

Efecto del secado sobre las propiedades fitoquímicas y funcionales de la flor de *Bougainvillea glabra**

Drying effect on phytochemical and functional properties of *Bougainvillea glabra* flower

Bryan Ostaiza-Zambrano¹, Gema Flecher-Loor², José Muñoz-Murillo³, Diego Segovia-Cedeño⁴

* Recepción: 28 de febrero, 2025. Aceptación: 21 de abril, 2025. Este trabajo se realizó como requisito parcial del primer autor para optar al título de Ingeniería Agroindustrial en la Facultad de Agrociencias de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

¹ Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agrociencias, Departamento de Procesos Agroindustriales. Chone, Ecuador. bostaiza1374@utm.edu.ec (autor para correspondencia; <https://orcid.org/0009-0000-6498-6479>).

² Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agrociencias, Departamento de Procesos Agroindustriales. Chone, Ecuador. gflecher9441@utm.edu.ec (<https://orcid.org/0009-0002-5859-8060>).

³ Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agrociencias, Departamento de Procesos Agroindustriales. Chone, Ecuador. jose.munoz@utm.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0002-9161-685X>).

⁴ Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agrociencias, Departamento de Procesos Agroindustriales. Chone, Ecuador. diego.segovia@utm.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0003-4795-5907>).

Resumen

Introducción. *Bougainvillea glabra* es una planta ornamental que ha despertado el interés científico debido a su potencial medicinal, propiedades terapéuticas y efectos tóxicos. **Objetivo.** Evaluar el efecto de tres temperaturas de secado (50, 55 y 60 °C) sobre la caracterización fitoquímica y funcional de la flor de *Bougainvillea glabra*. **Materiales y métodos.** Los análisis se realizaron entre julio y septiembre de 2024, en el cantón Chone (Ecuador). Las flores fueron colectadas en bolsas de autocierre y trasladadas al Laboratorio de Química y Bromatología de la Facultad de Agrociencias (Chone), de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. La investigación fue de tipo experimental y se desarrolló por medio de un diseño completamente al azar conformado por tres tratamientos (T1: 50 °C, T2: 55 °C y T3: 60 °C). Se analizó la cinética de secado con un deshidratador FD-12 y se registró la pérdida de humedad mediante una balanza analítica; las muestras molidas se maceraron (extracción acuosa) y filtraron. Se llevó a cabo un tamizaje fitoquímico y se evaluó la capacidad antioxidante del material vegetal por medio de los métodos ABTS (2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)-sal de diamonio) y DPPH (radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo). **Resultados.** Se demostró que al aumentar la temperatura de secado disminuyó el peso del material vegetal. El tamizaje fitoquímico evidenció que la temperatura de secado incidió sobre la presencia de saponinas y flavonoides; no obstante, la presencia de taninos, aminoácidos libres y alcaloides se mantuvo estable. Las catequinas, triterpenos, azúcares reductores, antocianinas y resinas estuvieron ausentes. La actividad antioxidante reveló que las temperaturas de secado no influyeron en el análisis mediante DPPH, a diferencia del método ABTS, donde a menor temperatura se observó mayor capacidad antioxidante. **Conclusiones.** Las temperaturas de secado a 55 °C y 60 °C favorecieron una mayor pérdida de peso, pero incidieron en la presencia de saponinas y catequinas.

Palabras clave: antioxidantes, evaporación, metabolitos secundarios, extractos.



Abstract

Introduction. *Bougainvillea glabra* is an ornamental plant that has gained scientific attention due to its medicinal potential, therapeutic properties, and toxic effects. **Objective.** To evaluate the effect of three drying temperatures (50, 55, and 60 °C) on the phytochemical and functional characteristics of *Bougainvillea glabra* flowers. **Materials and methods.** The analyses were conducted from July to September 2024 in Chone canton (Ecuador). Flowers were collected in self-sealing bags and transported to the Chemistry and Bromatology Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences (Chone), Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. This experimental research followed a completely randomized design consisting of three treatments (T1: 50 °C, T2: 55 °C, and T3: 60 °C). Drying kinetics were studied using a FD-12 dehydrator, and moisture loss was monitored using an analytical balance. Ground samples underwent aqueous extraction through maceration and filtration. Phytochemical screening was performed, and antioxidant capacity of the plant was assessed using ABTS (2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)-diammonium salt) and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical) methods. **Results.** Higher drying temperatures resulted in greater plant material weight reduction. Phytochemical screening showed that drying temperature affected the presence of saponins and flavonoids; however, levels of tannins, free amino acids, and alkaloids remained stable. Catechins, triterpenes, reducing sugars, anthocyanins, and resins were not detected. Antioxidant activity analyses revealed that drying temperatures did not affect the DPPH results, while lower temperatures yielded higher antioxidant capacity in the ABTS method. **Conclusions.** Drying at 55 °C and 60 °C promoted greater weight loss, but negatively impacted the presence of saponins and catechins.

Keywords: antioxidants, evaporation, secondary metabolites, extracts.

Introducción

El estudio de las características fitoquímicas de las plantas medicinales y de uso ornamental ha adquirido gran relevancia para la comunidad científica. Este enfoque permite identificar sus particularidades y los beneficios que pueden aportar a la sociedad, lo que incrementa su aprovechamiento en diversas industrias (Alcântara Alves et al., 2021). Una de las especies representativas es *Bougainvillea glabra*, empleada en la medicina tradicional para el tratamiento de enfermedades (Corona, 2024).

La *Bougainvillea glabra* es una planta ornamental apreciada por su abundante floración durante las distintas épocas del año. También es conocida como “flor de papel” por sus brácteas delgadas y parecidas a este material, con tonos de colores como morado, blanco y rosa (García Vieyra et al., 2022). Esta especie ha despertado el interés científico debido a su potencial medicinal, propiedades terapéuticas y efectos tóxicos (Jaramillo-Jaramillo et al., 2023).

El proceso de secado es un paso crítico en la preparación de muestras vegetales para el desarrollo de análisis fitoquímicos, ya que puede influir significativamente en la estabilidad y concentración de los compuestos bioactivos, así como en la funcionalidad de su aplicación (Silva Paz et al., 2022). Se ha documentado que los métodos de secado pueden influir en la actividad antioxidante de los productos vegetales debido a las características fisicoquímicas que estos poseen (Herrera, 2022).

La temperatura de secado puede afectar la degradación de algunos compuestos antioxidantes sensibles al calor; temperaturas más bajas pueden no ser suficientes para eliminar completamente la humedad, que a su vez favorece la actividad enzimática y la degradación de los compuestos bioactivos (Ríos-Aguirre & Gil-Garzón, 2021). Se ha descrito que los compuestos bioactivos están estrechamente relacionados con la capacidad antioxidante de los extractos y con los efectos biológicos asociados a la presencia de metabolitos como fenoles, flavonoides, taninos, alcaloides y terpenoides (López et al., 2022), capaces de neutralizar la presencia de los radicales libres. Esta

investigación se propuso evaluar el efecto de tres temperaturas de secado (50, 55 y 60 °C) sobre la caracterización fitoquímica y funcional de la flor de *Bougainvillea glabra*.

Materiales y métodos

Localización

La investigación se desarrolló en los predios de la Facultad de Agrociencias de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en el cantón Chone, provincia de Manabí, Ecuador, con las siguientes coordenadas: 00° 41'18,55" latitud sur y 00°13' 26,67" longitud oeste. El área de estudio se encuentra a una altura de 16 m s. n. m. La precipitación promedio fue de 665 mm; la evaporación anual, 1407 mm, y la temperatura promedio, 26 °C.

Obtención del material vegetal

Las flores de *Bougainvillea glabra* (variedad morada) se recolectaron en zonas rurales del cantón Chone durante la época de verano, en julio y agosto de 2024, cuando la temperatura promedio oscila entre 25 y 30 °C. Las flores se colocaron en bolsas de autocierre y se trasladaron al Laboratorio de Química y Bromatología de la Facultad de Agrociencias (Chone) de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador, para su análisis.

Determinación de la cinética de secado de la flor *Bougainvillea glabra*

Las muestras se secaron en un deshidratador eléctrico (FD-12) de escala de laboratorio, que consta de una cámara de secado en la cual se colocaron las bandejas con las flores (tres bandejas por cada temperatura analizada). El equipo cuenta con un sistema de calentamiento del aire mediante resistencias eléctricas y un sistema de circulación conformado por un ventilador y un anemómetro para el control de la velocidad del aire caliente.

Las muestras se sometieron a temperaturas de secado de 50 °C, 55 °C y 60 °C por un periodo de 6 h y 30 min. Los pesos se tomaron en intervalos de 15 min mediante una balanza analítica con una precisión de 0,0001 g. El secado se realizó por triplicado para cada temperatura utilizada hasta lograr el equilibrio dinámico en el peso de cada muestra. Antes de cada ensayo se esterilizaron las bandejas en una estufa a 105 °C por 30 min, luego se enfriaron en un desecador por 20 min y se pesaron para posteriormente depositar las muestras (33 flores) en un recipiente por cada temperatura.

Determinación de humedad

Para determinar la humedad de las flores secas se pesaron las tres bandejas de cada tratamiento con las respectivas muestras por cada temperatura. Después, se colocaron en la estufa por 3 h a una temperatura de 105 °C, y luego en el desecador por 25 min con el fin de enfriarlas para pesarlas. El contenido de humedad se determinó mediante la ecuación 1.

$$w(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_c} \times 100 \quad (1)$$

Donde W es el contenido de humedad en porcentaje; W_1 es la masa del recipiente más la muestra húmeda (g); W_2 es la masa del recipiente más la muestra seca (g), y W_c es la masa del recipiente (g).

Obtención de los extractos

Las muestras secas provenientes del proceso de secado se molieron mediante un molino eléctrico de cuchillas fabricado en acero inoxidable, con una granulometría que osciló entre 150 μm y 450 μm , y se depositaron en bolsas de autocierre previamente rotuladas de acuerdo con cada tratamiento, para después someterlas a maceración en agua destilada durante 1 h en un lugar fresco y seco, libre de exposición a la luz solar directa. Las muestras se envasaron en recipientes de vidrio ámbar para laboratorio, los cuales se rotularon según el tratamiento correspondiente.

Extracción acuosa

La extracción acuosa se desarrolló mediante el uso de agua destilada previamente esterilizada en autoclave por un periodo de 2 h. En cada recipiente se colocaron 100 mL de agua destilada y se añadieron 2,5 g de muestra molida para la maceración. Luego, los extractos se ubicaron sobre un equipo de ultrasonido a 50 °C durante 2 h (Figura 1A). Después, se filtraron y se depositaron en envases de vidrio esterilizados (T: 105 °C; t: 30 min) (Figura 1B). Por último, para almacenarlos, se cubrieron con papel aluminio y se conservaron a 8 °C.

Tamizaje fitoquímico de metabolitos secundarios

Para determinar la presencia de metabolitos secundarios se utilizaron los siguientes materiales y equipos: tubos de ensayo, pipetas Pasteur, pipetas graduadas de 5 mL, peras de solución, papel filtro, baño maría mediante placa calefactora, campana de extracción y lámpara UV. El perfil fitoquímico de los extractos se estableció de acuerdo con una escala colorimétrica cualitativa, donde se indicó la presencia y abundancia de los productos naturales de la siguiente manera: abundante [+++], presencia moderada [++], poca presencia [+] y ausencia [-].

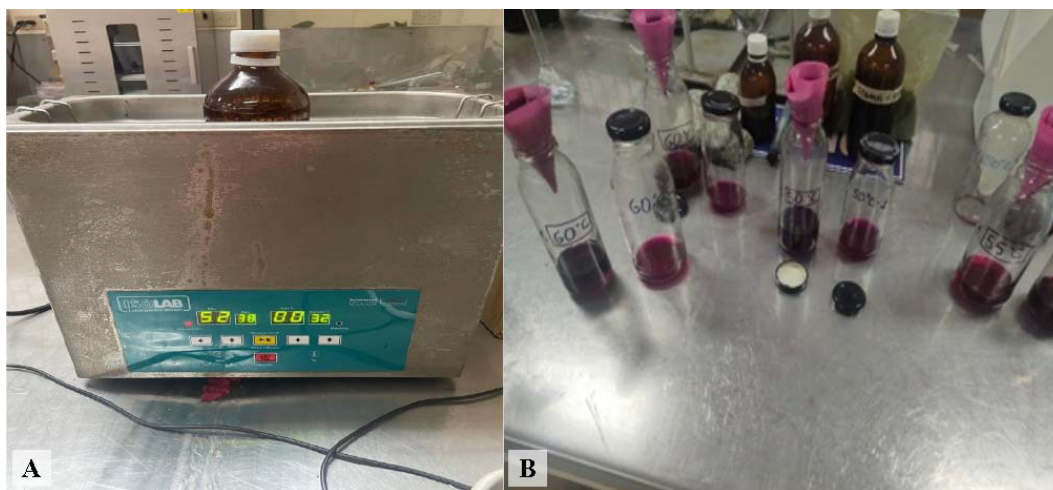


Figura 1. Proceso de obtención de los extractos. **A)** Aplicación de ultrasonido a los extractos. **B)** Filtración de los extractos. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

Figure 1. Process for obtaining extracts. **A)** Ultrasonic treatment of extracts. **B)** Extract filtration process. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

En cada uno de los tratamientos se determinó la presencia de taninos (prueba de cloruro férrico), saponinas (prueba de espuma), catequinas (prueba con carbonato de calcio y luz UV), flavonoides (prueba de Shinoda), alcaloides (prueba de Dragendorff), triterpenos (prueba de Liebermann-Burchard), aminoácidos libres (ensayo de ninhidrina), azúcares reductores (ensayo de Fehling), antocianinas (método de Kedde) y resina (ensayo de precipitación con agua).

Obtención de diluciones utilizadas para evaluar la composición química de los extractos

Previo a la evaluación química de cada uno de los tratamientos en estudio, se procedió a la preparación de las diluciones. Para ello, se usó 1 µl de muestra en 10 mL de agua destilada. Las muestras se colocaron en fioles de 10 mL y posteriormente se separaron de acuerdo con cada tratamiento. Se completó el aforo de las muestras con agua destilada utilizando micropipetas semiautomáticas y puntas de Eppendorf.

Determinación de fenoles totales

Para determinar los fenoles totales se emplearon los siguientes materiales: micropipetas semiautomáticas, puntas y tubos de Eppendorf, gradilla, vórtex y las respectivas diluciones mediante el método Folin-Ciocalteu. Se tomaron 200 µl de muestra, 1,5 µl de agua destilada, 100 µl de reactivo (Folin-Ciocalteu), luego se agitó en el vórtex para homogenizar la muestra, se esperó durante 5 min y después se agregaron 200 µl de carbonato de sodio al 20 %. Para los blancos se utilizaron 1,7 µl de agua, 100 µl de Folin-Ciocalteu y 200 µl de carbonato de sodio al 20 %. Posteriormente, se procedió a conservar las muestras en oscuridad por 45 min para la respectiva lectura en el espectrofotómetro de UV-Vis a una longitud de onda de 760 nm.

Determinación de actividad antioxidante (ABTS y DPPH)

Se evaluó la capacidad antioxidante de las flores a partir de las diluciones de los extractos por medio de los métodos de DPPH (radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo) y ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)-sal de diamonio). Se efectuaron las diluciones mediante la manipulación de micropipetas semiautomáticas, puntas y tubos de Eppendorf, gradilla y reactivos (metanol, ABTS y DPPH). Para el método de DPPH, se colocaron 200 µl de las diluciones en los tubos de Eppendorf, 800 µl de metanol y 1000 µl de DPPH, y se conservaron en la oscuridad por 45 min. Para ABTS, se utilizaron 100 µl de las diluciones, seguidos de 900 µl de metanol y 1000 µl de ABTS, y se mantuvieron en la oscuridad por 45 min. Las lecturas se realizaron mediante el uso del espectrofotómetro.

Diseño experimental

La investigación se desarrolló usando un diseño experimental completamente al azar conformado por tres tratamientos y tres repeticiones. Se utilizó análisis de varianza para determinar las diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio y, posteriormente, se efectuó una comparación de medias con la prueba de Tukey al 5 % de significancia y 95 % de confianza. Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico InfoStat/L.

Resultados

Los resultados de las pérdidas de peso de las flores de *Bougainvillea glabra* al aplicar las tres temperaturas de secado (50 °C, 55 °C y 60 °C) se determinaron considerando el peso inicial y final de la cápsula. De acuerdo con la evaluación en la pérdida de peso, se observó una reducción en la masa de las flores conforme se aumentó la temperatura de secado. Estos hallazgos muestran valores de humedad que permiten efectuar una adecuada conservación del material vegetal.

La determinación de la pérdida de peso y el contenido de humedad evidenció que el tratamiento T1 (50 °C) presentó un contenido de humedad superior, con 13,11 %, seguido por el tratamiento T2 (55 °C), con 6,03 %, y el tratamiento T3 (60 °C), con el valor más bajo, 3,01 %. Estos valores se relacionan con la mayor capacidad de evaporación del agua a medida que aumenta la temperatura de secado. Además, debido a las características del material vegetal, se logró apreciar una pérdida de agua en menor tiempo, lo que favorece la optimización de los recursos energéticos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Determinación del porcentaje de humedad de las flores de *Bougainvillea glabra*. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

Table 1. Moisture percentage analysis of *Bougainvillea glabra* flowers. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

Tratamientos	Temperatura	W_i cápsula	W muestra	W_f cápsula	Porcentaje de humedad
T1	50 °C	5,77	1,99	7,50	13,11
T2	55 °C	5,76	1,98	7,62	6,03
T3	60 °C	5,78	2,37	8,08	3,01

W_i : Peso inicial (g). W_f : Peso final (g). / W_i : Initial weight (g). W_f : Final weight (g).

Los resultados de la curva de secado de las flores de *Bougainvillea glabra* con la aplicación de las tres temperaturas de secado mostraron una importante incidencia en la reducción del contenido de agua libre al aplicar temperaturas de deshidratado de 55 °C y 60 °C, las cuales presentaron una mayor efectividad para alcanzar los niveles mínimos de humedad en un menor tiempo. A pesar de encontrarse una mayor fluctuación en los valores reportados en el tratamiento T3, se observó menor estabilidad en la eliminación del agua libre. Esto último se relaciona con la capacidad de las temperaturas altas para incidir en la generación de puntos de saturación que afectan de manera directa la estabilidad del secado (Figura 2).

La pérdida de peso de los tratamientos en estudio demostró que al aumentar la temperatura de secado en las flores se logró una mayor disminución en el peso del material vegetal. Se observó una mayor reducción en el tratamiento T2, el cual pasó de 9,79 g a 3,33 g en la primera hora. Seguidamente, se encontró el tratamiento T3, que disminuyó de 9,76 g a 4,64 g en el mismo periodo de tiempo.

Los resultados del tratamiento T1 arrojaron una menor pérdida en comparación con las demás temperaturas, lo que conlleva un proceso de secado más lento. Sin embargo, se apreció una disminución constante del peso, que alcanzó un valor de 2,91 g después de 4,33 horas. Los tratamientos T2 y T3 lograron una mayor estabilidad, que permitió encontrar una fase de equilibrio en un menor tiempo. Esto demuestra que a mayor temperatura se logra una menor reducción del agua. No obstante, con las temperaturas utilizadas, se deben considerar las pérdidas de compuestos volátiles (Figura 3).

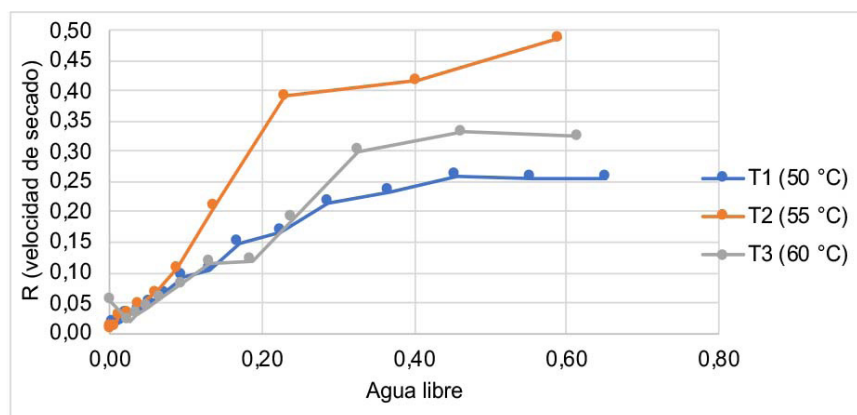


Figura 2. Curva de secado de las flores de *Bougainvillea glabra* a diferentes temperaturas. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

Figure 2. Drying curve of *Bougainvillea glabra* flowers at different temperatures. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

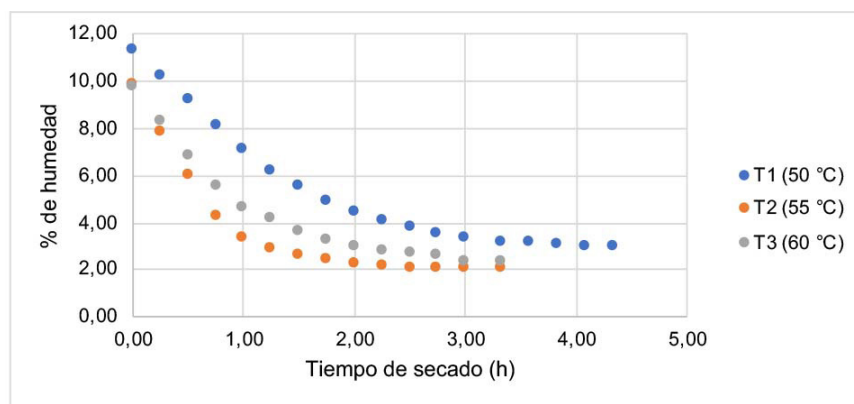


Figura 3. Determinación de la pérdida de peso de las flores de *Bougainvillea glabra* con las tres temperaturas de secado. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

Figure 3. Weight loss analysis of *Bougainvillea glabra* flowers under three drying temperatures. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

Tamizaje fitoquímico

Los resultados del tamizaje fitoquímico de los extractos acuosos de las flores de *Bougainvillea glabra* mostraron que la aplicación de las tres temperaturas influyó sobre la presencia de metabolitos secundarios en el material vegetal. Se observaron variaciones en la presencia de saponinas y flavonoides, los cuales exhibieron una tendencia de aumento en la concentración al incrementar la temperatura. Para los demás metabolitos estudiados, no se encontraron variaciones entre las temperaturas utilizadas para el proceso de secado (Cuadro 2).

Al analizar el comportamiento de la capacidad antioxidante de los extractos de la flor de *Bougainvillea glabra*, se observaron diferencias significativas ($p = 0,0523$) entre los promedios reportados por el método de ABTS, el cual fue mayor en el tratamiento T3 (60 °C) y menor en el tratamiento T2 (55 °C). Estos resultados guardan una estrecha relación con la presencia de metabolitos secundarios en las muestras analizadas.

Cuadro 2. Tamizaje fitoquímico de flores de *Bougainvillea glabra*. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

Table 2. Phytochemical screening of *Bougainvillea glabra* flowers. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

Metabolitos	T1 (50 °C)	T2 (55 °C)	T3 (60 °C)
Taninos	+	+	+
Saponinas	++	+++	+
Catequinas	-	-	-
Flavonoides	++	++	+++
Alcaloides	+++	+++	+++
Triterpenos	-	-	-
Aminoácidos libres	+++	+++	+++
Azúcares reductores	-	-	-
Antocianinas	-	-	-
Resina	-	-	-

[+++]: Abundante. [++]: Presencia moderada. [+]: Poca presencia. [-]: Ausencia. / [+++]: Abundant. [++]: High concentration. [++]: Moderate concentration. [+]: Low concentration. [-]: Not detected.

Al evaluar la capacidad antioxidante por medio del método de DPPH, se halló que, de acuerdo con la prueba de Tukey, no se encontraron diferencias significativas ($p = 0,1742$) entre los promedios obtenidos con cada una de las temperaturas utilizadas durante el proceso de secado. No obstante, es importante destacar que, a pesar de que los tratamientos no mostraron diferencias estadísticamente significativas, en contraste con los valores reportados por el método ABTS, se identificó una mayor capacidad antioxidante en el tratamiento T2 (55 °C). Por su parte, el tratamiento T1 (50 °C) exhibió una menor capacidad antioxidante en comparación con los extractos de los demás tratamientos.

En cuanto a la determinación del contenido de fenoles totales de los extractos obtenidos de la flor de *Bougainvillea glabra* se observó igualdad estadística ($p = 0,1742$) entre los valores promedios registrados para los tres tipos de temperatura. A pesar de la ausencia de diferencias estadísticas, el tratamiento T1 mostró un leve aumento en la concentración de fenoles totales. Sin embargo, este tratamiento presentó una menor capacidad antioxidante, lo que indica la intervención de otros compuestos antioxidantes que no pertenecen a los fenoles. Estos resultados pueden ser de interés para industrias en las que la estabilidad de los compuestos bioactivos frente a variaciones térmicas juega un papel fundamental en la calidad del producto final (Cuadro 3).

Cuadro 3. Determinación de la capacidad antioxidante y los fenoles totales de flores de *Bougainvillea glabra*. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

Table 3. Antioxidant capacity and total phenols content of *Bougainvillea glabra* flowers. Chone, Manabí, Ecuador, 2024.

Parámetros	T1 (50 °C) $\bar{x} \pm D.E.$	T2 (55 °C) $\bar{x} \pm D.E.$	T3 (60 °C) $\bar{x} \pm D.E.$	Significancia (Tukey)
ABTS	863,57 \pm 57,95 ab	827,99 \pm 15,79 b	943,42 \pm 51,54 a	0,0523
DPPH	521,66 \pm 64,29 a	608,99 \pm 20,06 a	559,45 \pm 52,39 a	0,1742
Fenoles totales	302,39 \pm 38,37 a	276,19 \pm 12,53 a	247,47 \pm 29,97 a	0,1500

Medias con una letra en común en la misma fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). \bar{X} : Valor promedio. \pm D. E.: Desviación estándar. / Means sharing the same letter within a row are not significantly different ($p > 0.05$). \bar{X} : Mean value. \pm D. E.: Standard deviation.

Discusión

Los tratamientos T2 y T3 (55 °C y 60 °C) mostraron resultados favorables. El secado a 55 °C fue efectivo para las flores de *Bougainvillea glabra* sin alcanzar temperaturas elevadas que podrían afectar la composición química y aumentar los costos energéticos (Lago et al., 2021). Esto se relaciona con el incremento en la tasa de evaporación debido a una mayor presencia de energía térmica que favorece la eliminación de la humedad. Cabe destacar que, frente a otros métodos de secado, la deshidratación es más accesible y eficiente bajo las condiciones en que se desarrolló el estudio.

El tamizaje fitoquímico efectuado a los extractos de las flores de *Bougainvillea glabra* mostró una poca presencia (+) de taninos en los tres tipos de secado, lo que evidencia una mayor estabilidad de estos metabolitos hasta los 60 °C. Sin embargo, al aplicar temperaturas más elevadas, estos pueden perder su estabilidad (Sokač et al., 2022). No obstante, se debe considerar la conservación de estos metabolitos, ya que son los responsables de propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas (Huang et al., 2024).

En relación con la presencia de saponinas, se encontró un mayor efecto de la temperatura de secado. A 55 °C se observó una presencia abundante (+++), mientras que a 50 °C se registró moderada (++), y a 60 °C, poca (+). Se identificó un mayor efecto de la temperatura sobre la presencia de estos metabolitos, debido a que altas temperaturas pueden degradar parte de la estructura química de las saponinas, lo que explica la menor presencia de este compuesto. En este sentido, se ha demostrado un efecto negativo en la temperatura de secado y el tiempo de deshidratado sobre la presencia de saponinas (Liu et al., 2020).

La determinación de catequinas en los extractos se mantuvo ausente en todos los tratamientos. Esto podría deberse al efecto de la temperatura sobre estos metabolitos, ya que se ha señalado que las catequinas pueden degradarse fácilmente incluso a temperaturas bajas (Latos-Brozio & Masek, 2020). En cuanto al contenido de flavonoides, su concentración aumentó al aplicar 60 °C, lo cual indicó una presencia abundante en cada tratamiento. La presencia de estos compuestos en extractos vegetales ha demostrado efectos importantes por sus propiedades biológicas, entre las que destacan propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas (Esquivel Méndez, 2024; Sánchez Llodrá et al., 2022).

El contenido de alcaloides mostró una presencia abundante (+++) en todas las temperaturas utilizadas, lo que evidenció estabilidad en este metabolito. Estudios previos sobre la composición química de extractos de *Bougainvillea xbuttiana* (variedad naranja) reportaron una presencia moderada (++) de alcaloides (Gómez Bache et al., 2016), resultados similares a los obtenidos en esta investigación. Esto demuestra que el proceso de secado empleado permitió conservar estos compuestos bioactivos. Los análisis no detectaron triterpenos, azúcares reductores ni antocianinas en ninguna de las temperaturas aplicadas. Aunque estos metabolitos son sensibles al pH y al calor, su ausencia podría estar relacionada con su baja concentración en el material vegetal. En extractos acuosos de hojas de *Bougainvillea glabra*, se ha documentado una poca presencia (+) de azúcares reductores y antocianinas, lo cual indica una baja concentración de estos compuestos en la planta (Armijos Aguilar, 2019).

Las resinas tampoco estuvieron presentes en las muestras analizadas, lo que sugiere su ausencia en la flor de *Bougainvillea glabra* o su insolubilidad en el solvente utilizado. Se ha reportado que las resinas son compuestos complejos producidos como mecanismo de defensa en plantas, principalmente en árboles y arbustos, con menor presencia en especies herbáceas (López-Álvarez et al., 2023).

El contenido de aminoácidos libres exhibió una presencia abundante (+++) en todas las temperaturas, lo que evidenció estabilidad hasta 60 °C. Se ha demostrado que estos compuestos pueden resistir temperaturas moderadas de secado, lo cual los convierte en metabolitos estables en extractos vegetales y de interés para la industria farmacéutica y alimentaria (Vegas Niño et al., 2024).

El análisis de la capacidad antioxidante de los extractos de *Bougainvillea glabra* mostró diferencias significativas ($p = 0,0523$) en los valores obtenidos mediante el método ABTS. Sin embargo, la evaluación con el

método DPPH no reveló diferencias significativas ($p = 0,1742$) entre tratamientos. Estudios previos en hojas de *Bougainvillea glabra* de flores moradas reportaron una mayor inhibición de radicales libres por el método DPPH, con un valor de 280 mg/mL, atribuida a la presencia de antioxidantes como fenoles y flavonoides (Jaramillo Jaramillo et al., 2023).

En la determinación del contenido fenólico de los extractos de la flor de *Bougainvillea glabra* se observó igualdad estadística ($p = 0,1742$) entre los valores promedios obtenidos con los tres tipos de temperatura utilizados, lo que destaca la importancia de neutralizar los radicales libres (Medda et al., 2021). A pesar de no encontrarse diferencias estadísticas, el tratamiento T1 mostró un leve aumento en la concentración de fenoles totales, aunque con menor capacidad antioxidante. Investigaciones preliminares han reportado un menor contenido, con valores de 140,45 mg EAG/100 g de muestra para el extracto acuoso y de 160,76 mg EAG/100 g para el extracto etanólico (García Vieyra et al., 2022).

Conclusiones

La evaluación de la cinética de secado demostró que la aplicación de temperaturas de 55 °C y 60 °C alcanzó una mayor pérdida de peso que favoreció un secado más rápido. El tamizaje fitoquímico de la *Bougainvillea glabra* evidenció que la temperatura de secado incidió sobre la presencia de saponinas y flavonoides, mientras que taninos y alcaloides se mantuvieron estables. Las catequinas, triterpenos, azúcares reductores, antocianinas y resinas estuvieron ausentes en las tres temperaturas utilizadas. La evaluación de la capacidad antioxidante indicó que la temperatura de secado no influyó en la capacidad antioxidante ni el contenido de fenoles totales.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- Alcântara Alves, L., Gomes Linhares, L., Alves Câmara, L. M., Gomes Linhares, M., Gama de Oliveira, J. C., & Freitas de Lima, D. (2021). Características fitoquímicas e capacidade antioxidante de *Tabebuia caraíba* (Caraibeira). *Diversitas Journal*, 6(2), 2270–2284. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v6i2-1317>
- Armijos Aguilar, J. C., & Cedeño Saritama, R. E. (2019). *Relación del contenido de fenoles totales, flavonoides y la capacidad antioxidante en brácteas de Bougainvillea glabra Choisy* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Digital de la Universidad Técnica de Machala. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14135>
- Corona, E. (2024). Bugambilia: un recurso biocultural adoptado por el mundo. *El Tlacuache* (1129), 3–18. <https://www.revistas.inah.gob.mx/index.php/eltlacuache/issue/view/3304/3584>
- Esquivel Méndez, L. N. V. (2024). *Bioaccesibilidad y actividad biológica de compuestos fenólicos en higos e infusiones de hojas de Ficus carica L. durante la digestión gastrointestinal simulada* [Tesis de maestría, Universidad Veracruzana]. Repositorio Institucional de la Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/server/api/core/bitstreams/a10cda6c-baee-494d-9fa5-d669e544f471/content>

- García Vieyra, M. I., Jaramillo Arellano, J. E., Guajardo García, J. A., Sánchez Carmona, A., & Rodríguez Guerrero, K. L. (2022). Perfil fitoquímico y capacidad antioxidante de tés de flores de plantas medicinales. *Jóvenes en la Ciencia*, 16, 1–8. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3595>
- Gómez Bache, U. M., Barbosa Navarro, L., & 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. <https://www.redalyc.org/pdf/579/57956611005.pdf>
- Herrera, J. (2022). Deshidratación del cedrón con un secador solar, regulando la temperatura y humedad relativa del aire al interior del colector. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 579–587. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202022000200579&script=sci_arttext
- Huang, J., Zaynab, M., Sharif, Y., Khan, J., Al-Yahyai, R., Sadler, M., Ali, M., Alarab, S. R., & Li, S. (2024). Tannins as antimicrobial agents: understanding toxic effects on pathogens. *Toxicon*, 247, Article, 107812. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2024.107812>
- 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. *Cumbres*, 9(1), 9–20. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9046148>
- Jaramillo-Jaramillo, C. G., Zambrano-Gonzaga, K. A., Armijos-Aguilar, J. C., Cuenca-Buele, S. A., Tacto-León, M., & Rojas de Astudillo, L. (2023). Evaluación del contenido de alcaloides, la toxicidad aguda y antitusiva de las brácteas de dos variedades de *Bougainvillea glabra* Choisy. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*, 33(2), 1–7. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/40300>
- Lago, A. V., Almora, H. E., González, G. K., Hernández, R. Y., Echেমendia, A. O., & Monteagudo, B. R. (2021). Metabolitos secundarios y capacidad antioxidante de hojas secas de *Moringa oleifera* Lam. cultivada en Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 26(1), 1–12. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=106011>
- Latos-Brozio, M., & Masek, A. (2020). Natural polymeric compound based on high thermal stability catechin from green tea. *Biomolecules*, 10(8), Article 1191. <https://doi.org/10.3390/biom10081191>
- Liu, Y.-J., Lai, Y.-J., Wang, R., Lo, Y.-C., & Chiu, C.-H. (2020). The effect of thermal processing on the saponin profiles of *Momordica charantia* L. *Journal of Food Quality*, 2020(1), Article 8862020. <https://doi.org/10.1155/2020/8862020>
- López, T., Morillo, M., Visbal, T., & Carmona, J. (2022). Estudio fitoquímico, actividad antioxidante y toxicidad sobre Artemia salina de los extractos de las hojas de *Justicia secunda* Vahl. (Acanthaceae), recolectada en Mérida-Venezuela. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 51(1), 213–229. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v51n1.95333>
- López-Álvarez, Ó., Zas, R., & Marey-Pérez, M. (2023). Resin tapping: a review of the main factors modulating pine resin yield. *Industrial Crops and Products*, 202, Article 117105. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117105>
- Medda, S., Sanchez-Ballesta, M. T., Romero, I., Dessena, L., & Mulas, M. (2021). Expression of structural flavonoid biosynthesis genes in dark-blue and white myrtle berries (*Myrtus communis* L.). *Plants*, 10(2), Article 316. <https://doi.org/10.3390/plants10020316>
- Ríos-Aguirre, S., & Gil-Garzón, M. A. (2021). Microencapsulación por secado por aspersión de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *Tecnológicas*, 24(51), Artículo e1836. <https://doi.org/10.22430/22565337.1836>

- Sánchez Llodrá, F. I., Galván Ayala, D., & Pitre Ruíz, L. (2022). Análisis fitoquímico de extractos de frutos y hojas de dividivi (*Caesalpinia coriaria*) (JACQ.) Willd. *Ciencia e Ingeniería*, 9(2), Artículo e7449405. <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7449405>
- Silva Paz, R. J., Mateo Mendoza, D. K., Eccoña Sota, A., & Della Rocca, P. A. (2022). Secado de hojas de muña (*Minthostachys mollis*): modelado, cinética y propiedades termodinámicas. *Enfoque UTE*, 13(4), 60–74. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.827>
- Sokač, T., Gunjević, V., Pušek, A., Jurinjak Tušek, A., Dujmic, F., Brnčić, M., Kovačević Ganić, K., Jakovljević, T., Uher, D., Mitric, G., & Radojčić Redovniković, I. (2022). Comparison of drying methods and their effect on the stability of Graševina grape pomace biologically active compounds. *Foods*, 11(1), Article 112. <https://doi.org/10.3390/foods11010112>
- Vegas Niño, R. M., Acosta Arteaga, Y., & Fernández Segura, C. (2024). Obtención, purificación y aprovechamiento de azúcares reductores a partir de materiales lignocelulósicos. *Revista Boliviana de Química*, 41(2), 76–93. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.41.2.2>