

*Artículo Científico***FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN GRANULADO CON ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE PARA CÁPSULAS DURAS A PARTIR DE BRÁCTEAS NARANJAS DE *BOUGAINVILLEA GLABRA CHOISY*****FORMULATION AND EVALUATION OF A GRANULATE WITH ANTIOXIDANT ACTIVITY FOR HARD CAPSULES FROM ORANGE BRACTS OF *BOUGAINVILLEA GLABRA CHOISY***

Carmita Jaramillo J.<sup>1</sup>, Leslee Reyna O.<sup>1</sup>, Víctor Meléndres M.<sup>1</sup>, Mercedes Campo F.<sup>1</sup>,  
Geovanny Ramón J.<sup>1</sup> y Ana-Paola Echavarría V.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador.

\*Correspondencia: [aechavariav@unemi.edu.ec](mailto:aechavariav@unemi.edu.ec)

Recepción: 29 de agosto 2025; Aceptación: 15 de enero de 2026; Publicación: 26 de abril de 2026

**Forma de citar:**

Jaramillo, C., Reyna, L., Meléndres, V., Campo, M., Geovanny Ramón J., y Echavarría, A.-P. (2026). *Formulación y evaluación de un granulado con actividad antioxidante para cápsulas duras a partir de brácteas naranja de Bougainvillea glabra Choisy*. *InfoAnalítica*, 14(1), 28-37. <https://doi.org/10.26807/ia.v14i1.310>

© 2026 Los autores. Publicado por Revista InfoAnalítica. Este artículo es de acceso abierto y se distribuye bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0), que permite el uso, distribución, adaptación y reproducción en cualquier medio o formato, siempre que se cite adecuadamente la obra original y que las obras derivadas se distribuyan bajo la misma licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



## RESUMEN

Este estudio desarrolla un granulado con actividad antioxidante para cápsulas duras de gelatina, empleando brácteas naranjas de *Bougainvillea glabra* Choisy (*B. glabra*). Aunque comúnmente ornamental, esta especie contiene fitoquímicos bioactivos como flavonoides, betalainas (principalmente betaxantinas) y compuestos fenólicos, asociados a efectos terapéuticos frente a enfermedades respiratorias, inflamatorias y metabólicas. En respuesta a la demanda de fitofármacos accesibles para el control del estrés oxidativo, se formuló una cápsula vegetal estandarizada. Las brácteas fueron recolectadas bajo lineamientos de la OMS (Organización Mundial de la Salud), secadas a  $40 \pm 2$  °C, molidas (~1 mm) y sometidas a extracción hidroalcohólica (etanol:agua 50:50) asistida por ultrasonido. El extracto fue caracterizado mediante parámetros fisicoquímicos (pH, °Brix, densidad, sólidos totales) y se determinó su contenido fenólico total con el método de Folin-Ciocalteu. La actividad antioxidante se evaluó mediante los ensayos DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) y TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity). Posteriormente, el extracto se granuló por vía húmeda con excipientes farmacéuticos y se encapsuló en cápsulas duras de gelatina (tamaño 0) utilizando una encapsuladora semiautomática. Tanto el granulado como las cápsulas fueron evaluados según métodos de la Farmacopea (USP), incluyendo humedad, fluidez, distribución del tamaño de partícula, uniformidad de llenado y tiempo de desintegración. Las propiedades de flujo se calcularon mediante los índices de Carr y Hausner. Los resultados revelaron un contenido de fenoles totales de 53,34 mg EAG/g y una elevada capacidad antioxidante expresada como equivalentes de Trolox (TEAC). Las cápsulas cumplieron con los estándares de calidad establecidos, lo que confirma el potencial de *Bougainvillea glabra* como una fuente eficaz y económicamente viable de antioxidantes para el desarrollo de fitomedicamentos estandarizados.

**Palabras clave:** actividad antioxidante, *Bougainvillea glabra* Choisy, cápsulas duras, formulación farmacéutica, granulado nutracéutico.

## ABSTRACT

This study develops a granulate with antioxidant activity for hard gelatin capsules from orange bracts of *Bougainvillea glabra* Choisy (*B. glabra*). Although commonly ornamental, this species contains bioactive phytochemicals, including flavonoids, betalains (mainly betaxanthins), and phenolic compounds, which are associated with therapeutic effects against respiratory, inflammatory, and metabolic disorders. In response to the demand for accessible phytopharmaceuticals to manage oxidative stress, a standardized plant-based capsule was formulated. The bracts were collected following WHO guidelines, dried at  $40 \pm 2$  °C, ground (~1 mm), and subjected to hydroalcoholic extraction (ethanol: water 50:50) assisted by ultrasound. The extract was characterized using physicochemical parameters (pH, °Brix, density, and total solids), and total phenolic content was quantified using the Folin-Ciocalteu method. Antioxidant activity was assessed using DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), and TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) assays. The extract was then wet-granulated with pharmaceutical excipients and encapsulated into hard gelatin capsules (size 0) using a semi-automatic capsule filler. Both the granulate and the capsules were evaluated according to United States Pharmacopeia (USP) methods, including moisture content, flowability, particle size distribution, fill uniformity, and disintegration time. Flow properties were calculated using Carr's and Hausner's indices. The results revealed a total phenolic content of 53.34 mg GAE/g and high antioxidant capacity expressed as Trolox equivalents (TEAC). The capsules met established quality standards, confirming the potential of *B. glabra* as an effective, economical natural source of antioxidants for the development of standardized phytomedicines.

**Keywords:** *Bougainvillea glabra* Choisy, hard capsules, nutraceutical granulate, pharmaceutical formulation.

## INTRODUCCIÓN

El uso de plantas con fines curativos constituye una de las prácticas terapéuticas más antiguas de la humanidad. Desde las primeras civilizaciones, la naturaleza ha servido como una fuente esencial de compuestos bioactivos empleados en el tratamiento de diversas enfermedades (Zaragoza *et al.*, 2021). Durante siglos, las especies vegetales representaron el principal recurso para preservar la salud, configurando el conocimiento empírico que ha sido posteriormente sistematizado y fortalecido por la ciencia moderna (Caurio *et al.*, 2024; Ornelas García *et al.*, 2023).

En las últimas décadas, el interés por los productos naturales ha cobrado especial relevancia, impulsando la investigación de especies con potencial terapéutico y el desarrollo de fitoderivados destinados a diversas aplicaciones farmacéuticas (Newman & Cragg, 2020). Numerosos extractos botánicos han demostrado eficacia farmacológica con perfiles de seguridad favorables frente a fármacos sintéticos (Ansari *et al.*, 2025), lo que posiciona a los fitofármacos como alternativas accesibles y prometedoras (Ekor, 2014).

Ecuador, reconocido por su alta biodiversidad, alberga un amplio número de especies utilizadas en la medicina tradicional, muchas de las cuales están siendo estudiadas para validar científicamente sus propiedades (Contreras-Miranda *et al.*, 2022). Entre estas destaca *Bougainvillea glabra* Choisy, conocida como veranera, trinitaria o buganvilia especie ornamental apreciada por sus brácteas coloridas y su elevada riqueza fitoquímica (Mahey *et al.*, 2025). En diversas culturas se emplean preparaciones de sus flores, hojas y brácteas para el tratamiento de afecciones respiratorias, gastrointestinales y febriles (Albán *et al.*, 2018). Dichos usos se atribuyen a la presencia de flavonoides, compuestos fenólicos y betalainas, reconocidos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antipiréticas (Saleem *et al.*, 2020).

Los compuestos fenólicos y las betalainas han sido identificados como los principales responsables de la actividad antioxidante de *B. glabra* (Jaramillo-Jaramillo *et al.*, 2023). Las brácteas concentran metabolitos capaces de neutralizar radicales libres, lo que la convierte en una especie de interés para combatir el estrés oxidativo, proceso asociado al envejecimiento prematuro y a

enfermedades crónicas como cáncer, Alzheimer, Parkinson, diabetes tipo II y afecciones cardiovasculares (Riaz *et al.*, 2021; Liguori *et al.*, 2018). Su acción antioxidante se complementa con la capacidad de quelar metales pesados e interrumpir reacciones en cadena que deterioran biomoléculas esenciales como lípidos, proteínas y ADN (Saleem *et al.*, 2021).

La Organización Mundial de la Salud estima que cerca del 80 % de la población mundial, especialmente en zonas rurales de países en desarrollo, depende de la medicina tradicional como principal forma de atención (WHO, 2013). Esto resalta la necesidad de integrar el conocimiento ancestral con metodologías científicas que permitan la formulación de productos seguros, eficaces y estandarizados (Sofowora *et al.*, 2013; Davis & Choisy, 2024). En este marco, aprovechar el potencial antioxidante de *B. glabra* para el diseño de un fitofármaco en cápsulas duras constituye una estrategia innovadora dentro del desarrollo terapéutico basado en recursos naturales.

El presente estudio propone la formulación de un granulado estandarizado con actividad antioxidante, obtenido a partir de un extracto hidroalcohólico de brácteas naranjas de *B. glabra* y destinado a su encapsulación en cápsulas duras de gelatina. Esta forma farmacéutica fue seleccionada por su estabilidad, facilidad de administración y precisión en la dosificación. La elección de brácteas naranjas se fundamenta en su elevada concentración de betaxantinas, pigmentos con alta capacidad antioxidante (Rodríguez-Herrera *et al.*, 2023).

Para la formulación se realizaron análisis fisicoquímicos de la droga vegetal y del extracto, así como la determinación de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante mediante los métodos DPPH, FRAP y TEAC. Adicionalmente, se establecieron parámetros de calidad para el granulado y las cápsulas terminadas, considerando humedad, fluidez, tamaño de partícula y tiempo de disgregación.

En conjunto, esta investigación busca demostrar la viabilidad técnica de formular un fitofármaco a base de *B. glabra*, al tiempo que aporta a la valorización científica de la biodiversidad ecuatoriana y al desarrollo de alternativas terapéuticas accesibles y sostenibles. En un contexto donde persisten desafíos en el acceso equitativo a medica-

mentos, el uso racional de productos farmacéuticos derivados de plantas emerge como una estrategia clave para fortalecer la salud pública y promover la investigación local.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó un diseño cuantitativo de tipo experimental para la formulación y evaluación de cápsulas duras de gelatina con actividad antioxidante, elaboradas a partir de extracto hidroalcohólico de brácteas naranjas de *Bougainvillea glabra* Choisy (*B. glabra*) (Jaramillo et al., 2021).

### Recolección de la muestra.

Las muestras representativas de *B. glabra* se recolectaron en la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador, localizada en las coordenadas 3°29'0.64" S; 80°30'27.20" O., siguiendo los lineamientos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 2013) para la recolección de drogas vegetales.

### Secado y molido.

Inicialmente, las brácteas se sometieron a un presecado a temperatura ambiente durante 24 horas, protegidas de la luz directa. Se distribuyeron de forma uniforme en un secador artesanal, evitando su aglomeración. Posteriormente, se colocaron en bandejas y se llevaron a una estufa con circulación de aire integrada (MEMMERT UF 55, Alemania), a una temperatura controlada de  $40 \pm 2$  °C durante 5 horas.

El material pulverizado se almacenó bajo condiciones controladas de luz y humedad, garantizando su estabilidad hasta su posterior procesamiento.

### Extracción.

La extracción se realizó mediante el método de extracción asistida por ultrasonido (EAU), (FISHER SCIENTIFIC, modelo 15333418) utilizando una mezcla hidroalcohólica (EtOH:H<sub>2</sub>O, 50:50 v/v). Se procesaron 20 g de brácteas pulverizadas en 800 mL de disolvente, a 40 °C durante 45 min. El

extracto fue filtrado y concentrado en rotoevaporador (marca HEIDOLPH, modelo Laborota 4001 efficient).

Se evaluaron parámetros fisicoquímicos como pH, densidad, °Brix, índice de refracción y sólidos totales. Además, se aplicaron métodos espectrofotométricos para determinar contenido de fenoles totales (método de Folin-Ciocalteu) y actividad antioxidante (DPPH y FRAP).

### Formulación del granulado y encapsulación.

Para lograr mayor cohesión en el granulado se ensayó con diferentes proporciones de CMC (carboximetil-celulosa) como aglutinante de viscosidad media en la formulación, que se le adicionó al extracto, en combinación con los excipientes: celulosa microcristalina (Avicel), almidón de maíz, estearato de magnesio, dióxido de silicio coloidal (Aerosil). El granulado fue tamizado (Tamiz malla 18 US STD Marca Tyler 5198), secado a  $40 \pm 2$  °C y encapsulado en cápsulas de gelatina dura (tamaño 0) mediante una encapsuladora semiautomática (ProFiller1100).

### Ensayos de calidad del granulado y cápsulas.

Se evaluaron parámetros como contenido de humedad (mediante termogravimetría), fluidez (ángulo de reposo y velocidad de flujo), densidad aparente y compactada, e índices de Carry y Hausner (Shah et al., 2008). Las cápsulas se analizaron en cuanto a peso promedio, tiempo de disgregación (en agua a 37 °C) características organolépticas y contenido antioxidante del granulado encapsulado. Para la disgregación de las cápsulas se utilizó el equipo (marca ERWEKA ZT2), el mismo que nos da a conocer que la formulación se libera de manera correcta.

### Análisis estadístico.

Se calcularon medias y desviaciones estándar utilizando Microsoft Excel. Se aplicó un ANOVA unifactorial mediante el software estadístico Jamovi v2.4.8.0 para identificar diferencias significativas entre tratamientos.

## RESULTADOS

La separación de las brácteas se realizó inmediatamente después de la recolección de la mues-

tra vegetal, para minimizar su oxidación (Robles Aguilar *et al.*, 2017). Una vez colectada la droga, se procedió a la caracterización de dimensiones morfológicas de la muestra (Tabla 1).

**Tabla 1. Caracterización morfológica de la planta**

Parámetro	Resultado Características	Unidad / Descripción
Largo	3,3 ± 0,34	cm
Ancho	3,2 ± 0,35	cm
Forma	Oval-ancha	Característica morfológica
Olor	Característico	Característica organoléptica
Superficie	Ondulada-plana	Textura externa

**Leyenda:**  $\bar{X}$  / DS: media / desviación estándar

### Control de calidad de la droga cruda.

El control de calidad de la droga vegetal mostró un contenido de humedad de 7,16 ± 0,54 % y cenizas totales de 8,09 ± 0,59 %. Para el ensayo de solubilidad de la planta vegetal cruda, se utilizaron tres mezclas hidroalcohólicas con

diferentes proporciones, (etanol: agua al 30, 50 y 70% EtOH:H<sub>2</sub>O) para seleccionar el disolvente más adecuado que permita extraer los metabolitos especializados de la muestra en mayor proporción. Esta selección se desarrolló sobre la base de los análisis de las sustancias solubles presentados en la Tabla 2.

**Tabla 2. Sustancias solubles hidroalcohólica (Ssh)**

Parámetros (%)	*Resultados $\bar{X}$ / DS
Sustancias solubles hidroalcohólica (Ssh)	
30 %	31,41a / 0,78
50 %	36,02b / 1,10
70 %	37,05b / 0,62

**Leyenda:**  $\bar{X}$  / DS: media / desviación estándar. No existe diferencia estadísticamente significativa. Letras diferentes: existe diferencia estadísticamente significativa.

Se eligió la mezcla 50:50 por su equilibrio entre eficiencia y afinidad por metabolitos hidrosolubles

de *B. glabra* Choisy (Tabla 3).

**Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos del extracto hidroalcohólico 50 % de *B. glabra***

Parámetro	Resultado $\bar{X}$ / DS
Densidad relativa (g/mL)	1,03 ± 0,01
Índice de refracción (nD)	1,35 ± 0,01
pH	5,68 ± 0,01
Sólidos totales (%)	0,16 ± 0,12
Grados Brix (%)	8,35 ± 0,01

En la Tabla 4 se observan los resultados obtenidos de extracto seco por el método de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante por FRAP-TEAC (n=3) y DPPH (n=3).

**Tabla 4. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante por FRAP- TEAC (n=3) y DPPH (n=3)**

Parámetro	Valor	Observaciones
Fenoles totales (Folin-Ciocalteu)	53,34 ± 5,89 mg EAG/g	Buena linealidad (R <sup>2</sup> = 0,9963)
Capacidad antioxidante (FRAP)	107,30 ± 9,37 mg TEAC/g	Buena correlación (R <sup>2</sup> = 0,9984)
Capacidad antioxidante (DPPH)	256,68 ± 1,44 mg TEAC/g	Alta capacidad antioxidante (R <sup>2</sup> = 0,9912)

Se realizaron distintos ensayos experimentales para seleccionar la mejor formulación de granulados a base de brácteas de *Bougainvillea glabra Choisy*, utilizando diferentes excipientes (almidón, Avicel, Aerosil, estearato de magnesio y CMC).

Los parámetros evaluados incluyeron ángulo de reposo, velocidad de flujo, índice de compresibilidad (IC) e índice de Hausner (IH), y se compararon con los valores de referencia establecidos por la Farmacopea USP.

**Tabla 5. Resumen de formulaciones seleccionadas y parámetros fisicomecánicos del granulado**

Función del excipiente	Formulación(F)	Composición	Ángulo de reposo (°)	Velocidad de flujo (g/c m <sup>2</sup> /s)	IC (%)	IH
Diluyente	F1	100% Almidón	34,30 ±1,91	14,95 ±0,29	14,76± 1,63	1,17± 0,02
Lubricante	F5	Aerosil 1%	28,77 ±0,01	25,34 ±0,01	11,90±0,01	1,14±0,01
Aglutinante	F2	CMC 2%	25,24 ±1,33	7,98± 0,04	11,00± 0,01	1,11± 0,01

**Leyenda:**  $\bar{X}/DS$ : media / desviación estándar, F: Formulaciones; índice de compresibilidad (IC)- índice de Hausner (IH)

En la Tabla 5, el análisis estadístico mediante ANOVA unifactorial mostró diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas (p < 0.05).

Las cápsulas mostraron olor característico de *B. glabra*, recubrimiento transparente (tamaño 0) y granulado de color amarillo pajizo.

### El Control de calidad de cápsulas.

**Tabla 6. Desintegración de las cápsulas *B. glabra***

Parámetros	$\bar{X} / DS$
Peso medio (g)	0,24 / 0,001
Humedad residual	4,49/0,03
Desintegración (minutos)	02:17

Los valores reportados en la Tabla 6 indican que las cápsulas cumplen con el tiempo de desintegración que recomienda la Farmacopea de los Estados Unidos USP 30 (Farmacopea de los Estados Unidos de América USP 30- NF, 2020; Usp

42-Nf 37., 2021), menor a los 20 min, del mismo modo cumple con el rango en humedad residual que plantea la literatura para granulados entre (0-5 %).

## Fenoles totales y actividad antioxidante en las cápsulas.

de la cuantificación de fenoles y actividad antioxidante en las cápsulas elaboradas con el granulado a base de las brácteas de *B. glabra*.

En la Tabla 7, se muestra los resultados obtenidos

**Tabla 7. Fenoles totales y DPPH**

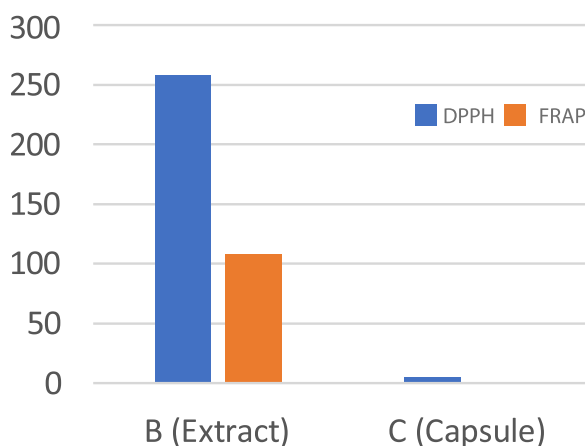
ENSAYOS	* (etanol: agua/8:2)	EAG (mg)/g X/ DS
TEAC (mg) / 1 g	1	5,75 / 0,05
EAG (mg) / 1 g	1	3,37 / 0,17

Leyenda: \* Peso g de granulado en 20 mL

En la Figura 1, se presenta la comparación de la actividad antioxidante medida por DPPH y FRAP entre el extracto y las cápsulas elaboradas de

*Bougainvillea glabra* Choisy. Se obtuvo una marcada reducción de la capacidad antioxidante en las cápsulas respecto al extracto puro.

**Figura 1. Comparación de la actividad antioxidante medida por DPPH y FRAP entre el extracto y las cápsulas elaboradas de *B. glabra***



## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación respaldan de manera científica el uso tradicional de *Bougainvillea glabra* Choisy como una fuente de compuestos bioactivos con potencial antioxidante. La extracción asistida por ultrasonido (EAU) demostró ser más eficiente que la maceración convencional, al preservar mejor los metabolitos termo-sensibles, en concordancia con estudios previos, como los de Hidalgo-Sánchez *et al.*, (2025). En cuanto al solvente de extracción, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones hidroalcohólicas evaluadas, se seleccionó la mezcla etanol-agua 50:50 por ofrecer un balance adecuado entre eficiencia de extracción, costo y solubilidad de compuestos hidrofílicos como las betalaínas,

ampliamente solubles en agua. Este comportamiento es consistente con los hallazgos de Gómez-Bache *et al.* (2016), quienes tampoco reportaron diferencias significativas en la eficiencia de extracción entre concentraciones similares.

El extracto obtenido presentó parámetros físico-químicos adecuados (Jaramillo *et al.*, 2021), con valores de densidad ( $1,03 \pm 0,01$  g/mL), índice de refracción ( $1,35 \pm 0,01$ ), pH ( $5,68 \pm 0,01$ ), sólidos totales ( $0,16 \pm 0,12\%$ ) y °Brix ( $8,35 \pm 0,01$ ), totales ( $0,16 \pm 0,12\%$ ) y grados Brix ( $8,35 \pm 0,01$ ). El pH ligeramente ácido sugiere una concentración relevante de compuestos fenólicos, flavonoides y betalaínas (Wu *et al.*, 2022). Respecto al contenido fenólico total ( $53,34 \pm 5,89$  mg EAG/g),

este fue inferior al reportado por Jaramillo *et al.*, (2021), quienes utilizaron la misma técnica de extracción ( $129,6 \pm 0,3$  mg EAG/g). Esta diferencia puede atribuirse a factores como edad de la planta, condiciones agroecológicas de cultivo y las prácticas de almacenamiento postcosecha. Además, es importante considerar que el método de Folin- Ciocalteu puede sobreestimar el contenido fenólico debido a posibles interferencias con derivados de tirosina, como las betalainas (Robles Aguilar *et al.*, 2017).

La actividad antioxidante medida mediante los métodos FRAP y DPPH fue superior a la informada en estudios anteriores (Markandan *et al.*, 2016; Shalini *et al.*, 2018). Esta elevada capacidad antioxidante podría explicarse por la selección adecuada del solvente, así como por las condiciones controladas de extracción y concentración, que favorecieron la conservación y disponibilidad de los metabolitos antioxidantes.

La formulación F5 presentó la mayor fluidez, mientras que F2 registró valores significativamente menores en relación con F1 y F5. En contraste, para los parámetros índice de compresibilidad (IC) e índice de Hausner (IH) no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ). Justificando la selección de cada una de las formulaciones (diluyente, lubricante y aglutinante) utilizadas en la elaboración del granulado para cápsulas duras con extracto de *B. glabra*, considerando criterios técnicos y farmacopéicos.

La extracción hidroalcohólica asistida por ultrasonido resultó eficaz, obteniéndose un extracto bioactivo y estable, con valores relevantes de capacidad antioxidante según los métodos FRAP y DPPH. La calidad del extracto, caracterizado por un pH ligeramente ácido y una adecuada concentración de metabolitos especializados, cumplió con los parámetros fisicoquímicos requeridos, excepto en el contenido de cenizas, que fue elevado, aunque no comprometió su funcionalidad antioxidante. Desde el enfoque farmacotécnico, la formulación del granulado compuesta por 100 % de almidón, 1 % de Aerosil y 2 % de CMC generó un sistema con buena fluidez, cohesión y capacidad de encapsulación.

En relación con la formulación del granulado para cápsulas, se evaluaron diferentes combinaciones experimentales. La formulación elaborada únicamente con almidón (F1) presentó un desempeño

sobresaliente en cuanto a fluidez y compresibilidad, cumpliendo adecuadamente con los parámetros establecidos por la USP (ángulo de reposo de  $34,3^\circ$ , velocidad de flujo de  $14,95$  g/cm<sup>2</sup>/s, índice de compresibilidad del 14,76 % y un índice de Hausner de 1,17). La incorporación de Aerosil al 1 % (F5) incrementó de forma significativa la fluidez del granulado, mientras que el uso de CMC al 2 % (F2) como aglutinante proporcionó la cohesión necesaria sin generar afectaciones sobre la fluidez del material.

Las cápsulas desarrolladas presentaron características organolépticas satisfactorias (recubrimiento transparente, color amarillo pajizo), un tiempo de desintegración adecuado (2 min 17 s), humedad residual dentro de los límites permitidos ( $4,49 \pm 0,03$  %) y uniformidad de peso ( $0,24 \pm 0,001$  g). No obstante, el contenido fenólico ( $3,37 \pm 0,17$  mg EAG/g) y la actividad antioxidante ( $5,75 \pm 0,05$  mg TEAC/g) en las cápsulas fueron considerablemente menores que en el extracto original, lo que indica una dilución del principio activo durante el proceso de formulación.

Esta observación sugiere la necesidad de optimizar la concentración del extracto seco en la formulación final para maximizar la eficacia antioxidante del producto. Esta recomendación es coherente con los resultados obtenidos por Kenari & Razavi, (2022), quienes reportaron mayores niveles de compuestos fenólicos al encapsular extractos de *Bougainvillea spectabilis*, destacando la importancia de ajustar la dosis del principio activo para mejorar el perfil terapéutico del producto nutracéutico.

## CONCLUSIÓN

La presente investigación muestra que las brácteas naranjas de *Bougainvillea glabra* Choisy son una fuente prometedora de compuestos fenólicos con destacada actividad antioxidante, lo que respalda su potencial como insumo fitoterapéutico natural.

Las cápsulas duras desarrolladas cumplieron con los estándares internacionales: presentaron uniformidad de peso, rápida desintegración (<20 min), niveles aceptables de humedad residual y contenido cuantificable de compuestos fenólicos.

Este estudio constituye una valiosa contribución al aprovechamiento integral de recursos vegetales subutilizados, al integrar conocimientos etnobotánicos con tecnologías modernas de extracción y

formulación. Se recomienda llevar a cabo estudios complementarios de estabilidad, biodisponibilidad y ensayos clínicos que validen su efectividad y viabilidad comercial como suplemento antioxidante de origen vegetal. Finalmente, este trabajo contribuye al conocimiento científico sobre el potencial antioxidante de *Bougainvillea glabra* Choisy y respalda su viabilidad como materia prima para el desarrollo de suplementos nutraceuticos en forma sólida. Asimismo, promueve la valorización y el aprovechamiento sostenible de especies vegetales locales subutilizadas, integrando el saber etnobotánico tradicional con técnicas farmacéuticas modernas.

## AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Machala, por el respaldo institucional brindado para la realización de esta investigación. De manera especial, se agradece a la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por permitir el uso de sus laboratorios, equipos y recursos técnicos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo experimental del presente estudio.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Albán, M. S., Echavarría, A. P., & Domínguez, L. D. (2018). Composición nutricional y propiedades funcionales de flores comestibles|Nutritional composition and functional properties of edible flowers. *SABER*, 30(0), Article 0.
- Ansari, P., Reberio, A. D., Ansari, N. J., Kumar, S., Khan, J. T., Chowdhury, S., Abd El-Mordy, F. M., Hannan, J. M. A., Flatt, P. R., Abdel-Wahab, Y. H. A., & Seidel, V. (2025). Therapeutic Potential of Medicinal Plants and Their Phytoconstituents in Diabetes, Cancer, Infections, Cardiovascular Diseases, Inflammation and Gastrointestinal Disorders. *Biomedicines*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/biomedicines13020454>
- Caurio, A., Jr, B., Lm, G., Cc, R., Nr, R., S, S., T, E., R, R., Cc, D., & Elg, D. (2024). Protective effect of *Bougainvillea glabra* Choisy bract in toxicity induced by Paraquat in *Drosophila melanogaster*. *Comparative Biochemistry and Physiology. Toxicology & Pharmacology: CBP*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2024.109873>
- Contreras-Miranda, J. A., Ramirez Marin, M. A., Contreras-Miranda, J. A., & Ramirez Marin, M. A. (2022). Uso de plantas medicinales que se comercializan en Guayaquil, Ecuador. *Manglar*, 19(4), 309-316. <https://doi.org/10.57188/manglar.2022.039>
- Davis, C. C., & Choisy, P. (2024). Medicinal plants meet modern biodiversity science. *Current Biology*, 34(4), R158-R173. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.12.038>
- Ekor, M. (2014). The growing use of herbal medicines: Issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in Pharmacology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fphar.2013.00177>
- Gomez-Bache, U., Navarro, B., & Petricevich, V. L. (2016). Estudio preliminar del efecto hipoglucémico del extracto de *Bougainvillea xbuttiana* (variedad naranja) en modelo murino. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 47(3), 60-66.
- Hidalgo-Sánchez, M. A., Pérez-Cuesta, A. M., Montesdeoca-Erazo, R. V., & Casigña-Guamán, N. S. (2025). Influencia del ultrasonido en la extracción de compuestos bioactivos de *Piper aduncum* L. *Código Científico Revista de Investigación*, 6(E1), Article E1. <https://doi.org/10.55813/gaea/cc.ri/v6/nE1/815>
- Jaramillo, C., Armijos A., J. C., Cedeño S., R., Campo F., M., & Rojas de Astudillo, L. (2021). Comparación de la relación de fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante en brácteas de dos variedades de *bougainvillea glabra choisy*. *infoANALÍTICA*, 9(1), 167-179.
- Jaramillo Jaramillo, C. G., Solano Maza, L. O., Campo Fernández, M., & Rojas De Astudillo, L. (2023). Composición química y actividad antioxidante de hojas de dos variedades de *Bougainvillea glabra* Choisy: Chemical composition and antioxidant activity of the leaves of two varieties of *Bougainvillea glabra* Choisy. *Cumbres*, 9(1), 9-20. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v9n1a1>
- Kenari, R. E., & Razavi, R. (2022). Encapsulation of *bougainvillea* (*Bougainvillea spectabilis*) flower extract in *Urtica dioica* L. seed gum: Characterization, antioxidant/antimicrobial properties, and in vitro digestion. *Food Science & Nutrition*, 10(10), 3436. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2944>
- Liguori, I., Russo, G., Curcio, F., Bulli, G., Aran, L., Della-Morte, D., Gargiulo, G., Testa, G., Cacciatore, F., Bonaduce, D., & Abete, P. (2018). Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*, Volume 13, 757-772. <https://doi.org/10.2147/CIA.S158513>
- Mahey, P., Sontakke, M., Muchahary, S., Gupta, A. K., Jha, A. K., Kandpal, R., Kunwar, T., & Choudhary, A. (2025). Transforming the therapeutic and nutritional benefits of *Bougainvillea* flowers for sustainable uses and food security. *Discover Food*, 5(1), 156. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00302-z>
- Markandan, S., Abdullah, A., Musa, K. H., Subramaniam, V., & Stockham, K. (2016). Determination of antioxidant activities, total phenolic and flavanoid contents in *Bougainvillea glabra* bracts at various methanol concentrations. 030038. <https://doi.org/10.1063/1.4966776>

- Newman, D., & Cragg, G. (2020). Natural Products as Sources of New Drugs over the Nearly Four Decades from 01/1981 to 09/2019. *Journal of Natural Products*, 83(3). <https://doi.org/10.1021/acs.jnatp.rod.9b01285>
- Ornelas García, I., Al, G. B., Fj, A. G., Na, C. V., & D, G. M. (2023). Bougainvillea glabra Choisy (Nyctinaginacea): Review of phytochemistry and antimicrobial potential. *Frontiers in Chemistry*, 11. <https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1276514>
- Riaz, M., Fatima, H., Misbah ur Rehman, M., Qadir, R., Hussain, S., Hafeez, A., & Siddique, A. B. (2021). Appraisal of antioxidant potential and biological studies of bogan bail (Bougainvillea glabra) leaf extracts using different solvents. *Czech Journal of Food Sciences*, 39(3), 176-180. <https://doi.org/10.17221/273/2020-CJFS>
- Robles Aguilar, M. V., Jaramillo Jaramillo, C., & Rojas de Astudillo, L. (2017). Contenido de betalainas y actividad antioxidante en brácteas de Bougainvillea glabra Choisy. *Revista cubana de farmacia*, 51(2 (abril-junio)), 8.
- Rodríguez-Herrera, V. V., García-Cruz, L., & Valle-Guadarrama, S. (2023). Aqueous two-phase extraction: A non-thermal technique to separate and concentrate betalains from Bougainvillea glabra Choisy bracts. *Industrial Crops and Products*, 193, 116245. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116245>
- Saleem, H., A, U., Mf, M., & N, A. (2021). Bougainvillea glabra (choisy): A comprehensive review on botany, traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicity. *Journal of Ethnopharmacology*, 266. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113356>
- Saleem, H., Htar, T. T., Naidu, R., Zengin, G., Ahmad, I., & Ahemad, N. (2020). Phytochemical profiling, antioxidant, enzyme inhibition and cytotoxic potential of Bougainvillea glabra flowers. *Natural Product Research*, 34(18), 2602-2606. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1543684>
- Shah, R. B., Tawakkul, M. A., & Khan, M. A. (2008). Comparative Evaluation of Flow for Pharmaceutical Powders and Granules. *AAPS PharmSciTech*, 9(1), 250-258. <https://doi.org/10.1208/s12249-008-9046-8>
- Shalini, M., Aminah, A., Khalid, H. M., Vimala, S., Katherine, S., & Khoo, M. G. H. (2018). In-vitro Antioxidant Activities, Phytoconstituent and Toxicity Evaluation of Local Bougainvillea glabra Bract (Bunga Kertas). *International Journal of ChemTech Research*, 11(9), 22-30. <https://doi.org/10.20902/IJCTR.2018.110904>
- Sofowora, A., Ogunbodede, E., & Onayade, A. (2013). The role and place of medicinal plants in the strategies for disease prevention. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 10(5), 210-229. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v10i5.2>
- WHO, W. H. (2013). *WHO traditional medicine strategy: 2014-2023*. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/92455>
- Wu, Q., Fu, X., Chen, Z., Wang, H., Wang, J., Zhu, Z., & Zhu, G. (2022). Composition, Color Stability and Antioxidant Properties of Betalain-Based Extracts from Bracts of Bougainvillea. *Molecules*, 27(16), 5120. <https://doi.org/10.3390/molecule27165120>
- Zaragoza, E., Orozco, L., Freitas, R., Castillo, E., Kuroda, D., & Ramirez, M. (2021). Valoración, como indicadores ácido-base, de extractos naturales de flores de bougainvillea glabra, cosmos bipinnatus, psittacanthus calyculatus y cascara y fruto de opuntia ficus, de San Miguel el alto, Jalisco. *Revista Comunicação Universitária*, 1(2), 1-8