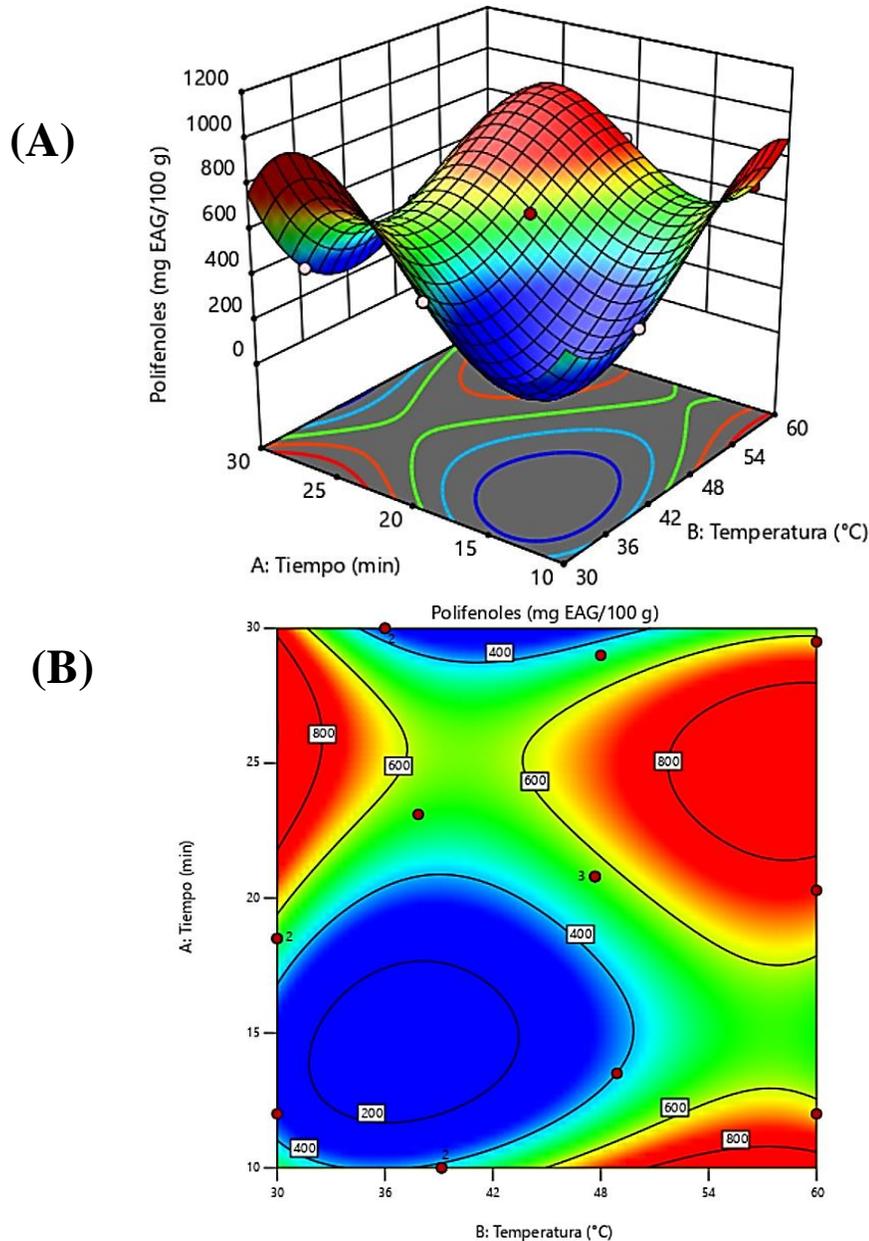


Figura 2. Efecto del tiempo y temperatura en la extracción de CPT de *S. cordifolia*.

El contenido de CPT de *S. cordifolia* no se encuentra reportado en la literatura; sin embargo, comparando los resultados con otras especies, los valores obtenidos en este estudio fueron superiores a los conseguidos por Giraldo et al. (2022); Castillo-Mendoza et al. (2022) y Deng et al. (2015); pero inferiores a los reportados por Abreu-Naranjo et al. (2018). Los CPT son fuertes

candidatos para la eliminación de radicales libres y sus grupos hidroxilo son los que proporcionan esta capacidad de eliminación; además, Almeida et al. (2019) demostraron que el mecanismo de acción de algunos polifenoles como los flavonoides, es mediante eliminación o quelación. Truong & Jeong (2021) encontraron que las propiedades fenólicas y antioxidantes de las plantas tienen una correlación positiva; así mismo, Woźniak et al., (2018) observaron un vínculo favorable entre el potencial antioxidante y antimutagénico de los CPT.

La actividad antioxidante medida en el extracto obtenido en las condiciones óptimas, por las técnicas FRAP y ABTS fueron consecutivamente 19308.14 y 22147.24  $\mu\text{g}/100 \text{ g ms}$ . Según Arvaniti et al., (2019) la capacidad antioxidante de un compuesto químico está determinada por su poder para proteger el sistema biológico de los efectos altamente dañinos de las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno. Aryal et al. (2019) indica que, el carácter antioxidante está relacionada con diferentes mecanismos, como la capacidad reductora, la descomposición de peróxidos y la eliminación de radicales libres.

#### Contenido de minerales presentes en *S. cordifolia*

Los minerales (tabla 5) fueron determinados en la corteza de *S. cordifolia* utilizada en este estudio. El contenido de estos elementos es uno de los aspectos importantes que se pueden considerar para incluir *S. cordifolia* en la fabricación de nuevos productos dirigidos a la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. Además de las funciones individuales de cada mineral, estos tienen un papel primordial en la formación de metabolitos responsables de efectos farmacológicos de las especies vegetales.

Tabla 5. Contenido mineral presente en *S. cordifolia*

P	K	Ca	Zn	Fe	Cu	Na	Mg	Mn
$\text{mg}/100 \text{ g ms}$								
1.70	14.5	539.67	6.58	7.91	5.17	6.17	8.83	2.03

La composición mineral de *S. cordifolia* indica que el calcio tuvo la concentración más alta seguido del potasio, magnesio, hierro, zinc, sodio, cobre, manganeso y fósforo respectivamente ( $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Na} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{P}$ ). Según Giorgi et al. (2018) el calcio es esencial para la rigidez, el soporte y la transmisión de los impulsos nerviosos. Se ha demostrado que el fósforo es beneficioso para el desarrollo de huesos y dientes, así como para el crecimiento y reparación de tejidos y células para la creación de ADN y ARN (Asuk et al., 2017). El sodio se encarga del

control del volumen plasmático y de la contracción muscular (Garti, 2020). El magnesio actúa junto con el fósforo para mejorar la síntesis de proteínas y la tolerancia a la glucosa en los animales (Uwitonze & Razzaque, 2018). El zinc participa en la síntesis de clorofila en las plantas, así como en la activación de enzimas (Hara et al., 2022). El potasio es esencial para el control de nervios y músculos, así como para la actividad enzimática intracelular (Rozov et al., 2019). El hierro es necesario para la síntesis de hemoglobina, el correcto funcionamiento del sistema nervioso central y la oxidación de proteínas, carbohidratos y lípidos (Halcrow et al., 2021). El manganeso ayuda a proteger contra los radicales libres, dando así una protección total al organismo (Balachandran et al., 2020). El cuerpo utiliza el cobre para realizar una variedad de procesos críticos, incluida la producción de energía, tejidos conectivos y vasos sanguíneos, también ayuda en el mantenimiento de los sistemas neurológico e inmunológico, así como en la activación de genes (Wang et al., 2021).

### **Tamizaje fitoquímico**

Las pruebas cualitativas (Tabla 6) se realizaron en el extracto acuoso obtenido en las condiciones óptimas de extracción. Los resultados del tamizaje fitoquímico revelaron alta presencia de saponinas, flavonoides y aminoácidos; se encontró escasa presencia de taninos y no se identificaron alcaloides, azúcares reductores, triterpenos y esteroides. Es importante señalar que la variedad, complejidad y composición química de los compuestos bioactivos originados por las plantas pueden verse influenciados por estímulos ambientales (Alqethami & Aldhebiani, 2021), factores de naturaleza física, química y biológica (Silva et al., 2017), y que puede haber cambios en la concentración a lo largo del año e incluso durante el día (Kebede et al., 2021); en este sentido, las nuevas investigaciones que buscan metabolitos secundarios en plantas deben tener en cuenta todas las circunstancias que pueden impactar la producción o acumulación de las sustancias de interés, dando especial atención al momento y lugar de recolección.

Tabla 6. Tamizaje fitoquímico en el extracto acuoso de *S. cordifolia*

<b>Ensayos</b>	<b>Metabolitos</b>	<b>Resultados</b>
Espuma	Saponinas	+++
Salkowski	Saponinas	++
Mayer	Alcaloides	-
Wagner	Alcaloides	-

---

Dragendorff	Alcaloides	+
Shinoda	Flavonoides	+++
Pews	Flavonoides	+++
NaOH 20%	Flavonoides	+++
HCl 1%	Taninos	+
Pb(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> 10%	Taninos	+
Ninhidrina	Aminoácidos	+++
Liebermann-Burchard	Triterpenos y esteroides	-
Fehling	Azúcares reductores	-

---

No detectado (-), Presencia escasa (+), presencia relativamente abundante (++) , presencia abundante (+++)

### Conclusiones

La concentración de compuestos polifenólicos en *S. cordifolia* varió desde 329.28 a 724.20 mg EAG/100 g ms. El análisis de la composición mineral indicó que el elemento en mayor y menor concentración fue respectivamente calcio (539.67 mg/100 g ms.) y fósforo (1.70 mg/100 g ms.). Las pruebas cualitativas para el tamizaje fitoquímico identificaron saponinas, flavonoides y aminoácidos como compuestos mayoritarios. Los resultados del presente estudio demuestran que la corteza de *S. cordifolia* es una fuente potencial de compuestos bioactivos y minerales; por lo tanto, se podría recomendar su uso con fines farmacéuticos y cosméticos.

### Referencias

- Abreu-Naranjo, R., Arteaga-Crespo, Y., Bravo-Sanchez, L., Pérez-Quintana, M., & García-Quintana, Y. (2018). Response surface methodology for optimisation of total polyphenol content and antioxidant activity of extracts from *Maytenus macrocarpa* bark by means of ultrasound-assisted extraction. *Wood Science and Technology*, 52(5), 1359–1376. <https://doi.org/10.1007/s00226-018-1034-x>
- Aguirre, Z., Loja, Á., Solano, C., y Aguirre, N. (2017). Especies forestales mas aprovechadas en la región sur del Ecuador. In Universidad Nacional de Loja (Issue September).

- Almeida, J., Rodríguez, A., & Bezerra, V. (2019). *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze (bamburral): planta medicinal com potencial antioxidante e rica em polifenóis. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 24(1).
- Alqethami, A., & Aldhebiani, A. (2021). Medicinal plants used in Jeddah, Saudi Arabia: Phytochemical screening. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(1), 805–812. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.013>
- Aronés-Jara, M., Cárdenas-Landeo, E., Luna-Molero, H., Stephany, B.-V., y Gómez-Quispe, M. (2022). Tamizaje Fitoquímico, Contenido De Compuestos Fenólicos Y Potencial Antioxidante De Trece Plantas Medicinales De Los Afloramientos Rocosos Del Bosque De Piedras De Huaraca En Perú. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 88(2), 165–179. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i2.388>
- Arteaga-Crespo, Y., Radice, M., Bravo-Sanchez, L. R., García-Quintana, Y., & Scalvenzi, L. (2020). Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic antioxidants from *Ilex guayusa* Loes. leaves using response surface methodology. *Heliyon*, 6(1), e03043. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03043>
- Arvaniti, O., Samaras, Y., Gatidou, G., Thomaidis, N., & Stasinakis, A. (2019). Review on fresh and dried figs: Chemical analysis and occurrence of phytochemical compounds, antioxidant capacity and health effects. *Food Research International*, 119(January), 244–267. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.055>
- Aryal, S., Baniya, M., Danekhu, K., Kunwar, P., Gurung, R., & Koirala, N. (2019). Total Phenolic content, Flavonoid content and antioxidant potential of wild vegetables from western Nepal. *Plants*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/plants8040096>
- Asuk, A., Agiang, M., Dasofunjo, K., & Willie, A. (2017). The biomedical significance of the phytochemical, proximate and mineral compositions of the leaf, stem bark and root of *Jatropha curcas*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(8), 650–657. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.015>
- Balachandran, R., Mukhopadhyay, S., McBride, D., Veevers, J., Harrison, F., Aschner, M., Haynes, E., & Bowman, A. (2020). Brain manganese and the balance between essential roles and neurotoxicity. *Journal of Biological Chemistry*, 295(19), 6312–6329. <https://doi.org/10.1074/jbc.REV119.009453>

- Benzie, I., & Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/ABIO.1996.0292>
- Castillo-Mendoza, B., Cajas-Palacios, M., Montoya-Vizueté, S., y García-Larreta, F. (2022). Actividad Antioxidante, Polifenoles Totales y Tamizaje Fitoquímico de Chilangua (*Eryngium Foetidum*). *Reciamuc*, 6(3), 480–489. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.480-489](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.480-489)
- Cavalcanti, J., Araujo, M., Gonçalves, P., Romeiro, N., Villela-Romanos, M., Curcino-Vieira, I., Braz-Filho, R., Carvalho, M., & Sanches, M. (2018). Proposed anti-HSV compounds isolated from *Simira* species. *Natural Product Research*, 32(22), 2720–2723. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1375914>
- Corona-Jiménez, E., Martínez-Navarrete, N., Ruiz-Espinosa, H., y Carranza-Concha, J. (2016). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chia (*Salvia hispanica* L.) y su actividad antioxidante. *Agrociencia*, 50(4), 403–412.
- Deng, Y., Zhao, Y., Padilla-Zakour, O., & Yang, G. (2015). Polyphenols, antioxidant and antimicrobial activities of leaf and bark extracts of *Solidago canadensis* L. *Industrial Crops and Products*, 74, 803–809. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.014>
- García, A., Tamargo, B., Salas, E., Calzadilla, C., Acevedo, R., & Sierra, G. (2020). Phytochemical screening of extracts obtained from the *Sapindus saponaria* L plant that grows in Cuba. *Bionatura*, 5(3), 1209–1214. <https://doi.org/10.21931/RB/20120.05.03.7>
- Garti, S. (2020). Spectrométrie gamma haute résolution et bas bruit Compton pour la détection des ruptures de gaine dans les réacteurs rapides refroidis au sodium. *Open Science*, 23(2). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02862768/document>
- Giorgi, C., Marchi, S., & Pinton, P. (2018). The machineries, regulation and cellular functions of mitochondrial calcium. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 19(11), 713–730. <https://doi.org/10.1038/s41580-018-0052-8>
- Giraldo, L., Ramos, N., y Castro, A. (2022). Polifenoles totales y actividad antioxidante in vitro del extracto acuoso de la corteza de *Brunfelsia grandiflora* D. Don. *Ciencia e Investigación*, 25(1), 61–66. <https://doi.org/10.15381/ci.v25i1.23476>

- Halcrow, P., Lynch, M., Geiger, J., & Ohm, J. (2021). Role of endolysosome function in iron metabolism and brain carcinogenesis. *Seminars in Cancer Biology*, 76(April), 74–85. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2021.06.013>
- Hara, T., Yoshigai, E., Ohashi, T., & Fukada, T. (2022). Zinc transporters as potential therapeutic targets: An updated review. *Journal of Pharmacological Sciences*, 148(2), 221–228. <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2021.11.007>
- Hernández-Rodríguez, S., Quiroz-Reyes, C., Ramírez-Ortiz, M. E., Ronquillo, E., y Aguilar-Méndez, M. (2020). Optimización del proceso de extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de Justicia spicigera Schlttdl. mediante la metodología de superficie de respuesta. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 23, 1–7. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.246>
- Kebede, T., Gadisa, E., & Tufa, A. (2021). Antimicrobial activities evaluation and phytochemical screening of some selected medicinal plants: A possible alternative in the treatment of multidrug-resistant microbes. *PLOS ONE*, 16(3 March), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249253>
- Luna-Fox, S. B., Álvarez Castro, R. R., Peñafiel-Bonilla, N. J., Radice, M., Scalvenzi, L., Arteaga-Crespo, Y., López-Hernández, O. D., y Bravo-Sánchez, L. R. (2023). Elaboración de un preparado hidrosoluble en forma de sólido pulverulento a partir de Ilex guayusa Loes. *La Técnica*, ISSN 1390-6895, ISSN-e 2477-8982, Vol. 13, No. 1, 2023 (Ejemplar Dedicado a: Enero - Junio), Págs. 47-56, 13(1), 47–56. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9035502&info=resumen&idioma=SPA>
- Melo, O., & López, L. (2020). *Diseño de Experimentos Métodos y Aplicaciones*.
- Mendoza, Y., Morales, P., Sánchez, J., y Patiño, J. (2020). Componentes bioactivos del tomate y su posible poder antimicrobiano: estudio in vitro. *Revista Cubana de Medicina Natural y Tradicional*, 3(1), 1–15. <https://orcid.org/0000-0003-1551-5229>
- Ordoñez-Gómez, E., Reátegui-Díaz, D., & Villanueva-Tiburcio, J. (2018). Total polyphenols and antioxidant capacity of peel and leaves in twelve citrus. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 123–131. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.13>
- Ordoñez, E., López, A., & Reátegui, D. (2020). Infusions of medicinal plants: Antioxidant activity and total phenols. *Agroindustrial Science*, 10(3), 259–266. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.03.06>

- Pacheco, F. (2019). Polifenoles y actividad antioxidante de extractos acuosos de cálices de *Hibiscus sabdariffa* L. *Ab Intus*, 4(2), 14–20. [https://www.researchgate.net/profile/Franklin-Coello/publication/341343483\\_Polifenoles\\_y\\_actividad\\_antioxidante\\_de\\_extractos\\_acuosos\\_de\\_calices\\_de\\_Hibiscus\\_sabdariffa\\_L/links/5ebba422458515626ca57138/Polifenoles-y-actividad-antioxidante-de-extractos-acuosos](https://www.researchgate.net/profile/Franklin-Coello/publication/341343483_Polifenoles_y_actividad_antioxidante_de_extractos_acuosos_de_calices_de_Hibiscus_sabdariffa_L/links/5ebba422458515626ca57138/Polifenoles-y-actividad-antioxidante-de-extractos-acuosos)
- Pinelo, M., Rubilar, M., Jerez, M., Sineiro, J., & Núñez, M. (2005). Effect of solvent, temperature, and solvent-to-solid ratio on the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components of grape pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 2111–2117. <https://doi.org/10.1021/jf0488110>
- Ramón, C., y Gil-Garzón, M. (2021). Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: una revisión. *TecnoLógicas*, 24(51), 263–277. <https://doi.org/10.22430/22565337.1822>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Rodríguez, M., Gamarra, O., y Pérez, F. (2021). Tamizaje fitoquímico y actividad antibacteriana de los extractos de seris plantas medicinales usadas en Amazonas. *Medicina Naturalista*, 15(1), 1576–3080.
- Rojas, T., y Gómez, S. (2018). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de *Sanky* (*Corryocactus brevistylus*). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 85(2), 258–267. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.82>
- Rozov, A., Khusainov, I., El Omari, K., Duman, R., Mykhaylyk, V., Yusupov, M., Westhof, E., Wagner, A., & Yusupova, G. (2019). Importance of potassium ions for ribosome structure and function revealed by long-wavelength X-ray diffraction. *Nature Communications*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10409-4>
- Silva, G., Abeyesundara, A., & Aponso, M. (2017). Extraction methods, qualitative and quantitative techniques for screening of phytochemicals from plants. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 5(2), 29–32.
- Surco-Laos, F., García, J., Valle-Campos, M., Panay-Centeno, J. F., Bonifaz-Hernandez, M., Melgar Merino, E. J., Cuba-García, P. A., Sullón-Dextre, L., & Alvarado, A. T. (2022).

Compuestos bioactivos y actividad antioxidante in vitro del extracto etanólico e hidroalcohólico de *Ricinus communis* L. (Higuerilla). *Revista Cubana de Farmacia*, 55(4), 1–15. <https://orcid.org/0000-0003-0805-5535>

Surco Laos, F., Ayquipa Paucar, H., Quispe Gamboa, W., García Ceccarelli, J., & Valle Campos, M. (2020). Determinación de polifenoles totales y actividad antioxidante de extracto de semillas de uvas residuos de la producción de piscos. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 86(2), 123–131. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i2.282>

Torres-Valenzuela, L., Serna-Jiménez, J., Pinto, V., & Vargas, D. (2020). Evaluation of conditions of ultrasound assisted extraction of yellow pitahaya peel bioactive compounds. *Revista Lasallista de Investigacion*, 17(1), 70–83. <https://doi.org/10.22507/rli.v17n1a6>

Truong, V., & Jeong, W. (2021). Cellular defensive mechanisms of tea polyphenols: Structure-activity relationship. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(17). <https://doi.org/10.3390/ijms22179109>

Uwitonze, A., & Razzaque, M. (2018). Role of magnesium in vitamin d activation and function. *Journal of the American Osteopathic Association*, 118(3), 181–189. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2018.037>

Wang, P., Yuan, Y., Xu, K., Zhong, H., Yang, Y., Jin, S., Yang, K., & Qi, X. (2021). Biological applications of copper-containing materials. *Bioactive Materials*, 6(4), 916–927. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2020.09.017>

Woźniak, D., Ślusarczyk, S., Domaradzki, K., Dryś, A., & Matkowski, A. (2018). Comparison of Polyphenol Profile and Antimutagenic and Antioxidant Activities in Two Species Used as Source of *Solidaginis herba* – Goldenrod. *Chemistry and Biodiversity*, 15(4). <https://doi.org/10.1002/cbdv.201800023>

© 2023 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/>).