



Artículo de investigación

Compean-Vargas et al., 2024

<https://doi.org/10.61767/mjte.003.1.4453>

Recibido: 14-02-2024

Revisado: 09-03-2024

Aceptado: 24-03-2024

Publicado: 05-05-2024

Extracción y caracterización de pigmentos de las brácteas bugambilia (*Bougainvillea* sp.)

Extraction and characterization of pigments from the bracts of bougainbillia (*Bougainvillea* sp.)

C. Compeán-Vargas¹, A. Pichardo-Sánchez^{1,2}, N. R. Rodríguez-Durán¹, A. Del Ángel-Del Ángel¹, L. V. Rodríguez-Durán^{1*}

¹ Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Mante. Cd. Mante, Tamaulipas, México. Blvd. Enrique Cárdenas González No. 1201 Pte, Cd. Mante, Tamaulipas, C.P. 89840.

² Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, Departamento de Biotecnología. Ciudad de México. Av. San Rafael Atlixco 186, Iztapalapa, Ciudad de México, C.P. 09340.

* Corresponding author: luis.duran@docentes.uat.edu.mx

Resumen

La bugambilia (*Bougainvillea* sp.) es una planta trepadora de ramas leñosas con espinas. La flor es pequeña, de color amarillo blanquecino, rodeada de brácteas, que pueden tener diferentes colores como rosa, amarillo, beige, blanco, violeta, azul, etc. Por lo tanto, las brácteas de bugambilia son una fuente potencial de pigmentos para la industria alimentaria. El objetivo de este estudio fue extraer y caracterizar los pigmentos de las brácteas del árbol de la bugambilia. En un primer experimento se optimizó la obtención de los pigmentos con soluciones acuosas de etanol por extracción asistida por ultrasonido (EAU). Se evaluaron tres factores (temperatura, tiempo y concentración de etanol) a tres niveles, utilizando un diseño experimental Box-Behken; Posteriormente, se comparó este proceso con la extracción convencional por maceración. Finalmente, se evaluó el contenido de compuestos fenólicos por el método de Folin-Ciocalteu, la actividad antioxidante por el método ABTS y la actividad antimicrobiana frente a *E. coli* por el método de difusión en disco. En las condiciones seleccionadas (30 min, 55 °C y 60% de etanol) se obtuvo un rendimiento de 25.3 ± 2.2 % por EAU, este es mayor al obtenido por maceración (24.2 ± 2.0 %), pero esta diferencia no es estadísticamente significativa. Ambos extractos mostraron una alta capacidad antioxidante (89-90% de inhibición de la oxidación de radicales ABTS) y una cantidad considerable de compuestos fenólicos (30.9-35.9 mg EAG/g). Sin embargo, ninguno de los extractos mostró actividad antimicrobiana contra *E. coli*. Estos resultados servirán para estandarizar un proceso de extracción de un pigmento natural con potencial aplicación en la industria alimentaria.

Palabras clave: Bugambilia, antioxidantes, pigmentos, optimización.



Artículo de investigación

Compean-Vargas et al., 2024

Abstract

Bougambillia (*Bougainvillea* sp.) is a climbing plant with woody branches with thorns. The flower is small, whitish yellow, surrounded by bracts, which can have different colors such as pink, yellow, beige, white, violet, blue, etc. Therefore, bougambillia bracts are a potential source of pigments for the food industry. The objective of this study was to extract and characterize the pigments of the bracts of the bougainvillea tree. In a first experiment, the obtention of the pigments with aqueous ethanol solutions by ultrasound-assisted extraction (UAE) was optimized. Three factors (temperature, time, and ethanol concentration) were evaluated at three levels, using a Box-Behken experimental design; subsequently, this process was compared with conventional extraction by maceration. Finally, the content of phenolic compounds was evaluated by the Folin-Ciocalteu method, antioxidant activity by the ABTS method and antimicrobial activity against *E. coli* by the disk diffusion method. Under the selected conditions (30 min, 55 °C, and 60% ethanol) a yield of $25.3 \pm 2.2\%$ was obtained by UAE, this is greater than that obtained by maceration ($24.2 \pm 2.0\%$), but this difference is not statistically significant. Both extracts showed a high antioxidant capacity (89-90% inhibition of ABTS radical oxidation) and a considerable amount of phenolic compounds (30.9-35.9 mg GAE/g). However, none of the extracts showed antimicrobial activity against *E. coli*. These results will serve to standardize a process for the extraction of a natural pigment with potential application in the food industry.

Keywords: Bougambillia, antioxidants, pigments, optimization.

1. Introducción

El género *Bougainvillea* es un grupo muy extendido en todo el mundo, pertenece a la familia Nyctaginaceae y contiene aproximadamente 18 especies, de las cuales solo cuatro especies (*B. buttiana*, *B. glabra*, *B. spectabilis* y *B. peruviana*) son explotadas comercialmente (Abarca-Vargas y Petricevich, 2018). La bugambilia (*Bougainvillea* sp.) es una planta trepadora de ramas leñosas provistas de espinas, originaria de Brasil. La flor es pequeña y generalmente blanca, pero cada grupo de tres flores está rodeado por tres o seis brácteas, las cuales se caracterizan por tener diferentes colores (rosa, amarillo, beige, blanco, violeta, azul, etc.) (Moneruzzaman et al., 2010).

Algunas especies de bugambilia se utilizan la medicina tradicional para el tratamiento de diversos padecimientos, como la tos, tos ferina, asma, bronquitis, disentería, dolor de estómago, gripe, bronquitis, entre otros (Abarca-Vargas y Petricevich, 2018). Diversos estudios *in vitro* e *in*

vivo han demostrado que los extractos de *Bougainvillea* sp. tienen actividades biológicas, tales como antioxidante (Abarca-Vargas et al., 2016), antibacteriana (Cardona-Bedoya et al., 2017), anti-diabética (Adebayo et al., 2009; Chauhan et al., 2015), antilipémica (Garg et al., 2015), antinociceptiva (Ogunwande et al., 2018), antiinflamatoria (Alvarez-Perez et al., 2012) y citotóxica (Salem et al., 2019).

Las brácteas de la bugambilia contienen pigmentos en su interior, los cuales varían de acuerdo con su color, entre los cuales se encuentran las betalainas (Gandía-Herrero y García-Carmona, 2013). Las betalainas son pigmentos hidrofílicos que contienen nitrógeno y que se sintetizan a partir del aminoácido tirosina. Se dividen en dos grupos estructurales: las betacianinas rojo-violeta y las betaxantinas amarillo-naranja (Azeredo, 2009). Además, las brácteas de la bugambilia contienen otros fitoquímicos como ácidos grasos, alcoholes grasos, aldehídos, cetonas, terpenos, ácidos



Artículo de investigación

Compean-Vargas et al., 2024

fenólicos y flavonoides (Abarca-Vargas et al., 2019; Abarca-Vargas et al., 2016; Saleem et al., 2020; Vukovic et al., 2013).

El contenido de fitoquímicos de las brácteas de bugambilia pueden variar de acuerdo con la especie, variedad, condiciones de crecimiento y métodos de extracción por lo que el objetivo del presente estudio fue caracterizar los pigmentos de las brácteas del árbol de la bugambilia obtenidos mediante extracción asistida por ultrasonido y maceración.

2. Materiales y métodos

2.1 Material vegetal

El material vegetal se obtuvo de un árbol ubicado en Cd. Mante, Tamaulipas. Las brácteas de bugambilia fueron cortadas y secadas durante 24 horas a una temperatura de 60 °C. Las brácteas se mantuvieron en bolsas herméticas hasta su uso.

2.2. Extracción por maceración

Se colocó un gramo de brácteas de bugambilia en frascos de vidrio de 250 mL con tapa hermética, se añadieron 40 mL de solución de etanol al 60% (v/v), se almacenaron durante 24 h a temperatura ambiente en la oscuridad. Los extractos se filtraron a través de papel Whatman No. 1 y se almacenaron a 4 °C hasta su uso.

2.3 Extracción Asistida por Ultrasonido (EAU)

Se colocó 1 g de brácteas de *Bougainvillea* sp. en tubos de polipropileno de 50 mL y se agregaron y 40 mL de solución de etanol. Se sometió a un tratamiento ultrasónico con temperatura controlada en un baño aquasonic modelo 7500. Los extractos se filtraron a través de papel filtro

Whatman No. 1 y se almacenaron a 4 °C hasta su uso.

Se evaluó el efecto de la temperatura, concentración de etanol y el tiempo sobre la extracción de pigmentos de las brácteas de *Bougainvillea* sp. mediante EAU. Se utilizó un diseño experimental Box Behnken con tres factores y tres niveles (Tabla 1 y 2).

Las extracciones se llevaron a cabo por triplicado. La variable de respuesta fue la absorbancia a 540 nm. Los resultados se analizaron con el software Statgraphics 18 (Statgraphics Technologies, The plains, EUA).

2.4 Análisis espectrofotométrico

La cuantificación del pigmento se realizó espectrofotométrico. Las muestras se diluyeron 10 veces con agua destilada y se midió la absorbancia a 540 nm en un espectrofotómetro Perkin Elmer modelo lambda 35 (Waltham, EUA).

2.5 Recuperación del pigmento

Los extractos se filtraron a través de papel filtro Whatman No. 1. Los extractos filtrados se concentraron a 65 °C y a presión reducida en un evaporador rotatorio Heidolph (Schwabach, Alemania) para eliminar el etanol presente. Los extractos concentrados se secaron en una estufa a 60 °C durante 48 horas. El material seco se recuperó y se almacenó en tubos de plástico protegidos de la luz.

Tabla 1. Factores y niveles utilizados para la optimización de la extracción de pigmentos de brácteas de *Bougainvillea* sp.

Factor	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
Temperatura (°C)	30	45	60
Concentración de etanol (% V/V)	50	70	90
Tiempo (min)	15	30	45



Artículo de investigación

Compean-Vargas et al., 2024

Tabla 2. Diseño experimental utilizado para la optimización de la extracción de pigmentos de brácteas de *Bougainvillea* sp.

Tratamiento	Concentración (% v/v)	Temperatura (° C)	Tiempo (min)
1	70	45	30
2	50	30	30
3	90	30	30
4	50	60	30
5	90	60	30
6	50	45	15
7	90	45	15
8	70	45	30
9	50	45	45
10	90	45	45
11	70	30	15
12	70	60	15
13	70	30	45
14	70	60	45
15	70	45	30

2.6 Actividad antioxidante

Los extractos se disolvieron en agua destilada a una concentración de 1 mg/mL. La actividad antioxidante se determinó por el método del ABTS como lo describió Nitha et al (2008). Se preparó una solución ABTS (7 mM) y persulfato de amonio (2.45 mM) y se dejó reaccionar por más de 16 horas a temperatura ambiente en la oscuridad. La solución se diluyó con una solución salina tamponada con fosfato hasta obtener una absorbancia de 0.75 a 734 nm. Se colocó 1 mL del reactivo ABTS en tubos de ensaye y se añadieron 10 µL de extracto o solución salina (para los controles). Los tubos se mezclaron y dejaron reposar 6 minutos antes de medir la absorbancia a 734 nm en un espectrofotómetro Perkin Elmer modelo Lambda 35 (Waltham, EUA). Los resultados se expresaron como % de inhibición del radical ABTS y se calcularon con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{Abs_{Control} - Abs_{Muestra}}{Abs_{Control}} \times 100$$

2.7 Determinación de fenoles totales

Para la determinación de fenoles totales de utilizo el método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton y Rossi (1965) con algunas modificaciones. Se colocaron 200 µL de los extractos en tubos de vidrio, se añadió 600 µL de agua destilada y 200 µL de reactivo de Folin (1 N), se mezcló y se dejó reposar por 5 minutos, se agregó 1 mL de carbonato de sodio (8%) y 1 mL de agua destilada, se mezcló y se dejó reposar por 30 minutos a temperatura ambiente en la oscuridad. Se midió la absorbancia a 765 nm. Se realizó una curva de calibración con ácido gálico como estándar (de 0 a 500 mg/L) y los resultados se expresaron como mg de equivalentes de ácido gálico/g de extracto (mg EAG/g).



Artículo de investigación

Compean-Vargas et al., 2024

2.8 Actividad antimicrobiana

La prueba de actividad antimicrobiana de los extractos de brácteas de bugambilia se llevó a cabo mediante la prueba de difusión de disco descrita por Ortez et al. (2005). Para ello se prepararon cajas con agar Muller Hinton y se inocularon con una suspensión de *Escherichia coli* estandarizada a una turbidez equivalente al estándar 0.5 de McFarland. Se sumergieron discos de papel estéril de 6 mm en los extractos y se colocaron sobre las cajas de Petri inoculados. Se incubaron durante 24 horas a 37 °C.

3. Resultados y discusión

3.1 Optimización de la extracción de pigmentos de *Bougainvillea* sp.

Se evaluó el efecto de la temperatura, el tiempo y la concentración de etanol sobre la extracción de pigmentos de brácteas de *Bougainvillea* sp mediante un proceso de extracción asistida por ultrasonido. Los tres factores se evaluaron en tres niveles, siguiendo un diseño experimental Box Behnken (Tablas 1 y 2).

La figura 1 muestra los efectos estandarizados de los factores estudiados. Los efectos estadísticamente significativos ($\alpha = 0.05$) son la temperatura (B), la concentración de etanol (A) y su interacción (AB). El tiempo de extracción no tiene un efecto significativo en el rango estudiado.

En la figura 2 se muestra el gráfico de superficie de respuesta, que representa el efecto simultáneo de la temperatura y concentración de etanol sobre la extracción de pigmentos de *Bougainvillea* sp. En esta figura se observa que la temperatura tiene un efecto lineal positivo y un efecto cuadrático negativo, mientras que la concentración tiene un efecto lineal y cuadrático negativo. Los datos obtenidos se ajustaron a un modelo de segundo orden ($r^2 = 0.87$). Este modelo se optimizó matemáticamente y se encontró que las mejores condiciones para la extracción asistida por ultrasonido son una temperatura de 54.6 °C, una concentración de etanol del 57.5% y un tiempo de extracción de 32.1 minutos.

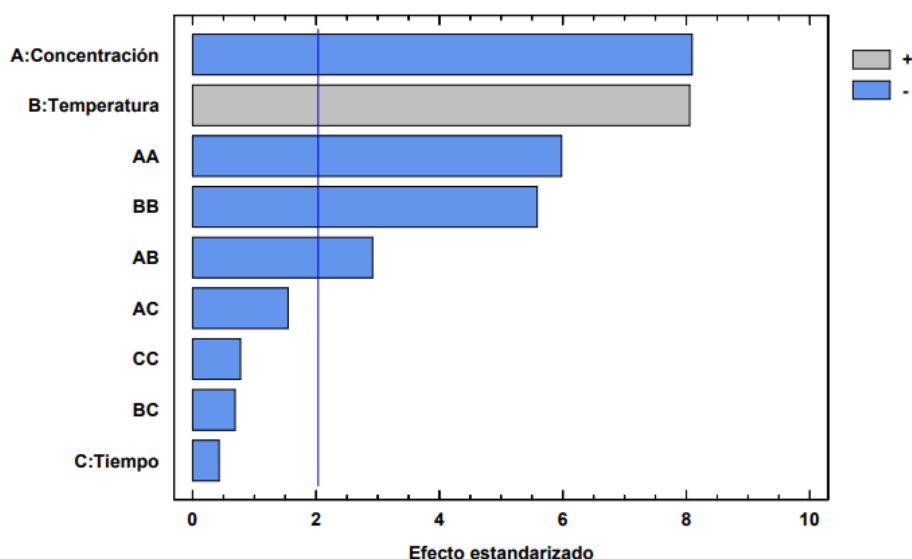


Figura 1. Diagrama de Pareto del diseño experimental Box Behnken.



Artículo de investigación

Compean-Vargas et al., 2024

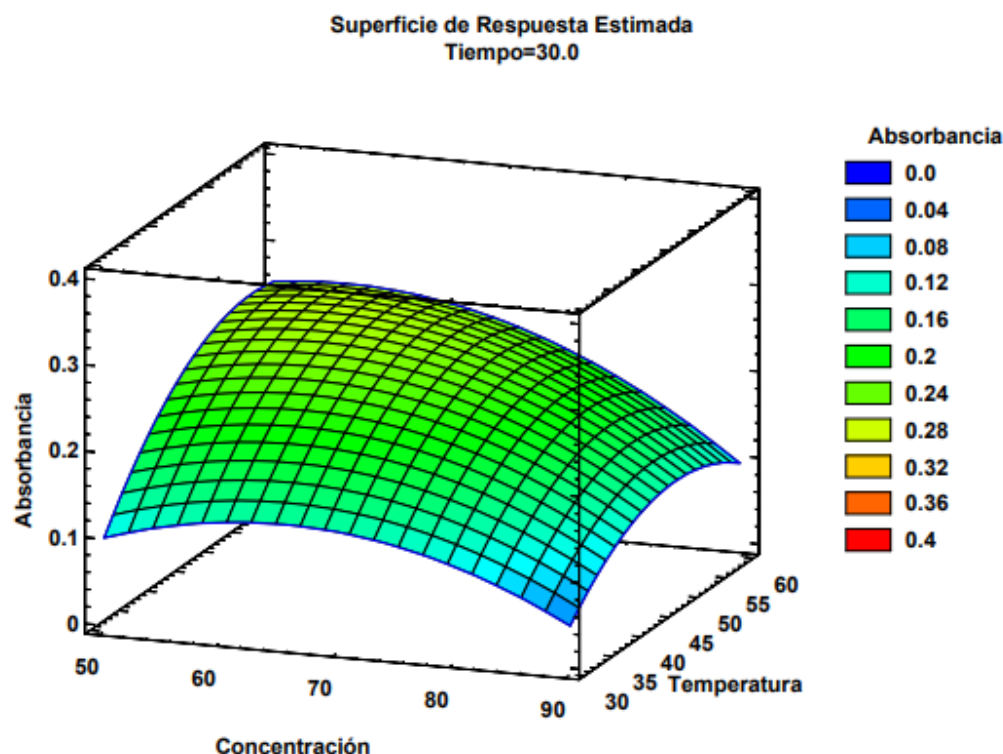


Figura 2. Efecto simultáneo de la concentración de etanol y temperatura sobre la extracción de pigmentos de *Bougainvillea* sp.

Maran et al., (2014) reportaron que los extractos obtenidos de brácteas de *Bougainvillea glabra* tienen valores óptimos de extracción de 55 °C para temperatura y 37 minutos para el tiempo de extracción, estos resultados son muy cercanos a los obtenidos en este estudio. Ellos observaron un aumento en el rendimiento de pigmento de 40 a 55 °C después del cual mostró un patrón decreciente. La solubilidad y difusividad de los sólidos del material vegetal se acelera con el aumento de la temperatura, lo que a su vez maximiza el rendimiento de la extracción, por otro lado, las altas temperaturas favorecen la degradación del pigmento, lo que resulta en una disminución del rendimiento de la extracción (Yang y Zhai, 2010).

La eficiencia de extracción y las actividades farmacológicas de los extractos vegetales

dependen en gran medida de la polaridad del solvente. Por ejemplo, Abarca-Vargas y Petricevich (2020) evaluaron el efecto de la concentración del solvente (etanol) sobre la extracción de compuestos fenólicos de brácteas de *Bougainvillea x buttiana*. Ellos obtuvieron los mayores rendimientos utilizando agua como solvente, debido probablemente a la presencia de compuestos hidrofílicos, como azúcares y proteínas. Sin embargo, la mayor concentración de compuestos fenólicos la obtuvieron con etanol al 60%.

3.2 Caracterización de los pigmentos de *Bougainvillea* sp.

Se comparó el rendimiento, la concentración de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de los pigmentos extraídos de brácteas de *Bougainvillea* sp por ultrasonido y por



Artículo de investigación

Compean-Vargas et al., 2024

maceración. En el caso del ultrasonido las extracciones se realizaron a 55°C con etanol al 60% durante 30 min. La maceración se realizó con etanol al 60% durante 24 h. La tabla 3 muestra los resultados obtenidos para ambos métodos.

En la tabla 3 se observa que se obtuvo un mayor rendimiento por el método de ultrasonido. Sin embargo, de acuerdo con en el análisis estadístico esta diferencia no es estadísticamente significativa. La mayor actividad antioxidante (90.3%) se obtuvo con el método del ultrasonido, pero de acuerdo con el análisis estadístico no existen diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

De acuerdo con Abarca Vargas et al. (2016) los extractos metanólicos de *Bougainvillea x buttiana* presentaron mayor actividad antioxidante frente a otros solventes. Gandía-Herrero et al. (2012) señala que el ácido betalámico contiene una alta capacidad de radicales equivalentes a los del resveratrol presente en las uvas, este resultado es confirma los antes mencionados, sin embargo, podemos atribuir que este se ve afectado directamente debido a la pureza de los extractos.

La mayor extracción de fenoles (35.9 ± 0.8 mg EAG/g) se obtuvo por maceración. Ambos extractos tienen un menor contenido de fenoles totales que los obtenidos a partir de brácteas de bugambilia morada (79.9 ± 0.7 mg EAG/g) y bugambilia amarilla (129.6 ± 0.3) utilizando extracción asistida por ultrasonido (Jaramillo et

al., 2021). Los extractos obtenidos en el presente trabajo poseen mayor cantidad de compuestos fenólicos que los descritos por Montiel-Sanchez et al. (2020) y Righi Pessoa et al. (2018) para otros materiales. Montiel-Sanchez et al. (2020) observaron que las betalaínas presentes en el garambullo tienen 10 mg compuestos fenólicos por gramo de fruto, mientras que en la piel tiene 8.4 mg GAE/g respectivamente. Righi-Pessoa et al. (2018) reportaron 65.62 ± 0.135 mg EAG/g presentes en el betabel utilizando el método de extracción asistida por ultrasonido.

3.3 Actividad antimicrobiana de los pigmentos de *Bougainvillea* sp.

Los extractos etanólicos obtenidos de las brácteas de bugambilia por ambos métodos no inhibieron el crecimiento de *E. coli* en agar Mueller Hinton en las condiciones estudiadas (Figura 3). Cardona-Bedoya et al. (2017) reportaron la inhibición del crecimiento de *Staphylococcus aureus* del 35.50 al 36.80%, del 35.50 al 42.30% de *Pseudomonas aeruginosa* y del 21 al 28.50% de *E. coli* por extractos etanólicos de flores de bugambilia. Por otro lado, Madhusudhan et al. (2019) observaron una inhibición de 0.2 ± 0.07 cm para *B. thuringiensis*, 0.2 ± 0.17 cm para *Shigella flexneri* y 0.5 ± 0.21 cm para *Salmonella typhi*. Estas diferencias pueden estar relacionadas con el origen del material biológico, los métodos de extracción o la pureza de los extractos.

Tabla 3. Caracterización de los pigmentos extraídos por maceración y ultrasonido

	Maceración	Ultrasonido
Rendimiento (% p/p)	24.2 ± 2.0^a	25.3 ± 2.2^a
Actividad antioxidante (% de inhibición ABTS)	88.8 ± 2.7^a	90.3 ± 1.8^a
Compuestos fenólicos totales (mg EAG/g)	35.9 ± 0.8^a	30.9 ± 0.6^b

Letras similares en la misma línea indican que no existen diferencias significativas entre las muestras (prueba T, $\alpha = 0.05$).



Artículo de investigación

Compean-Vargas et al., 2024

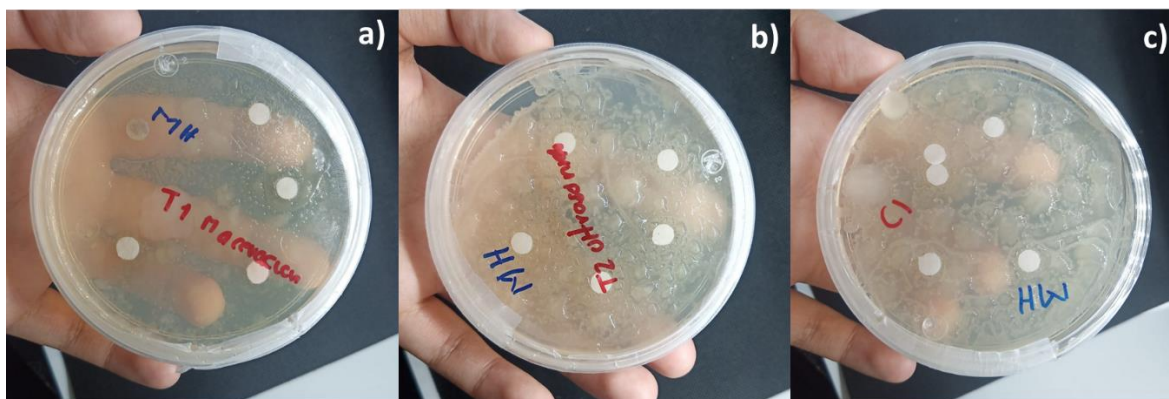


Figura 3. Crecimiento de *E. coli* en presencia del extracto obtenido por maceración (a), ultrasonido (b) y etanol (c).

4. Conclusiones

La concentración del solvente y la temperatura afectan la extracción de pigmentos de las brácteas de *Bougainvillea* sp mediante extracción asistida por ultrasonido (EAU). Bajo las condiciones seleccionadas (30 min, 55 °C y 60% de etanol) se obtuvo un rendimiento ($25.3 \pm 2.2\%$) similar al obtenido por maceración ($24.2 \pm 2.0\%$), pero en una fracción del tiempo. Ambos extractos mostraron una alta capacidad antioxidante (89-90% de inhibición de la oxidación radical ABTS) y una cantidad considerable de compuestos fenólicos (30.9 a 35.9 mg GAE/g). Sin embargo, ninguno de los extractos mostró actividad antimicrobiana contra *E. coli*. Estos resultados servirán para estandarizar un proceso de extracción de un pigmento natural con potencial aplicación en la industria alimentaria.

5. Referencias

1. Abarca-Vargas, R., & Petricevich, V. (2018). *Bougainvillea* Genus: A review on phytochemistry, pharmacology, and toxicology. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018, 9070927.
2. Abarca-Vargas, R., Peña-Malacara, C. F., & Petricevich L., V. (2016). Characterization of chemical compounds with antioxidant and cytotoxic activities in *Bougainvillea x buttiana* Holttum and Standl, (var. Rose) extracts. *Antioxidants*, 5(4), 1-11.
3. Abarca-Vargas, R., & Petricevich, V. L. (2020). Comparison of different extraction methods for the phenolic compounds recovery with the antioxidant activity of *Bougainvillea x buttiana*. *Current Analytical Chemistry*, 16(6), 778-787.
4. Abarca-Vargas, R., Zamilpa, A., & Petricevich, V. L. (2019). Development and validation of conditions for extracting flavonoids content and evaluation of antioxidant and cytoprotective activities from *Bougainvillea x buttiana* bractes (var. Rose). *Antioxidants*, 8(8), 1-17.
5. Adebayo, G. I., Alabi, O. T., V., O. B., & Soladoye, A. O. (2009). Anti-diabetic properties of the aqueous leaf extract of *Bougainvillea glabra* (Glory the Garden) on alloxan- induced diabetic rats. *Records of Natural Products*, 3(4), 187-192.
6. Alvarez-Perez Gil, A., Barbosa-Navarro, L., Patipo-Vera, M., & Petricevich, V. (2012). Anti-inflammatory and antinociceptive activities of the ethanolic extract of *Bougainvillea x buttiana*. *Journal of Ethnopharmacology*, 144(3), 712-719.



Artículo de investigación

Compean-Vargas et al., 2024

7. Azeredo, H. M. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability - a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(12), 2365-2376.
8. Cardona-Bedoya, L., Rodriguez-Gonzalez, C. A., & Clavijo-Maldonado, A. (2017). Actividad antibacteriana de extractos etanólicos de *Bougainvillea glabra* choisy (veranera). *Revista Nova*, 3, 39-46.
9. Chauhan, P., Mahajan, S., Kulshrestha, A., Shrivastava, S., Sharma, B., Goswamy, H., & Prasad, G. (2015). *Bougainvillea spectabilis* exhibits antihyperglycemic and antioxidant activities in experimental diabetes. *Journal of Evidence-Based Complementary and Alternatives Medicine*, 21(3), 177-185.
10. Gandia-Herrero, F., Escribano, J., & Garcia-Carmona, F. (2012). Purification and antiradical properties of the structural unit of betalains. *Journal of Natural Products*, 75(6), 1030-1036.
11. Gandía-Herrero, F., & García-Carmona, F. (2013). Biosynthesis of betalains: yellow and violet plant pigments. *Trends in Plant Science*, 18(6), 334-343.
12. Garg, B., Srivastava, N., & Srivastava, S. (2015). Antihyperlipidemic effect of *Bougainvillea glabra* leaves in triton wr-1339 induced hyperlipidemic rats. *Der Pharmacia Lettre*, 7(7), 187-190.
13. Jaramillo, C., Armijos, J. C., Cedeño, R., Campo, M., & Rojas, 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.
14. Madhusudhan, K., Vinayarani, G., Moorthy, S., Stish, L., Thirupathalah, Y., Maheshwari, C., Prakash, H.S., Teotia, R.S. & Sivaprasad, V. (2019). Isolation, purification and characterization of antibacterial bioactive compounds from *Bougainvillea spectabilis* leaf. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), 2668-2673.
15. Maran, J. P., Priya, B., & Nivetha, C. V. (2014). Optimization of ultrasound-assisted extraction of natural pigments from *Bougainvillea glabra* flowers. *Industrial Crops and Products*, 63, 63, 182-189.
16. Moneruzzaman, K., Hossain, A., Amru, N., Saifudin, M., Imdadul, H., & Wirakarnain, S. (2010). Effect of sucrose and kinetin on the quality and vase life of *Bougainvillea glabra* var. Elizabeth Angus bracts at different temperatures. *Australian Journal of Crop Science*, 4(7), 474-479.
17. Montiel-Sanchez, M., Gracia-Cayuela, T., Gomez-Maqueo, A., S. Garcia, H., & Cano, M. P. (2020). *In vitro* gastrointestinal stability, bioaccessibility and potential biological activities of betalains and phenolic compounds in cactus berry fruits (*Myrtillocactus geometrizans*). *Food Chemistry*, 342, 1-43.
18. Nitha, B., De, S., Adhikari, S. K., Devasagayam, T. P., & Janardhanan, K. K. (2008). Evaluation of free radical scavenging activity of morel mushroom, *Morchella esculenta* mycelia: A potential source of therapeutically useful antioxidants. *Pharmaceutical Biology*, 48, 453-460.
19. Ogunwande, I. A., Avoseh, O. N., Olasunkanmi, K. N., Lawal, O. A., Ascrizzi, R., & Flamini, G. (2018). Chemical composition, anti-nociceptive and anti-inflammatory activities of essential oil for *Bougainvillea glabra*. *Journal of Ethnopharmacology*, 232, 188-192.
20. Ortez, J. H. (2005). Prueba de difusión por disco. En M. B. Coyle, *Manual de pruebas de susceptibilidad antimicrobiana* (págs. 39-54). American Society for Microbiology.



Artículo de investigación

Compean-Vargas et al., 2024

21. Righi Pessoa da Silva, H., da Silva, C., & Cervejeira Bolanho, B. (2018). Ultrasonic-assisted extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Food Process Engineering*, 41(6), 1-6.
22. Saleem, H., Htar, T. T., Naidu, R., Anwar, S., Zengin, G., Locatelli, M., & Ahemad, N. (2020). HPLC–PDA polyphenolic quantification, UHPLC–MS secondary metabolite composition, and *In Vitro* enzyme inhibition potential of *Bougainvillea glabra*. *Plants*, 9(3), 1-11.
23. Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
24. Vukovic, N., Kacaniova, M., Hleba, L., & Sukdolak, S. (2013). Chemical composition of the essential oil of *Bougainvillea spectabilis* from Montenegro. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 212-215.
25. Yang, Z., & Zhai, W. (2010). Optimization of microwave-assisted extraction of anthocyanins from purple corn (*Zea mays* L.) cob and identification with HPLC–MS. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(3), 470-476.